

**И. С. Коротченко**

# **УРБОЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ**

*Учебное пособие*



*Электронное издание*

Красноярск 2021

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

*И. С. Коротченко*

## **УРБОЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ**

*Рекомендовано учебно-методическим советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура», направленность (профиль) «Садово-парковое и ландшафтное строительство»*

*Электронное издание*

Красноярск 2021

ББК 20.1

К 68

*Рецензенты:*

*Г. Г. Первышина, доктор биологических наук, доцент,  
профессор кафедры технологии и организации общественного  
питания Института торговли и сферы услуг Сибирского  
федерального университета*

*И. С. Вышегородцева, кандидат биологических наук, доцент кафедры  
биологии и экологии Красноярского государственного медицинского  
университета имени проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого МЗ РФ*

К 68 Коротченко, И. С.  
**Урбоэкология и мониторинг** [Электронный ресурс]: учебное  
пособие / И. С. Коротченко; Красноярский государственный аграр-  
ный университет. – Красноярск, 2021. – 159 с.

Учебное пособие представляет руководство к практическим, лаборатор-  
ным работам, посвященным вопросам экологии и мониторинга городской сре-  
ды для защиты окружающей среды от загрязнений, понимания роли основных  
компонентов урбоэкосистем: растительного и животного мира, почв, поверхно-  
стных и подземных вод, воздушных масс тропосферы, устойчивости раститель-  
ных сообществ к воздействию факторов урбанизированной среды.

Пособие логически структурировано, состоит из шести тематических  
глав, каждая сопровождается практикумом, заданиями к самостоятельной ра-  
боте студентов. Содержит также глоссарий, тестовые задания, вопросы для  
самостоятельной подготовки. Подготовлено в соответствии с ФГОС ВО по  
дисциплине «Урбоэкология и мониторинг».

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
35.03.10 «Ландшафтная архитектура», направленность (профиль) «Садово-  
парковое и ландшафтное строительство».

ББК 20.1

© Коротченко И. С., 2021

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный  
аграрный университет», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	6
Практическая работа 1. Экологическое равновесие урбанизированной территории .....	11
Лабораторная работа 1. Оценка устойчивости и стабильности экосистем. Строение интродуцированных хвойных древесных растений, используемых в озеленении г. Красноярска .....	17
2. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В ГОРОДАХ.....	21
Практическая работа 2. Химическое загрязнение почв города .....	22
Лабораторная работа 2. Загрязнение сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами.....	26
3. ВОЗДУШНАЯ СРЕДА ГОРОДА.....	29
Практическая работа 3. Оценка опасности загрязнения городского воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом.....	35
Лабораторная работа 3. Качественная оценка загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация) .....	39
4. ВОДНАЯ СРЕДА ГОРОДА.....	56
Практическая работа 4. Городские сточные воды .....	58
Лабораторная работа 4. Определение качества питьевой воды .....	60
5. ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ГОРОДАХ .....	69
Практическая работа 5. Расчет шумового загрязнения городской территории.....	71
Лабораторная работа 5. Оценка шумового загрязнения окружающей среды .....	73
6. ГОРОДСКИЕ ОТХОДЫ .....	80
Практическая работа 6. Полигоны ТБО и их влияние на окружающую среду .....	86
Лабораторная работа 6. Оценка радиационного состояния окружающей среды.....	88
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА .....	96
Вопросы к зачету .....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	115
Глоссарий.....	116
Библиографический список.....	154

## ВВЕДЕНИЕ

Расширение городских застроенных территорий, увеличение числа автомобилей, средств общественного транспорта, развитие сферы потребления связаны с все большим натиском городов и других населенных мест на окружающую городскую среду. Отношения между городами, поселками, сельскими населенными пунктами, городскими агломерациями и окружающей их природной средой характеризуются большой сложностью и комплексностью. С одной стороны, целостная система природы неоднородна: ее составляют и физически разные среды – газообразная, жидкая и твердая, и биологически неодинаковое вещество – абиотическое, биотическое и биокосное, и сами компоненты природы, различные по их физической сущности, химическому составу, интенсивности обмена веществом и энергией, многообразным связям, благодаря которым стала возможна эволюция природы.

С другой стороны, городская среда также весьма сложна и обладает собственными прямыми и обратными связями, характерными для сложной социально-экономической многоуровневой территориальной системы. Учитывая все сказанное выше, а также дальнейшее развитие урбанизации и индустриализации, наиболее важным в подготовке бакалавров направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура» является освоение обучающимися принципов экологии городов и поселений, знаний о взаимодействии экологических факторов в урбанизированной среде, о формировании городской среды, ознакомлению их с современными градостроительными предложениями, направленными на охрану здоровья населения городов, проблемами сохранения равновесия и устойчивости городской среды, с проведением мониторинга состояния городской среды и мониторингом состояния зеленых насаждений.

**Цель** преподавания курса «Урбоэкология и мониторинг» – 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.

**Задачами** курса являются:

– приобретение студентами знаний и практических навыков в области мониторинга урбоэкосистем при решении вопросов природоохранного обустройства территорий, мелиорации и рекультивации

ландшафтов, создания объектов ландшафтной архитектуры в урбанизированной среде;

– знакомство с основными компонентами урбоэкосистем (растительного и животного мира, почв, поверхностных и подземных вод, воздушных масс и т. п.) и их ролью в формировании комфортной городской среды;

– изучение закономерности динамики урбоэкосистем в различных климатических, географических условиях при различной интенсивности техногенной нагрузки;

– овладение основными методами ландшафтной таксации, мониторинга состояния и инвентаризации на объектах ландшафтной архитектуры.

Студенты должны обладать следующими теоретическими знаниями и практическими навыками:

– знать основные принципы защиты окружающей среды от загрязнений; методы мониторинга состояния окружающей среды; значение экологических факторов и санитарно-гигиеническую роль насаждений в урбанизированной среде; закономерности динамики урбоэкосистем в различных климатических, географических условиях при различной интенсивности антропогенной нагрузки;

– уметь применять методы мониторинга для слежения за состоянием насаждений, прогноза состояния и принятия оперативных решений по улучшению качества городской среды; определять количественную и качественную оценку состояния зеленых насаждений;

– владеть методикой проведения мониторинга городской среды; способностью дать рекомендации, направленные на сохранение средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций зеленых насаждений и сооружений на объектах ландшафтной архитектуры.

Предлагаемое учебное пособие является оригинальным изданием. Учебное пособие апробировано в различных вариантах (практические работы на занятиях, работы в природной обстановке, при выполнении дипломных работ и т. д.). Компактность изложения, его концептуальная и дидактическая ясность сочетаются с полнотой раскрытия тематики. Пособие логически структурировано, состоит из шести тематических глав, каждая из которых сопровождается практикумом, приводятся также вопросы к зачету, глоссарий, библиографический список, методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.

## 1. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Для урбоэкологии наряду с основными понятиями, закономерностями и принципами общей экологии особенное значение имеют ее прикладные аспекты на биогеоценотическом уровне. Главным экологическим принципом в условиях неизбежного прогрессирующего антропогенного изменения природной среды, обоснованным С. С. Шварцем, является то, что биогеоценозы и другие экологические системы в индустриальном и урбанизированном мире не могут быть сохранены в естественном состоянии. Только для особо охраняемых территорий (природных и национальных парков, заповедников, заказников и т. д.) нет никаких объективных причин для их неизбежного ухудшения и утраты ими биосферных функций. По мнению С. С. Шварца, преобразование и оптимизация биогеоценозов на урбанизированных территориях должны быть основаны на выполнении следующих требований:

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

2. Большому объему продукции биогеоценоза соответствует его высокая продуктивность. Производство продуктивности и биомассы максимально, что является главной предпосылкой для быстрой компенсации возможных потерь биомассы на отдельных трофических уровнях, возможных в результате случайных или преднамеренных внешних воздействий.

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

4. Высокая скорость обмена веществом и энергией в биогеоценозе как предпосылка вовлечения в биотический круговорот всей продуцируемой биомассы в течение короткого времени, что может обеспечить максимальную скорость биологического самоочищения экосистемы.

5. Высокая продуктивность и стабильность экосистемы является предпосылкой высокой степени ее резистентности и гибкости, т. е. способности к быстрой перестройке структуры сообщества живых организмов и к быстрым эволюционным преобразованиям популяций их доминирующих видов при направленном изменении внешней среды. Все это может обеспечить поддержание биогеоценоза в оптимальном состоянии при изменении условий среды.

В урбоэкологии при конструировании систем расселения помимо перечисленных принципов формирования «оптимальных биогеоценозов» широкое применение находят также такие важные экологические категории и понятия, как «энергетические и трофические уровни и пирамиды», «экологические ниши», «закон 1 %», «закон 10 %», «эффект опушки» и др.

При решении конструктивных задач расселения необходимо стремиться к достижению наиболее важной, экологической цели, реализация которой на достаточно обширных территориях может стать важнейшей предпосылкой достижения гармонии во взаимоотношениях общества и природы.

Природная среда в процессе взаимодействия с развивающимся человеческим обществом должна бесконечно длительное время сохранять основные свои характеристики, обуславливающие ход наиболее важных естественных процессов на планете – достаточную фотосинтезирующую активность автотрофных растений, воспроизводство в необходимых масштабах всех своих компонентов, сохранение многообразия жизни на Земле, способность природы к самоочищению и ее дальнейшую эволюцию. Все эти качества природной среды могут быть обеспечены лишь при условии, что сила, частота и продолжительность прямых связей в системе «общество–природа» должны соответствовать тем же показателям обратных связей или реакций природной среды на антропогенное давление. Это означает, что взаимодействие человеческого общества и природной среды должно происходить в условиях экологического равновесия.



Для локальных масштабов, районов расселения, городских агломераций и урбанизированных районов потеря экологического равновесия может обернуться настоящей катастрофой, последствия которой нанесут огромный ущерб не только природе, но и хозяйству, и социальным условиям в том или ином районе. Поэтому поддержание экологического равновесия следует считать важнейшим экологическим принципом решения конструктивных задач расселения в рамках регионального расселения и районной планировки.

*Под экологическим равновесием* в рамках урбоэкологии следует понимать такое состояние природной среды района, при котором обеспечивается саморегуляция, надлежащая охрана и воспроизводство основных ее компонентов: атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвенно-растительного покрова, животного мира.

В соответствии с этими непеременимыми условиями такого состояния должно быть:

1) воспроизводство основных компонентов природной среды, обеспечивающее их баланс в межрайонных потоках вещества и энергии;

2) соответствие степени геохимической активности ландшафтов (в том числе наличие условий для достаточно высоких темпов миграции продуктов техногенеза) масштабам производственных и коммунально-бытовых загрязнений окружающей среды;

3) соответствие степени биохимической активности экосистемы района (в том числе наличие условий для биологической переработки органических и нейтрализации вредного воздействия неорганических загрязнений) уровню антропогенных загрязнений;

4) соответствие уровня физической устойчивости ландшафтов силе воздействия транспортных, инженерных, рекреационных и других антропогенных нагрузок;

5) баланс биомассы в ненарушенных или слабо нарушенных антропогенной деятельностью участках экосистемы района расселения.

Наличие в пределах района формирования системы расселения первого и последнего условий в ряде случаев может рассматриваться как достаточно надежная гарантия удовлетворения всех других требований экологического равновесия.

Если рассмотреть все условия экологического равновесия на различных территориальных уровнях, можно заметить разницу в

возможностях их реализации. На глобальном уровне все эти условия должны быть, безусловно, выполнены. Как правило, их можно выполнить и на макротерриториальном уровне (континенты, крупные страны, отдельные регионы крупнейших государств). На микротерриториальном уровне применительно к локальным системам расселения (агломерации, города) можно выполнить только часть условий экологического равновесия, в чем нетрудно убедиться, рассмотрев упрощенный экологический баланс абиотических компонентов природной среды города с населением 1 млн жителей.

Территория (примерно 20 тыс. га) даже очень хорошо озелененного миллионного города (такого, например, как Донецк) за один год произведет не более 25–30 тыс. т кислорода. Потребление же этого газа промышленностью, энергетикой, транспортом города составит не менее 10 млн т (без учета ежегодного его потребления на окисление органических продуктов опада растительности, которое можно считать постоянным и независимым от антропогенной деятельности). Если бы воздушный бассейн такого города был ограничен какой-либо преградой, то кислорода его обитателям хватило бы всего на 40–50 лет. Благодаря тому, что воздух постоянно перемешивается и восстанавливается, убыль кислорода над урбанизированными территориями практически не ощущается. В среднем расход кислорода миллионным городом может быть восполнен за счет регенерации этого газа открытыми пространствами, занимающими не менее 15–20 тыс. км<sup>2</sup>. Таким образом, города существуют за счет открытых пространств – лесов, лугов, полей, акваторий.

Не говоря уже о невозможности выполнить пятое условие экологического равновесия – обеспечить в городе баланс биомассы, следует помнить об огромных количествах вредных веществ, выделяемых промышленностью, транспортом, коммунально-бытовым сектором, которые даже при кардинальном изменении технологии производства останутся весьма существенными еще долгие годы. Все это свидетельствует о том, что если при решении конструктивных задач расселения ставить и экологические цели, то удовлетворительное решение проблемы может быть найдено лишь в рамках достаточно обширного района, в частности, в пределах *групповых систем населенных мест*.

Вместе с тем многообразие объектов градостроительного проектирования, их различный экономический и демографический по-

тенциал, разнообразие природных условий предопределяют и различные возможности для сохранения экологического равновесия в границах этих объектов, поэтому более правильно говорить, по меньшей мере, о трех уровнях экологического равновесия: *полном*, *условном* и *относительном*.

**1. Полное экологическое равновесие** может быть достигнуто при удовлетворении всех его условий. Необходимыми предпосылками для этого должны быть значительная территория района формирования системы расселения и наличие в нем достаточно сбалансированных отношений между природой и техникой, урбанизацией и естественной средой. Критерии достижения экологического равновесия этого уровня различны в разных природно-экологических зонах страны и зависят от многих конкретных условий (климата, лесистости, гидрологических условий, степени хозяйственной освоенности территории и т. д.). Этот наивысший уровень экологического равновесия применительно к северу Луганской области может быть обеспечен на территории с плотностью населения не более 50–60 чел./км<sup>2</sup> и лесистостью не менее 20–30 %.

**2. Условное экологическое равновесие** можно обеспечить при отсутствии лишь первого условия. Это реально на территориях с плотностью населения не выше 100 чел./км<sup>2</sup>, достаточно высокой долей открытых пространств и при значительной лесистости (не менее 20–30 %). Относительное экологическое равновесие может быть обеспечено во всех остальных случаях. Обязательное требование при этом удовлетворение условий соответствия геохимической и биохимической активности, а также физической устойчивости территории данного района антропогенным воздействиям, т. е. выполнение, трех из пяти условия экологического равновесия.

**3. Относительное экологическое равновесие** может быть обеспечено не столько за счет резистентности природной среды района формирования системы расселения, сколько за счет стабилизации возрастающих антропогенных нагрузок путем последовательного осуществления комплекса гигиенических, инженерно-планировочных, технологических и других мероприятий, компенсирующих вредное воздействие на среду.

Любая система расселения (район формирования такой системы) представляет собой иерархическую структуру, состоящую из многих соподчиненных элементов более низкого порядка. Для

достижения полного экологического равновесия на достаточно обширных территориях, как минимум, необходимо, чтобы уровень экологического равновесия в пределах систем расселения высшего ранга не был ниже соответствующего уровня входящих в эту систему подсистем следующего, более низкого ранга.

## **Практическая работа 1. Экологическое равновесие урбанизированной территории**

*Демографическая емкость территории* – максимальное число жителей, потребности которых могут быть обеспечены за счет ресурсов территории при сохранении экологического равновесия. Демографическая емкость районов устанавливается обычно путем анализа наиболее важных для повседневной деятельности природных компонентов: территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства; сельскохозяйственных земель, необходимых для организации пригородной сельскохозяйственной базы; водных ресурсов; территорий, благоприятных для организации массового отдыха населения. Демографическая емкость территории является величиной переменной и не означает какого-либо нормативного показателя. Он отражает некий планировочный порог, за пределами которого нарушается равновесие всех природных, хозяйственных и социальных условий. В условиях роста национального благосостояния, повышения плодородия почв показатели демографической емкости будут изменяться в сторону повышения.

Демографическую емкость определяют как наименьшее из значений частных демографических емкостей:

1. *По наличию территории:*

$$D_1 = \frac{T \cdot 1000}{H}, \quad (1)$$

где  $D_1$  – частная демографическая емкость, чел.;

$T$  – площадь территории, для которой рассчитывается демографическая емкость;

$H$  – ориентировочная потребность в территории 1000 жителей ( $H = 20 - 30$  га).

2. *По наличию всех водных ресурсов:*

$$D = D_2 + D_3, \quad (2)$$

в том числе поверхностных вод

$$D_2 = \frac{E_i \cdot K \cdot 1000}{P}, \quad (3)$$

где  $D_2$  – частная демографическая емкость, чел.;

$P_i$  – минимальный расход воды в  $i$ -ом водотоке при входе в район, которую можно изъять для рассматриваемой территории из общего водохозяйственного бассейна, м<sup>3</sup>/сут;

$K$  – коэффициент, учитывающий необходимость разбавления сточных вод (для наших широт  $K = 0,1$ );

$P$  – нормативная водообеспеченность 1000 жителей, м<sup>3</sup>/сут (2000 м<sup>3</sup>/сут).

Минимальный расход воды  $P_i$  (м<sup>3</sup>/сек) рассчитывается по формуле

$$P_i = B \cdot h \cdot v, \quad (4)$$

где  $B$  – минимальная ширина реки (определяется как треть ширины реки в паводок);

$h$  – средняя глубина реки в межень;

$v$  – скорость течения, м/с.

3. По наличию подземных вод:

$$D_3 = \frac{E_i \cdot T_i \cdot 1000}{P}, \quad (5)$$

где  $D_3$  – частная демографическая емкость, чел.;

$E_i$  – эксплуатационный модуль подземного стока  $i$ -го участка, м<sup>3</sup>/сут (площадь  $T_i$  в данном случае равна 1);

$P$  – нормативная водообеспеченность 1000 жителей.

4. По рекреационным ресурсам:

1) для отдыха в лесу:

$$D_4 = \frac{T \cdot L \cdot 0,5 \cdot 1000}{K \cdot H \cdot M}, \quad (6)$$

где  $D_4$  – частная демографическая емкость, чел.;

$T$  – площадь территории района, га;

$L$  – коэффициент лесистости района, %;

$K$  – доля рекреантов в летний период ( $K = 0,4$ );

$N$  – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреационных территориях, в среднем  $N = 2 \text{ км}^2$ ;

$M$  – коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды ( $M = 0,85 - 0,90$  для умеренного климата,  $M = 0,3 - 0,4$  для жаркого климата);

2) для отдыха у воды:

$$D_5 = \frac{2R_i \cdot F \cdot 1000}{K_{\Pi} \cdot M_1}, \quad (7)$$

где  $D_5$  – частная демографическая емкость, чел.;

$R_i$  – длина  $i$ -го водотока, пригодного для купания, км;

$F$  – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне  $F = 0,5$ );

$K_{\Pi}$  – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в пляжах, км ( $K_{\Pi} = 0,5$ );

$M_1$  – коэффициент распределения отдыхающих у воды и в лесу ( $M_1 = 0,10 - 0,15$  для умеренного климата).

5. По условиям создания пригородной сельскохозяйственной базы:

$$D_6 = \frac{S_{\tilde{n}/\tilde{\sigma}} \cdot q \cdot 1000}{h}, \quad (8)$$

где  $D_6$  – частная демографическая емкость, чел.;

$S_{c/x}$  – площадь территории района, благоприятной для ведения сельского хозяйства, га;

$q$  – коэффициент, учитывающий использование сельскохозяйственных запасов под пригородную базу, в среднем  $q = 0,2 - 0,3$ ;

$h$  – ориентировочный показатель потребности 1000 жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы, га,  $h = 500 - 2000$ .

Кроме демографической емкости территории, не менее важны и другие инженерно-экологические характеристики: репродуктивная способность территории, геохимическая активность и экологическая емкость.

Из всех этих показателей наибольшее для оценки уровня экологического равновесия значение имеет репродуктивная способность территории по кислороду, показывающая, компенсирует ли рассматриваемая территория при данном уровне населения и развитии хозяйства потери кислорода.

Воспроизводство кислорода растительным покровом территории рассчитывают по формуле

$$\dot{I} \hat{E} = 1,45 \cdot (S_{\text{л}} \cdot P_{\text{л}} + S_{\text{с/х}} \cdot P_{\text{с/х}} + S_{\text{п}} \cdot P_{\text{п}} + S_{\text{г}} \cdot P_{\text{г}}), \quad (9)$$

где ПК – продуктивность по кислороду (т/га в год);

$S_{\text{лес}}$  – площадь лесов;

$S_{\text{с/х}}$  – площадь сельхозугодий;

$S_{\text{паст}}$  – площадь пастбищ;

$S_{\text{гор}}$  – площадь городских зеленых насаждений;

$P_{\text{лес}}$  – продуктивность лесов (10–15 т/га в год);

$P_{\text{с/х}}$  – продуктивность сельхозугодий (5–6 т/га в год);

$P_{\text{паст}}$  – продуктивность пастбищ (4–5 т/га в год);

$P_{\text{гор}}$  – продуктивность городских зеленых насаждений (0,8–1 т/га в год);

1,45 – коэффициент перевода биопродуктивности к свободному кислороду.

Данная формула учитывает расход кислорода флорой и фауной изучаемой территории.

Расход кислорода населением и хозяйством рассчитывается по формуле

$$P \hat{E} = 2 \cdot \dot{A} \dot{A} \dot{O} \cdot \dot{I} + \dot{A} \cdot \dot{I} \cdot 365, \quad (10)$$

где ДЕГ – демографическая емкость территории;

$P_{\text{ч}}$  – потребление кислорода одним человеком (0,26 т/год);

2 – коэффициент, учитывающий потребление кислорода транспортом и коммунальными службами;

$A$  – объем выпуска продукции предприятиями (ед./сутки);

$P_{\text{п}}$  – потребление кислорода при выпуске единицы продукции.

Сравнив значения ПК и РК, можно сделать вывод о достаточности репродуктивной способности территории по кислороду (аналогично для почв, воды, растительности).

**Цель работы:** получение практических навыков определения показателей экологического равновесия урбанизированных территорий.

**Материалы и оборудование:** микрокалькулятор, ситуационный план или таблицы исходных данных.

**Задание:** рассчитать демографическую емкость территории и инженерно-экологические показатели экологического равновесия

территории. Предложить рекомендации по увеличению демографической емкости.

Ход работы:

1. Описать методику расчета показателей экологического равновесия.

2. Рассчитать демографическую емкость территории по данным таблицы 1.

Таблица 1 – Варианты заданий к практической работе 1 для расчета демографической емкости территории

Вариант	Площадь территории, тыс. га	Ширина реки в паводок, м	Глубина реки, м	Скорость течения реки, м/с	Эксплуатационный модуль подземного стока с 1 га, м <sup>3</sup> /сут	Коэффициент лесистости района, %	Длина водотоков, пригодных для купания, км	Площадь, благоприятная для ведения с/х, га
1	113	70	5	0,9	0,929	0,45	22	0,35
2	532	130	4	1,2	0,122	0,32	17	0,45
3	216	95	6	0,9	0,55	0,52	18	0,30
4	98	84	8	0,5	1,786	0,63	12	0,25
5	291	96	7	0,9	0,696	0,25	21	0,52
6	436	123	4	1,0	0,499	0,36	18	0,48
7	315	97	9	1,1	0,611	0,54	16	0,31
8	281	85	5	0,8	0,587	0,46	19	0,32
9	454	89	2	0,8	0,245	0,37	14	0,47
10	273	89	6	0,9	0,44	0,39	13	0,54
11	395	78	8	0,8	0,332	0,54	19	0,29
12	427	109	9	1,0	0,316	0,63	25	0,33
13	785	105	5	1,3	0,155	0,48	27	0,47
14	654	97	4	1,5	0,243	0,49	28	0,30
15	285	96	8	1,2	0,54	0,52	29	0,41

3. Определить факторы, в наибольшей степени ограничивающие демографическую емкость территории, предложить мероприятия по ее увеличению.

4. Определить репродуктивную способность территории по кислороду, сделав вывод о ее достаточности или недостаточности,



спрогнозировать дальнейшее экономическое и экологическое развитие территории.

5. Сделать вывод.

6. Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 2 – Варианты заданий к практической работе 1 для расчета репродуктивной способности территории по кислороду

Вариант	$S_{\text{паст}},$ тыс. га	$S_{\text{гор}},$ га	$A,$ тыс. ед./сут	$P_{\text{н}},$ т/ед.	Вариант	$S_{\text{паст}},$ тыс. га	$S_{\text{гор}},$ га	$A,$ тыс. ед./сут	$P_{\text{н}},$ т/ед.
1	5	35	36,8	0,3	9	16	46	32,5	0,5
2	2	24	8,5	0,2	10	7	59	29,3	0,1
3	12	26	9,6	0,4	11	10	27	36,8	0,3
4	21	52	22,6	0,3	12	6	102	42,5	0,2
5	3	38	36,2	0,2	13	11	52	56,2	0,3
6	8	45	25,6	0,2	14	12	73	96,5	0,1
7	4	58	36,2	0,3	15	4	41	47,6	0,2
8	5	39	35,9	0,4					

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое экологическое равновесие? Виды экологического равновесия.

2. Назовите требования, выполнение которых необходимо при антропогенном преобразовании природных экосистем.

3. Назовите уровни экологического равновесия.

4. Что такое устойчивое развитие городов?

5. Принципы достижения экологического равновесия урбанизированных территорий.

6. Что такое демографическая емкость территории и как ее определяют?

7. Какие вы знаете инженерно-экологические показатели экологического равновесия?

8. Как определить, достаточна ли репродуктивная способность территории по кислороду?

# Лабораторная работа 1. Оценка устойчивости и стабильности экосистем. Структура интродуцированных хвойных древесных растений, используемых в озеленении г. Красноярска

## 1. Оценка устойчивости и стабильности экосистем

Под устойчивостью наземных фитоценозов к химическому загрязнению в условиях интенсивного техногенного прессинга на природные системы понимается их способность противостоять внешним нагрузкам, не утрачивая тенденции к самовосстановлению без нарушения биогеохимических и генетических показателей. Воздействие химических элементов определяется составом, количеством, токсичностью для растений, способом поступления, наличием предела поглощения. Растения, имеющие предел поглощения определенных химических элементов, не могут быть в полной мере индикаторами в случае избыточного их содержания в среде из-за существующего физиологического барьера поглощения. Следовательно, чем выше порог чувствительности к химическим воздействиям, тем выше сорбция и выше устойчивость к химическим воздействиям. Этот факт положен в основу оценки устойчивости к химическому загрязнению наземных растительных сообществ (табл. 3).

Таблица 3 – Устойчивость растительного покрова к химическому загрязнению

Характер фитоценоза	Качественная оценка устойчивости
Мелколиственные леса	Очень высокая
Широколиственные леса	Высокая
Широколиственно-хвойные	Повышенная
Еловые леса	Достаточная
Сосновые леса	Умеренная
Луговые фитоценозы	Низкая
Болотные фитоценозы	Очень низкая
Зона хозяйственного освоения	Отсутствует

Очень высокой степенью устойчивости к химическим загрязнениям обладают фитоценозы с мелколиственными древесными породами, где основными являются береза, осина, тополь, черная и серая ольха. При усилении загрязнения окружающей среды происходит

увеличение зольности их древесины, а общее содержание элементов возрастает от 1,1–2,5 (для Mn, Co) до 6,5–12 раз (Cd, Cr и др.). Это ведет к необратимым нарушениям в обменных процессах мелколиственных фитоценозов и их деградации. Однако заложенный генетический код способствует ускоренному процессу воспроизводства. Поэтому мелколиственные фитоценозы являются наиболее устойчивыми при загрязнении окружающей среды различными поллютантами.

*Для фитоценозов с высокой устойчивостью* характерны дуб, граб, клен. Хотя широколиственные породы и обладают практически наибольшей биопродуктивностью по некоторым позициям и большей устойчивостью к химическому загрязнению (накопление ряда элементов I и II групп опасности, т. е. Cd, Pb, Cr и др.), тем не менее они являются барьерными видами. Содержание ряда химических элементов (Ca, P, Mn, Zn) в листьях и коре (т. е. в основных сорбентах этих видов) может снижаться при одновременном накоплении тяжелых металлов, способствующих выведению из биосистемы химических соединений. Кроме того, здесь ниже темпы накопления элементов. Все это ставит широколиственные фитоценозы на второе место по устойчивости к химическим загрязнениям. Накапливаемые элементы (в порядке убывания) располагаются следующим образом: Pb, Cu, Co, Cr, Ni, S, K, Zn, Mn, Na.

*К категории с повышенной степенью устойчивости* относятся широколиственно-хвойные фитоценозы. Встречаются эпизодически и представляют в основном сочетания дуба с елью или сосной. Их сорбционные возможности ниже предыдущих, но выше хвойных, что проявляется практически по всем оцениваемым параметрам (бимофильные и тяжелые металлы, система листва–хвоя–кора–корни–древесина, ослабление почвенных миграционных потоков и др.).

*Достаточной степенью устойчивости* обладают еловые фитоценозы, где возможно увеличение концентраций ряда элементов (Cd, Cr, Pb, Co и др.) более чем в 3 раза, что меньше, чем для лиственных пород. Это говорит о наличии геохимического барьера в еловых и в целом в хвойных породах. Увеличение зольности происходит в хвое (здесь наблюдается наибольшая аккумуляция S, Zn, Fe, Al, Si, Ni, Pb, Ca, Mg, Na, Cu) и коре (при отсутствии изменений этого показателя в древесине и корнях). Темпы естественного воспроизводства ниже, чем у лиственных пород.

*К разряду умеренной устойчивости* отнесены сосновые фитоценозы. В сосне аккумулируются Cd, Cr, Co, Fe, S, Ni, Pb, Ca и др.

Однако наличие ряда тяжелых металлов (в частности, Ni, Cd, Pb, Co) часто тормозит накопление в структурных частях биомассы биофильных металлов (Mg, Cu, Zn и др.). В целом сосновые фитоценозы менее устойчивы, чем еловые. Последние имеют более высокую способность к образованию ветвей из спящих почек и поэтому менее чувствительны. Существуют также различия между сосновыми и еловыми фитоценозами в характере усвоения минеральных элементов в условиях техногенной среды.

*Естественные луговые фитоценозы, приуроченные в основном к пониженным безлесным участкам, отнесены к категории с низкой степенью устойчивости к химическим загрязнениям.*

Содержание тяжелых металлов в травах редко превышает средний уровень (исключение могут составлять Ti, Cr и некоторые другие). Общий объем воспроизводимой биомассы сравнительно небольшой. Наибольший концентратор – надземная часть.

*Болотные фитоценозы имеют очень низкую устойчивость к химическим загрязнениям, поскольку обладают повышенной восприимчивостью к поллютантам, медленно растут и размножаются.*

## ***2. Строение интродуцированных хвойных древесных растений, используемых в озеленении г. Красноярска***

**Цель работы:** познакомиться с видовым составом и структурой интродуцированных хвойных древесных растений, используемых в озеленении г. Красноярска.

**Оборудование, реактивы, материалы:** гербарные образцы интродуцированных хвойных древесных растений, используемых в озеленении г. Красноярска (ель сибирская, ель Энгельмана – голубая ель, лиственница сибирская и др.).

### **Ход работы:**

1. Разобрать гербарий хвойных древесных растений и отобрать интродуцированные растения (ель сибирская, ель Энгельмана – голубая ель, лиственница сибирская и др.), используемые в озеленении г. Красноярска.

2. Изучить их морфологическое строение. Для изучения анатомической структуры вегетативных органов необходимо произвести поперечные срезы молодых веток растений, а также можно использовать постоянные микропрепараты поперечных срезов стеблей сосны, ели и др.

**Задание 1.** Определить устойчивость к химическому загрязнению территории, прилегающей к ОАО «ГМК «Норильский никель»», ОАО «Красноярский алюминиевый завод», ОАО «Ачинский глиноземный комбинат», ОАО «Ачинский нефтеперерабатывающий завод».

**Задание 2.**

1. Изучить на гербарном материале видовой состав интродуцированных хвойных древесных растений, используемых в озеленении г. Красноярска.

2. Изучить морфологическую структуру интродуцированных хвойных древесных растений: стебли, почки, листья.

3. На свежееизготовленных срезах, а также на постоянных препаратах, изучить анатомическое строение древесных растений.

4. Сделать выводы о возможности применимости интродукции для увеличения биоразнообразия.

**Ответьте на вопросы:**

1. Что такое интродукция растений?

2. Какие интродуцированные хвойные древесные растения используют в озеленении г. Красноярска?

3. Каковы особенности морфологической и анатомической структуры интродуцированных древесных растений?

## 2. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В ГОРОДАХ

**Геохимический фон** – среднее содержание химического элемента в почвах по данным изучения статистических параметров его распределения. Геохимический фон является региональной или местной характеристикой почв и пород.

**Геохимическая аномалия** – участок территории, в пределах которого статистические параметры распределения химического элемента достоверно отличаются от фона.

**Зона загрязнения** – геохимическая аномалия, в пределах которой содержание загрязняющих веществ достигает концентраций, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Уровень загрязнения характеризуется величиной коэффициента концентрации  $K_{ci}$ :

$$\hat{E}_{\tilde{n}i} = \frac{\tilde{N}_i}{C_{\phi i}}, \quad (11)$$

где  $C_i$  – концентрация загрязняющего вещества в почве;

$C_{\phi i}$  – его фоновая концентрация, мг/кг почвы.

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

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n-1), \quad (12)$$

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. Значения суммарного показателя загрязнения до 16 соответствуют допустимому уровню опасности для здоровья населения; от 16 до 32 – умеренно опасному; от 32 до 128 – опасному; более 128 – чрезвычайно опасному.

Для оценки выявленных геохимических аномалий в городах, а также для оценки эколого-геохимических изменений, происходящих в результате антропогенных процессов, В. А. Алексеенко предложены показатели абсолютного (ПАН) и относительного (ПОН) накопления химических элементов. ПАН (в т/км<sup>2</sup>) показывает, какая масса

химического элемента накопилась в результате природных или техногенных процессов на единице площади в концентрациях, превышающих региональное фоновое (либо кларковое или ПДК) содержание. Он вычисляется как отношение рассчитанного содержания химического элемента, накопившегося в результате техногенного химического загрязнения в химической аномалии, к площади этой аномалии:

$$\hat{I} \hat{A} \hat{I}_i = \frac{C_i}{S_i}, \quad (13)$$

где  $C_i$  – накопление в почве геохимических аномалий веществ техногенного происхождения, т;

$S_{ci}$  – площадь аномалий элемента, км<sup>2</sup>.

В связи с тем, что значения фоновых содержаний элементов в почве неодинаковы был введен показатель относительного накопления (ПОН). ПОН чрезвычайно важен как при оценке воздействия определенного элемента на организмы, так и при сравнении такого воздействия разными элементами в конкретной ландшафтно-геохимической обстановке. Он представляет собой отношение показателя абсолютного накопления элемента к фоновому (кларковому) его содержанию в почве:

$$\hat{I} \hat{I} \hat{I}_i = \frac{\hat{I} \hat{A} \hat{I}_i}{C_\delta}. \quad (14)$$

Расчет ПОН позволяет определить элементы, на загрязнение окружающей среды которыми следует обратить первоочередное внимание при проведении экологической реабилитации почв и медико-профилактической работе.

## **Практическая работа 2. Химическое загрязнение почв города**

**Цель работы:** получение практических навыков определения показателей химического загрязнения почв города.

**Материалы и оборудование:** микрокалькулятор.

**Задание:** определить степень опасности загрязнения городских почв, установить, какие загрязнители вносят наибольший вклад в  $Z_c$ . Описать выявленные геохимические аномалии, установив, какие загрязнители представляют наибольшую опасность для экосистем и здоровья человека.

Таблица 4 – Варианты заданий для оценки степени опасности загрязнения почв  
(указана концентрация загрязнителей, мг/кг)

Район	Загрязнитель	Вариант											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Гидросульфиды	0,69	12,5	96,2	2,5	63,2	23,0	1,3	52,0	0,2	8,5	25,6	65,2
	Гидрокарбонаты	0,21	1,3	1,4	520,6	25,6	2,6	516,3	52,3	518,5	365,2	89,6	56,2
	Хлориды	32,4	25,5	45,6	10,8	112,3	65,2	25,6	69,5	18,8	65,2	16,5	45,2
	Сульфаты	0,01	1,2	65,2	1,5	64,2	18,9	54,5	12,3	1,5	10,5	12,1	33,2
	Цинк	0,002	63,3	3,2	15,6	15,2	42,0	1,9	22,6	17,6	56,2	25,6	65,5
	Аммоний	0,5	10,5	12,2	10,5	2,6	15,2	12,3	16,2	17,5	25,2	12,5	52,5
	Нитраты	0,13	2,6	13,6	5,6	21,1	63,2	8,0	8,6	5,6	12,3	39,6	12,7
2	Гидросульфиды	0,67	20,0	109,5	3,8	60,2	15,2	1,6	117,8	0,1	14,5	36,9	58,9
	Гидрокарбонаты	0,21	1,2	2,8	650,0	30,9	13,8	319,6	69,0	540,2	590,5	98,5	182,5
	Хлориды	7,3	13,6	42,8	12,6	108,2	35,9	30,2	58,5	10,6	35,8	22,5	56,5
	Сульфаты	0,005	3,6	36,2	2,3	35,6	28,5	62,5	12,0	2,3	12,5	10,4	39,1
	Цинк	0,001	56,3	2,5	21,2	15,2	96,0	12,5	18,6	24,2	46,5	39,0	69,1
	Аммоний	0,7	15,6	10,0	16,6	3,0	19,8	65,6	15,3	12,6	32,6	19,9	40,2
	Нитраты	0,005	12,8	23,3	7,0	14,2	90,5	16,3	11,6	12,0	12,3	46,8	18,8
3	Гидросульфиды	0,67	11,4	100,5	3,8	93,4	9,9	1,5	99,5	0,1	14,8	30,5	58,6
	Гидрокарбонаты	0,21	1,2	1,8	690,4	56,2	10,2	465,5	44,7	538,0	589,6	102,0	130,6
	Хлориды	19,3	16,3	52,3	11,6	92,0	40,6	29,3	57,9	9,6	40,5	15,3	58,9
	Сульфаты	0,004	2,5	66,3	1,0	60,0	65,2	66,5	12,5	1,0	16,8	12,3	45,8
	Цинк	0,001	58,9	2,8	18,5	15,4	33,0	1,6	13,5	16,5	50,8	32,1	78,0
	Аммоний	0,3	19,2	9,6	14,0	3,0	56,6	42,2	22,0	10,0	18,8	8,8	42,1
	Нитраты	0,004	12,5	4,5	7,0	18,9	77,8	14,9	9,9	8,0	12,3	58,1	29,6



Таблица 5 – Варианты заданий для характеристики геохимических аномалий

Вещество	Вариант										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	<u>824*</u>	<u>2070</u>	<u>1050</u>	<u>1200</u>	<u>1680</u>	<u>2560</u>	<u>882</u>	<u>956</u>	<u>1472</u>	<u>3020</u>	<u>2114</u>
	103	230	120	150	240	320	98	136	184	172	302
Zn	<u>2080</u>	<u>715</u>	<u>1500</u>	<u>992</u>	<u>2765</u>	<u>2835</u>	<u>935</u>	<u>1764</u>	<u>1944</u>	<u>2834</u>	<u>1104</u>
	200	65	150	124	197	270	85	147	162	218	96
Ti	<u>1040</u>	<u>576</u>	<u>2040</u>	<u>1275</u>	<u>2432</u>	<u>2244</u>	<u>1044</u>	<u>3990</u>	<u>3240</u>	<u>2250</u>	<u>2192</u>
	65	36	102	85	152	132	58	210	118	150	137
Cu	<u>840</u>	<u>1050</u>	<u>1712</u>	<u>750</u>	<u>960</u>	<u>1368</u>	<u>1273</u>	<u>665</u>	<u>1136</u>	<u>1143</u>	<u>904</u>
	105	150	214	100	120	152	134	95	142	127	113
V	<u>600</u>	<u>832</u>	<u>290</u>	<u>805</u>	<u>1056</u>	<u>963</u>	<u>1045</u>	<u>602</u>	<u>1088</u>	<u>1656</u>	<u>1071</u>
	75	104	58	115	132	107	95	86	136	184	102
Ga	<u>2160</u>	<u>1800</u>	<u>1840</u>	<u>1648</u>	<u>3315</u>	<u>3072</u>	<u>2891</u>	<u>1540</u>	<u>2345</u>	<u>1350</u>	<u>2744</u>
	450	360	230	412	663	512	413	385	469	525	392
Cr	<u>1200</u>	<u>2970</u>	<u>1080</u>	<u>1484</u>	<u>1480</u>	<u>1728</u>	<u>2030</u>	<u>1505</u>	<u>1568</u>	<u>1683</u>	<u>2255</u>
	150	330	180	212	185	192	203	215	196	187	205

Примечание: \* – в числителе – накопление в почве геохимических аномалий веществ техногенного происхождения, т; в знаменателе – площадь аномалий, км<sup>2</sup>

### Ход работы:

1. Описать методику определения уровня опасности загрязнения территории города и оценки геохимических аномалий.
2. За фоновые значения концентрации при расчете суммарного показателя загрязнения принять данные таблицы 6.
3. Рассчитать коэффициенты концентрации химических элементов в почвах трех районов города, для каждого района определить суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ .
4. Провести сравнительный анализ химического загрязнения почв районов. Сделать вывод.

Таблица 6 – Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчета суммарного показателя загрязнения, мг/кг

Вещество	Фоновая концентрация	Вещество	Фоновая концентрация
Гидрокарбонаты	510	Нитраты	15
Хлориды	19,9	Гидросульфиды	107
Аммоний	11	Цинк	33
Сульфаты	45		

5. Охарактеризовать геохимические аномалии на урбанизированной территории по показателям абсолютного и относительного накопления. За фоновые значения концентрации загрязнителей принять данные таблицы 7.

Таблица 7 – Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчета характеристик геохимических аномалий, т/км<sup>2</sup>

Вещество	Фоновая концентрация	Вещество	Фоновая концентрация
Свинец	0,001	Ванадий	0,01
Цинк	0,005	Галлий	0,003
Титан	0,457	Хром	0,02
Медь	0,002		

6. Результаты расчета оформить в виде таблицы.

Элемент	Площадь аномалии, км <sup>2</sup>	Техногенная составляющая элементов, т	Фоновая концентрация, т/км <sup>2</sup>	ПАН, т/км <sup>2</sup>	ПОН

7. Выполнить ранжирование элементов по величине удельного вклада в загрязнение городских почв, а также по величине опасности для здоровья человека, определяемой показателем относительного накопления. Сделать вывод о наиболее опасных в данных условиях загрязнителях.

8. Ответить письменно на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое геохимический фон, геохимическая аномалия, зона загрязнения?

2. Какие показатели используют для оценки химического загрязнения почвенного покрова?

3. Как оценивают уровень опасности загрязнения территории города?

4. В чем суть показателя относительного накопления химических элементов? Для чего он был введен?

## **Лабораторная работа 2. Загрязнение сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами**

**Цель:** определить, являются ли удобрения источниками поступления тяжелых металлов; ознакомиться с особенностями выноса тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями.

**Материалы и оборудование:** калькуляторы.

### ***Теоретическая часть***

Особое значение приобрело загрязнение биосферы группой поллютантов, получивших общее название «тяжелые металлы». К ним относят более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева с атомными массами свыше 50 а.е.м., обладающих свойствами металлов.

Основными антропогенными источниками тяжелых металлов являются тепловые электростанции, предприятия цветной и черной металлургии, автомобильный транспорт, осадки сточных вод, бытовой мусор и отходы промышленности. Кроме того, источниками поступления тяжелых металлов в почву являются минеральные и органические удобрения. Поэтому необходимы постоянные наблюдения за концентрацией тяжелых металлов в агроэкосистемах. Особое внимание следует уделить наиболее токсичным металлам – кадмию, ртути, мышьяку и свинцу.

### ***Практическая часть***

1. Используя данные таблицы 8, рассчитать количество тяжелых металлов, внесенных удобрениями на 1 га пашни.

Определить сумму внесенных металлов 1-го класса опасности (мышьяк, кадмий, ртуть, свинец) и сумму всех металлов. Норма внесения на гектар: мочевины – 90 кг/га, влажность – 15 %; двойного суперфосфата – 110 кг/га, влажность – 15 %; навоза крупного рогатого скота – 30 т/га, влажность – 75 %; навоза свиного – 40 т/га, влажность – 91 %.

2. Определить вынос тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями с 1 га пашни, используя данные таблицы 9.

Урожайность зерна зерновых культур – 20 ц/га, отношение зерна к соломе составляет 1:1, влажность – 14 %. Урожайность зерна зерно-

бобовых – 15 ц/га, отношение зерна к соломе составляет 1:2, влажность – 14 %. Урожайность многолетних трав – 30 ц/га при влажности 17 %.

3. Рассчитать, сколько вегетационных периодов потребуется сельскохозяйственным культурам для выноса всех тяжелых металлов и наиболее токсичных, внесенных минеральными и органическими удобрениями.

4. Ответить письменно на контрольные вопросы.

Таблица 8 – Содержание тяжелых металлов в минеральных и органических удобрениях, мг/кг сухой массы

Элемент	Минеральное удобрение		Органическое удобрение	
	Азотное	Фосфорное	навоз крупного рогатого скота	навоз свиной
	мочевина	двойной суперфосфат		
Хром <sub>52</sub>	5,5	80	5,2	35
Марганец <sub>55</sub>	40	520	30	120
Железо <sub>56</sub>	300	1400	80	110
Никель <sub>59</sub>	12	32	7,8	25
Медь <sub>64</sub>	11	43	3	36
Цинк <sub>65</sub>	17	160	15	75
Мышьяк <sub>75</sub>	255	750	3	20
Селен <sub>79</sub>	0,5	12	1,2	1,5
Стронций <sub>88</sub>	1,5	115	22	38
Молибден <sub>96</sub>	2,5	34	0,05	1,6
Кадмий <sub>112</sub>	5,4	47	0,3	0,8
Ртуть <sub>201</sub>	1,2	0,5	0,1	0,2
Свинец <sub>207</sub>	18	44	6,6	12

### Контрольные вопросы

1. Какие химические элементы называют тяжелыми металлами?
2. Назвать основные антропогенные источники поступления тяжелых металлов в почву.
3. Какими токсичными элементами и в каких случаях загрязняют почву фосфорные и азотные удобрения?
4. Является ли навоз крупного рогатого скота и свиной источником загрязнения почвы тяжелыми металлами и почему?

Таблица 9 – Содержание тяжелых металлов в различных видах растений на незагрязненных территориях, мг/кг сухого вещества

Элемент	Зерновые		Зернобобовые		Вегетативная масса трав
	солома	зерно	листья	зерно	
Марганец	58	23	35	7,50	50
Стронций	2	–	39	–	5
Цинк	14	3	19	16	16
Медь	4,20	2,80	4,1	4,9	4,3
Никель	1,50	–	2,5	–	4,50
Свинец	1,70	0,05	0,33	0,02	0,70
Молибден	0,70	0,32	1,25	0,60	0,44
Хром	–	–	–	–	0,37
Кадмий	0,01	0,005	0,60	0,01	0,01
Селен	0,01	0,05	0,04	0,02	0,35
Ртуть	0,001	0,001	–	0,002	0,01
Мышьяк	–	0,0001	0,001	0,0005	0,005
Железо	3,00	25,00	18,00	27,00	19,00

### 3. ВОЗДУШНАЯ СРЕДА ГОРОДА

В течение всей жизни человек находится в среде воздуха, от качества которой зависит его здоровье, самочувствие, работоспособность. Воздух контактирует со всеми элементами природы. Ухудшение качества воздуха из-за присутствия в нем различных загрязняющих веществ ведет к гибели зеленых насаждений, загрязнению почв, водоемов и водотоков, повреждению памятников культуры, конструкций зданий и сооружений, ухудшению здоровья горожан.

Главными источниками загрязнения воздуха в городах являются промышленные предприятия и автомобильный транспорт.

Категория опасности предприятия используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$\hat{I} = \sum_{i=1}^m \hat{I} A_i = \sum_{i=1}^m \left( \frac{M_i}{PDK_i} \right)^{a_i}, \quad (15)$$

где  $m$  – количество загрязняющих веществ, выбрасываемое предприятием;

$KOB_i$  – категория опасности  $i$ -го вещества, м<sup>3</sup>/с;

$M_i$  – масса выбросов  $i$ -й примеси в атмосферу, мг/с;

$PDK_i$  – среднесуточная ПДК  $i$ -го вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м<sup>3</sup>;

$a_i$  – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью диоксида серы (табл. 10).

Таблица 10 – Значения коэффициента  $a_i$

Класс опасности вещества	1	2	3	4
$a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значения КОП рассчитывают при условии, когда  $\frac{M_i}{\dot{V} \hat{A} \hat{E}_i} > 1$ . При  $\frac{M_i}{\dot{V} \hat{A} \hat{E}_i} < 1$  значения КОП не рассчитывают и принимают равными нулю.

Для расчета КОП при отсутствии ПДК<sub>СС</sub> (среднесуточная предельно допустимая концентрация) используют значения ПДК<sub>МР</sub> (предельно допустимая максимальная разовая концентрация) или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень вещества), значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

Номер	Вещество	Класс опасности	ПДК <sub>МР</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
1	Углерода оксид	4	5	3
2	Азота диоксид	2	0,2	0,04
3	Азота оксид	3	0,4	0,06
4	Серы диоксид	3	0,5	0,05
5	Аммиак	4	0,2	0,04
6	Сероводород	2	0,008	–
7	Озон	1	0,16	0,03
8	Формальдегид	2	0,035	0,003
9	Фенол	2	0,01	0,003
10	Бензол	2	0,3	0,1
11	Толуол	3	0,6	–
12	Параксиллол	3	0,3	–
13	Стирол	2	0,04	0,002
14	Этилбензол	3	0,02	–
15	Нафталин	4	0,003	–
16	Взвешенные вещества	3	0,5	0,15
17	Зола	3	0,15	0,05
18	Пыль цементных производств	3	0,02	0,02
19	Железа оксид	3	0,04	0,04

1	2	3	4	5
20	Кадмия оксид	1	0,0003	0,0003
21	Кальция карбид	3	0,3	0,3
22	Кальция оксид	3	0,3	0,3
23	Керосин	3	1,2	1,2
24	Кислота азотная	2	0,4	0,15
25	Кислота серная	2	0,3	0,1
26	Кислота уксусная	3	0,2	0,06
27	Пыль древесная	3	0,1	0,1
28	Пыль	3	0,3	0,1

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с условиями, приведенными в таблице 12.

Таблица 12 – Категории опасности предприятий

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

Например: при величине выброса диоксида азота 3,521 т/год категория опасности вещества будет равна

$$\hat{E} \hat{A}_{\text{NO}_2} = \left( \frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30155 = 3,02 \cdot 10^4 \text{ т}^3 / \text{т}.$$

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице  $M_{ij}$  рассчитывается по формуле

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{ij}^N \cdot 10^{-6}, \quad (16)$$

где  $m_{ij}$  – приведенный пробеговый выброс, г/км.

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti}, \quad (17)$$

где  $m_i$  – пробеговый выброс  $i$ -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/кг;

$K_{ri}$  – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;



$K_{ti}$  – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовых выброс  $i$ -го загрязнителя;

$L^N_{общ}$  – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности движения и скорости АТС, км.

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывают по формуле

$$L^N_{i\hat{a}i} = \sum_t^n L^N_{\hat{n}a\zeta} = \sum_t^n v_{\hat{a}a\hat{o}} t_g N^N_{\hat{n}a\zeta}, \quad (18)$$

где  $V_{a\hat{a}m}$  – скорость движения транспортных средств;

$N^N_{сез}$  – число автомобилей, прошедших по улице за сезон;

$t_g$  – время движения автотранспортного средства по данной улице, которое рассчитывают по формуле

$$t_g = \frac{L}{v_{\hat{a}a\hat{o}}}, \quad (19)$$

где  $L$  – длина улицы, км.

Таким образом, суммарный годовой пробег автомобилей рассчитывают по формуле

$$L^N_{i\hat{a}i} = \sum_t^n L \cdot N^N_{\hat{n}a\zeta}. \quad (20)$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяют суммированием:

$$N^N_{\hat{n}a\zeta} = t \cdot (N_{\hat{o}} + N_{\hat{a}} + N_{\hat{a}} + N_{\hat{i}}) \cdot n, \quad (21)$$

где  $t$  – время, 6 часов;

$n$  – количество дней в сезоне.

Значения приведенных пробеговых выбросов  $i$ -го данным типом транспортных средств приведены в таблице 13.

Категори. опасности автотранспорта (КОА) рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия:

$$\hat{E} \hat{I} \hat{A} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{M_i}{\hat{I} \hat{A} \hat{E}_i} \right)^{a_i}. \quad (22)$$

Таблица 13 – Приведенный пробеговый выброс для различных типов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примесь	Пробеговый выброс, г/км	Коэффициент			Приведенный пробеговый выброс, г/км
			$K_{гi}$	$K_{ti}$	$K_{ni}$	
Легковые	CO	13,0	0,87	1,72	–	19,8
	NO <sub>2</sub>	1,5	0,94	1,0	–	1,4
	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	2,6	0,92	1,48	–	3,5
	SO <sub>2</sub>	0,076	1,15	1,15	–	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	–	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO <sub>2</sub>	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO <sub>2</sub>	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO <sub>2</sub>	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO <sub>2</sub>	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO <sub>2</sub>	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO <sub>2</sub>	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO <sub>2</sub>	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO <sub>2</sub>	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Помимо вредных выбросов в атмосферу, связанных с сжиганием топлива, эксплуатация автомобильного транспорта приводит также к выбросам пыли (M<sub>n</sub>) в результате взаимодействия автомобиля и дороги. Степень загрязнения атмосферы в результате этого процесса можно показать через категорию опасности дороги (КОД):

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{M^y V^y}{ПДК} \quad (23)$$

где  $M^y$  – содержание пыли в воздухе улицы;

$V^y$  – объем воздуха, в котором рассеяна пыль (табл. 14).

Количество пыли, выбрасываемой  $N$ -м количеством автомобилей  $i$ -го класса, рассчитывают по формуле

$$M^y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N_i, \quad (24)$$

где  $S_{Ai}$  – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги,  $m^2$ ;

$\Psi_i$  – сдуваемость пыли,  $mg/(cm^2 \cdot c)$ ;

$N_i$  – интенсивность движения автомобилей  $i$ -го класса.

Объем воздуха, в котором распространяется пыль, рассчитывают как произведение площади улицы на высоту приземного слоя атмосферы (3 метра).

Таблица 14 – Значения удельной сдуваемости и средней площади проекции на поверхность дороги для различных классов автотранспортных средств

Тип АТС	Значение удельной сдуваемости	Средняя площадь проекции на поверхность дороги, $m^2$
Легковые автомобили	240	7
Грузовые автомобили	516	25
Автобусы	541	30

В качестве комплексного показателя, использующегося для определения опасности улицы от ее загрязнения автотранспортом, применяется такой показатель, как категория опасности улицы (КОУ):

$$КОУ = КОА + КОД. \quad (25)$$

Категория опасности территориального производственного комплекса (КОГ) рассчитывается как сумма категорий опасности предприятий (КОП) и улиц (КОУ), расположенных в пределах этого комплекса:

$$КОГ = \sum_{i=1}^n КОП_i + \sum_{k=1}^m КОУ_k. \quad (26)$$

### Практическая работа 3. Оценка опасности загрязнения городского воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом

**Цель работы:** получение практических навыков определения степени опасности предприятия, автотранспорта, дороги и территориального производственного комплекса.

**Материалы и оборудование:** микрокалькулятор

**Задание:** рассчитать категорию опасности территории, включающей промышленное предприятие и автомобильную дорогу.

**Ход работы:**

1. Описать методику расчета категории опасности предприятия и автотранспорта.

2. Выполнить расчет категории опасности предприятия. Результаты должны включать расчеты КОВ для каждого вещества, таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятия по КОВ, расчет КОП, и массе выбросов.

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов занести в таблицу.

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/га	%		
Вещество 1			1	
Вещество 2			2	
...			...	
Всего				

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности.

Вещество	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м <sup>3</sup> /с	%	
Суммарный по предприятию			
Вещество 1			1
Вещество 2			2
...			...

3. Рассчитать массу загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортном на данной улице. Результаты оформить в

виде таблицы «Количество загрязняющих веществ, выбрасываемое автотранспортом на данной улице».

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Выбросы разных веществ по сезонам (т/сезон)					Суммарный выброс, т/сезон
		CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Pb	
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

4. Рассчитать коэффициент опасности автотранспорта. Результаты оформить в виде таблицы «Значения категории опасности вещества для различных видов автотранспорта».

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м <sup>3</sup> /с					КОА, м <sup>3</sup> /с
		CO	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Pb	
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

5. Рассчитать показатели пылеобразования на дороге и вычислить коэффициент опасности улицы (табл. 15).

6. Рассчитать категорию опасности территории, включающую данное предприятие и автомобильную дорогу (КОГ) (табл. 16).

7. Сделать вывод.

Таблица 15 – Варианты заданий к практической работе для расчета категории опасности улицы

Вариант	Транспортное средство	Интенсивность движения по сезонам				Длина улицы, м
		Зима	Весна	Лето	Осень	
	2	3	4	5	6	7
1	Легковое	950	960	1000	910	8500
	Грузовое	100	105	135	80	
	Автобус	50	65	85	20	
2	Легковое	1060	1000	1100	960	4500
	Грузовое	100	130	150	190	
	Автобус	30	100	80	40	

Окончание табл. 15

1	2	3	4	5	6	7
3	Легковое	25	34	45	39	3000
	Грузовое	12	10	15	17	
	Автобус	8	8	4	6	
4	Легковое	350	420	510	480	5000
	Грузовое	50	48	59	53	
	Автобус	11	11	15	11	
5	Легковое	95	106	115	101	5500
	Грузовое	22	25	28	27	
	Автобус	10	11	9	10	
6	Легковое	600	620	700	680	6500
	Грузовое	110	150	125	200	
	Автобус	25	40	45	40	
7	Легковое	1180	1310	1380	1090	2500
	Грузовое	230	140	330	190	
	Автобус	90	100	110	100	
8	Легковое	950	1050	860	1030	3500
	Грузовое	320	310	380	400	
	Автобус	140	180	220	150	
9	Легковое	985	955	1010	945	5000
	Грузовое	220	130	310	150	
	Автобус	60	80	90	75	
10	Легковое	35	40	65	45	3500
	Грузовое	15	15	25	20	
	Автобус	5	10	15	10	
11	Легковое	13	15	18	14	2500
	Грузовое	7	6	5	9	
	Автобус	2	4	5	3	
12	Легковое	90	110	125	115	4000
	Грузовое	15	20	20	25	
	Автобус	10	15	10	15	
13	Легковое	85	55	95	60	5500
	Грузовое	25	30	35	25	
	Автобус	15	20	15	25	
14	Легковое	110	120	125	120	4500
	Грузовое	35	40	45	25	
	Автобус	20	25	35	25	
15	Легковое	1020	1050	1100	980	4000
	Грузовое	200	110	300	160	
	Автобус	80	90	100	90	

Таблица 16 – Варианты заданий к практической работе  
для расчета категории опасности предприятия

Вещество	Масса выбросов, т/год	Вещество	Масса выбросов, т/год	Вещество	Масса выбросов, т/год
1	2	3	4	5	6
<b>Вариант 1</b>		<b>Вариант 2</b>		<b>Вариант 3</b>	
Диоксид азота	3956,3	Диоксид азота	3039,0	Диоксид азота	566,2
Диоксид серы	2075,0	Оксид азота	494,0	Диоксид серы	20642,1
Оксид углерода	7551,07	Оксид кадмия	0,005	Оксид углерода	33427,4
Пыль летучая (зола)	0,19	Диоксид серы	405,0	Сероводород	173,1
Пыль цементных производств	0,88	Оксид углерода	1503,0	Бензол	841,1
Кадмия оксид	0,0015	Оксид железа	0,763	Карбид кальция	100,1
<b>Вариант 4</b>		<b>Вариант 5</b>		<b>Вариант 6</b>	
Диоксид азота	1118,1	Диоксид азота	928,1	Диоксид азота	213,5
Диоксид серы	1744,07	Сероводород	0,003	Диоксид серы	11,7
Оксид углерода	1002,1	Оксид углерода	364,2	Оксид углерода	800,2
Сероводород	7,3	Оксид серы	20,8	Бензол	1238,3
Стирол	102,1	Аммиак	0,156	Пыль цементных производств	0,3
Этилбензол	85,3	Оксид азота	4002,4	Сероводород	0,02
<b>Вариант 7</b>		<b>Вариант 8</b>		<b>Вариант 9</b>	
Диоксид азота	186,0	Диоксид азота	10,1	Диоксид азота	57,7
Диоксид серы	2,7	Диоксид серы	259,3	Диоксид серы	11,6
Оксид углерода	551,7	Оксид углерода	82,1	Оксид углерода	58,6
Толуол	5,3	Сероводород	0,3	Пыль летучая (зола)	0,32
Бензол	0,88	Бензол	6,7	Бензол	21,7
Азотная кислота	12,2	Этилбензол	1,7	Этилбензол	0,9
<b>Вариант 10</b>		<b>Вариант 11</b>		<b>Вариант 12</b>	
Диоксид азота	31,1	Диоксид азота	21,8	Диоксид азота	127,8
Диоксид серы	0,5	Диоксид серы	0,8	Диоксид серы	16,51
Оксид углерода	97,9	Оксид углерода	65,2	Оксид углерода	626,8
Пыль цементных производств	122,6	Пыль цементных производств	44,2	Пыль цементных производств	1,03
Формальдегид	0,21	Пыль древесная	44,7	Бензол	310,2
Оксид кадмия	0,02	Бензол	2,0	Толуол	1,5

1	2	3	4	5	6
<b>Вариант 13</b>		<b>Вариант 14</b>		<b>Вариант 15</b>	
Диоксид азота	7530,1	Диоксид азота	58,3	Диоксид азота	12,1
Диоксид серы	10630,1	Диоксид серы	547,3	Диоксид серы	1589,5
Оксид углерода	80038,2	Сероводород	5,4	Оксид углерода	39,47
Сероводород	157,1	Оксид углерода	155,3	Серная кислота	16,5
Взвешенные вещества	558,3	Пыль цементных производств	235,0	Пыль цементных производств	70,55
Параксилол	1166,1	Нафталин	131,1	Бензол	12,1

### **Лабораторная работа 3. Качественная оценка загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация)**

При изучении степени загрязнения промышленными объектами окружающей среды важна реакция биологических объектов на загрязняющие вещества. В настоящее время существуют физико-химические и биологические методы контроля.

Большинство физико-химических методов сводятся к использованию предельно допустимых концентраций (ПДК), предельно допустимых уровней (ПДУ), предельно допустимых выбросов и аналогичных показателей. Сейчас ПДК и ПДУ установлены для нескольких тысяч веществ. Однако реально в экономике используются несколько миллионов веществ и каждый год появляются новые. Вообще невозможно установить ПДК на вещества неизвестной структуры. Несмотря на то, что пороговые нормы необходимы, нужно отметить, что ПДК – величина сильно упрощенная. Для многих веществ в ПДК не заложены оценки канцерогенности, мутагенности, эмбриотоксичности, иммунотоксичности, на содержание свободных радикалов и т. д. Крайне сложно установить нормы на сочетания веществ, которые могут усиливать действие друг друга. Поэтому в дополнение к инструментальным физико-химическим методам используются методы биологической индикации.

Система наблюдения за реакцией биологических объектов на воздействие загрязнителей называется биологическим мониторингом. Биологический мониторинг включает в себя наблюдение, оценку и прогноз изменения состояния экосистем и их элементов, вызываемого антропогенным воздействием. Идеальная система мониторинга дает возможность количественно оценить состояние среды и ее измене-



ния. Биологическая индикация позволяет оценивать степень загрязнения окружающей среды по существующим биологическим показателям.

Поскольку вариабельность органической жизни чрезвычайно велика, особенно важно выбрать такие организмы, которые являются лучшими индикаторами трендов изменения среды.

Одним из наиболее известных биологических индикаторов являются лишайники, чувствительность которых обусловлена их физиологией и симбиотической природой. Лишайники выбраны объектом глобального биологического мониторинга, поскольку они распространены по всему земному шару и их реакция на внешнее воздействие очень сильна, а собственная изменчивость незначительна по сравнению с другими организмами. Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают лишайники-эпифиты.

Лишайники-эпифиты, т. е. лишайники, обитающие на коре деревьев, являются организмами, чувствительными к изменению содержания в воздухе ряда химических элементов и соединений, входящих в состав выбросов большинства промышленных производств. К числу важнейших по влиянию на окружающую среду химических веществ этого ряда относятся сернистый ангидрид, окислы азота, тяжелые металлы, фториды.

Лихеноиндикационные методы условно можно разделить на несколько групп:

1. Исторический анализ. Возможен при хорошей изученности лишенофлоры данного района, когда можно сравнить исторические данные с современным состоянием лишайников.

2. Градиентный анализ. Используется для оценки влияния источника загрязнения по градиенту к фоновому району. Дает хорошие результаты в случае точечных и единичных источников загрязнения. Гораздо хуже работает в случае множественных источников загрязнения.

3. Картирование. Составление карт распространения лишайников с использованием видовой оценки, различных индексов и т. д.

Используя лишайники, легко организовать систему биомониторинга – систему долгосрочных наблюдений за изменением степени загрязнения по состоянию биологических тест-объектов.

Для этого проводят измерение проективного покрытия лишайников по системе постоянных пробных площадок (если предполагае-

мый тренд загрязнения достаточно велик) либо переменных пробных площадок (если тренд загрязнения мал), и получают средние значения проективного покрытия для исследуемой территории. Затем через определенный промежуток времени проводят повторные измерения проективного покрытия. По изменению как общего проективного покрытия, так и отдельных видов, можно, используя шкалы чувствительности лишайников, судить о тренде загрязнения.

Пробные площадки закладываются в гомогенном по составу фитоценозе. На постоянных площадках исследования проводятся в течение ряда лет. Переменные пробные площадки для каждого исследования выбираются каждый раз новые. Модельные деревья на постоянных пробных площадках могут быть как переменными, так и постоянными, выбираемыми случайным образом, без предварительной информации о наличии на них лишайников. Модельные деревья должны быть приблизительно одновозрастными, без видимых повреждений, одной из основных лесобразующих пород.

Система переменных пробных площадей используется в основном в системе фоновое экологического мониторинга, когда необходимо выделить слабый антропогенный тренд на фоне естественного «шума». При этом количество пробных площадей должно быть достаточно велико (обычно несколько десятков, равномерно покрывающие исследуемую территорию) для получения большого объема статистически достоверной информации.

Методы исследования лишайников включают определение видового состава лишайников и их относительную численность. Это позволяет составить карту их распространения.

Второй подход включает исследование сообществ лишайников, процент покрытия и другие экологические параметры, а также видовое разнообразие лишайников.

Трансплантационные методы заключаются в том, что лишайники из незагрязненных районов трансплантируют в изучаемый район или же диски коры деревьев, покрытой лишайниками, срезаются и перемещаются на столбы или другие сооружения, расположенные в загрязненных районах. Их реакция исследуется путем периодического фотографирования.

Четвертый подход включает перенос и исследование лишайников в лаборатории и воздействие на них различными концентрациями жидкого или газообразного сернистого газа.

### *Трансплантационные методы*

Для трансплантационных методов чаще всего используются эпифитные виды лишайников. При этом участки коры диаметром несколько сантиметров вырезаются из деревьев, растущих в незагрязненных районах и переносятся на деревья или столбы в исследуемом районе. Одним из первых симптомов поражения лишайников является уменьшение толщины таллома, а также хлороз из-за разрушения хлоропластов. Репродуктивные структуры лишайников изменяются или прекращают развитие. По скорости отмирания лишайников можно судить о степени загрязнения.

Можно использовать эпифитные виды лишайников, растущие на засохших ветвях деревьев. При этом ветка из чистого района переносится в исследуемый район и помещается, сохраняя пространственную ориентацию, в условия, максимально близкие по увлажнению и освещенности.

Трансплантационные методы используют в основном при биологической индикации.

#### *Методика повторного цикла*

Когда колония некоторых видов лишайников достигает определенного размера, центральный участок начинает разрушаться и молодые колонии начинают колонизировать этот центр. Такая форма сукцессии известна под названием *повторного цикла*. Наличие такого вида сукцессии в незагрязненных районах указывает на относительно большую чувствительность молодых колоний. Наличие повторного цикла в недавно очищенных загрязненных районах является свидетельством эффективности мер по контролю окружающей среды. Для метода повторного цикла необходимо выбрать удобный тест-объект. Среди эпилитных видов лишайников таким объектом является вид *Parmelia centrifuga*. Метод повторного цикла удобен при биологической индикации.

#### *Метод сеточек-квадратов*

В настоящее время для количественного описания эпифитной лишенофлоры в основном используют метод сеточек-квадратов с соотношением сторон 1:1 или 1:2 (рис. 1). Такие сеточки представляют собой жесткий контур прямоугольной или квадратной формы, разделенный на квадраты размером  $1 \times 1$  см тонкими проволочками, натянутыми параллельно сторонам контура. Этот метод является разновидностью метода, широко применяемого в геоботанике, обладает такими преимуществами, как наглядность результатов и простота. Он общепринят в лишенологии.

При определении проективного покрытия лишайников обычно пользуются сеточками  $10 \times 10$  см, представляющими собой рамки, на которые через каждый сантиметр натянуты продольные и поперечные тонкие проволоочки.



*Рисунок 1 – Метод сеточек-квадратов*

Рамку накладывают на ствол дерева и фиксируют. Затем определяют число (а) единичных квадратов, в которых лишайники занимают на глаз больше половины площади квадрата, и им приписывают покрытие, равное 100 %; определяют число (b) квадратов, в которых лишайники занимают менее половины площади квадрата, и им приписывают покрытие, равное 50 %. Общее покрытие в процентах вычисляют по формуле

$$R = 100 a + 50 b / c, \quad (27)$$

где с – число исследованных площадок.

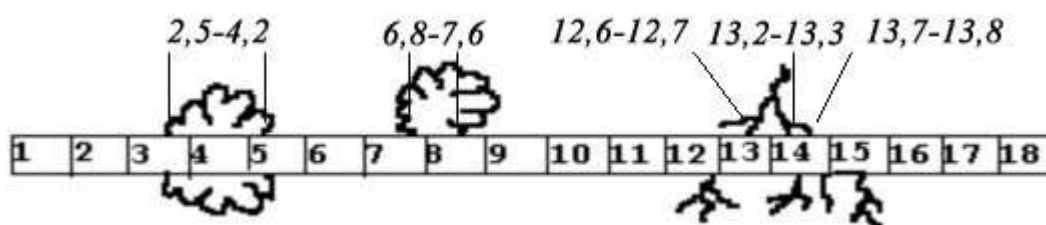
Более точно площадь покрытия определяют путем калькирования. В отдельных случаях достаточно установить, содержит ли данный единичный квадрат лишайник или нет. Иногда используют сеточки размером  $10 \times 5$ ,  $20 \times 20$ ,  $10 \times 40$  см или круглые площадки площадью 0,1 м. Метод сеточек-квадратов используют как при биоиндикационных обследованиях, например, при картировании зон загрязнения, так и при исследованиях по системе мониторинга. Метод удобен, если в качестве объектов выбраны не эпифиты, а другие экологические группы лишайников, например, эпигейные в тундре.

### *Метод линейных пересечений*

Метод линейных пересечений при массовых широкомасштабных лишенологических обследованиях имеет много преимуществ перед классическими площадными методами.

Этот метод заключается в наложении гибкой ленты с мелкими делениями на поверхность ствола и фиксировании всех пересечений со слоевищами лишайника.

Проективное покрытие данного вида лишайников на стволе данного дерева, измеренное методом линейных пересечений (для краткости – линейное проективное покрытие), есть сумма длин частей горизонтального сечения боковой поверхности дерева на высоте 1,5 м, принадлежащих талломам лишайников данного вида, деленная на длину всего горизонтального сечения (рис. 2).



*Рисунок 2 – Пересечение талломов лишайников мерной лентой*

Учет лишайников-эпифитов производится на деревьях основных лесообразующих пород. В качестве модельных деревьев данной породы внутри пробы выбираются деревья без видимых повреждений, примерно одного диаметра и высоты, растущие в одинаковых условиях (сомкнутость, экспозиция склона, угол склона и т. д.). Среди множества деревьев данной пробы модельные деревья выбирают случайно. Это значит, что сборщик выбирает дерево, не имея сведений о наличии и обилии лишайников на нем. После выбора модельного дерева сборщик определяет на стволе точку, находящуюся на заданной высоте от комля с северной стороны. Затем накладывается на ствол мерная лента с делениями таким образом, чтобы ноль шкалы совпал с выбранной точкой, а возрастание чисел на шкале соответствовало движению по часовой стрелке. Путем совмещения первой точки на натянутой ленте с нулем шкалы определяют длину окружности поперечного сечения ствола на выбранной высоте. После этого фиксируют начало и конец каждого пересечения ленты с лишайниками. Ли-

шайники, имеющие пересечение с лентой, собираются для последующего определения. Измерения проводятся с точностью до 1 мм.

Обследования лишайников методом линейных пересечений проводят либо на одной высоте (100 или 150 см от комля дерева), либо на четырех высотах: 60, 90, 120, 150 см.

Лишайники с каждого дерева собирают для последующего определения в камеральных условиях. В случае, когда работает опытный коллектор, допустимо производить идентификацию лишайников в полевых условиях, для определения брать один образец данного вида с данного дерева. В остальных случаях следует собирать все образцы, имеющие пересечения с мерной лентой.

Метод линейных пересечений используют как при биологической индикации, так и исследованиях по системе мониторинга, включая фоновый мониторинг. В случае постоянных пробных площадок измерение лишайников рекомендуется проводить на 4-х высотах: 60, 90, 120, 150 см. Минимальное число деревьев – 7. Вычисляется интегральная величина (средняя по всем деревьям и по всем высотам). В случае переменных пробных площадей можно ограничиться одной высотой (обычно 150 см). В условиях низкой встречаемости лишайников, например, в городах, промышленных зонах метод линейных пересечений оказывается слишком трудоемок и его можно заменить более простыми методами: визуальной оценкой, витальностью, различными индексами.

#### *Визуальная оценка*

Покрытие каждого вида на стволе дерева может быть так же представлено в качестве визуальной оценки. Это можно сделать с помощью небольших пробных площадок, расположенных на стволе дерева на определенной высоте. Для определения проективного покрытия используется *балльная шкала Браун-Бланке*, объединяющая покрытие и обилие:

+ – встречается редко, степень покрытия ничтожна;

1 – индивидуумов много, степень покрытия мала или особи разрежены, но площадь покрытия большая;

2 – индивидуумов много, степень проективного покрытия не менее 10 %, но не более 25 %;

3 – любое количество индивидуумов, степень покрытия 25–50 %;

4 – любое количество индивидуумов, степень покрытия 50–75 %;

5 – степень покрытия более 75 %, число особей любое.

Метод визуальной оценки используется преимущественно при биоиндикационных исследованиях.

#### *Шкала витальности*

Для оценки состояния индикаторных талломных видов используется шкала витальности. Для каждого пробного дерева определяется класс витальности индикаторного вида.

Классы витальности эпифитных лишайников:

1. Нормальные.
2. Слегка поврежденные.
3. Средне поврежденные.
4. Сильно поврежденные.
5. Мертвые.

В качестве индикаторных видов выбираются виды различной чувствительности к загрязнению, причем такие, повреждения которых хорошо видны (различные виды рода *Parmelia*, *Hypogymnia*, *Physcia* и др.). Повреждения обычно проявляются в виде некротических пятен.

Метод используется как при биоиндикационных исследованиях, так и в системе мониторинга.

#### *Лихеноиндикационные индексы*

В конце 60-х годов в Эстонской ССР и Канаде были независимо друг от друга разработаны методы лишениндикационного картирования загрязненности атмосферного воздуха на основе изучения лишайниковых группировок (синузий) и вычисления индексов, отражающих влияние загрязнения воздуха на лишайники.

Индекс полеотолерантности (*IP*, ИП) вычисляют по формуле

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n}, \quad (28)$$

где  $n$  – количество видов на площадке описания;

$A_i$  – класс полеотолерантности вида;

$C_i$  – покрытие вида;

$C_n$  – суммарное покрытие видов.

Индекс полеотолерантности вычисляется на деревьях для четырех небольших площадок ( $40 \times 40$  см) в двух экспозициях (в направлении источника загрязнения и на противоположной стороне ствола), на двух высотах (у основания ствола и на высоте 140–160 см. Оценка покрытия дается по 10-балльной шкале:

Таблица 17 – Шкала оценки покрытия лишайниками

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покровие, %	1–3	3–5	5–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80	80–100

После описания большего количества (десятков, сотен) площадок вычисляются средние значения ИП для каждого дерева и для местообитания с более или менее гомогенным фоном загрязненности. Значения ИП колеблются между 0 и 10. Чем больше значение ИП, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании.

Более простым методом, не требующим данных о классе полеотолерантности лишайников, является использование индекса чистоты атмосферы

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i F_i}{10}, \quad (29)$$

где  $Q_i$  – экологический индекс определенного вида (или индекс токсифобности, или индекс ассоциированности);

$F_i$  – комбинированный показатель покрытия и встречаемости;

$n$  – количество видов.

Показатель  $Q$  характеризует количество видов, сопутствующих данному виду на всех площадках описания в гомогенном по степени загрязненности местообитании. Если, например, на 100 площадках вместе с видом  $A$  растет 10–20 видов (включая искомый вид), а среднее число сопутствующих видов 13,5, то  $Q$  этого вида и есть 13,5. Чем больше показатель  $Q$ , тем данный вид более полеофобный, чем выше показатель индекса атмосферной чистоты (IAQ, ИАЧ), тем чище воздух местообитания. ИАЧ сильно зависит от видового разнообразия.

Применяемый комбинированный показатель покрытия и встречаемости 5-балльный:

1 балл – вид встречается очень редко и с очень низким покрытием;

2 балла – редко или с низким покрытием;

3 балла – редко или со средним покрытием на некоторых стволах;

4 балла – часто или с высоким покрытием на некоторых стволах;

5 баллов – очень часто и с очень высоким покрытием на большинстве стволов.

Во время исследования следует избегать загущенных лесопосадок, очень тенистых парков, где для лишайников недостаточно света.



Существует множество модификаций индекса чистоты атмосферы, наиболее простые из которых следующие:

$$IAQ = \sum_{i=1}^n F \quad (30)$$

или

$$IAQ = \sum_{i=1}^n QC, \quad (31)$$

где  $Q$  – экологический индекс, определяемый как среднее число сопутствующих видов, включая искомый;

$F$  – показатель встречаемости каждого вида;

$C$  – показатель покрытия каждого вида. Несмотря на некоторую субъективность ряда параметров, в условиях заметного градиента загрязнения индекс дает хорошие результаты.

Используя индекс чистоты атмосферы, легко составить карту зон загрязнения. Для этого участки с одинаковыми значениями индекса соединяют изолиниями.

Для исследований необходимо увеличительное стекло, так как многие виды лишайников, особенно накипные, довольно трудно разглядеть.

### ***Качественная оценка загрязнения воздуха с помощью лишайников (лихеноиндикация)***

Лихеноиндикация довольно точно позволяет оценивать качество среды обитания. Данная работа отличается высокой эффективностью и не требует больших затрат по сравнению с физико-химическими методами.

Лишайники растут медленно и очень чувствительны к загрязнению окружающей среды, особенно к оксиду серы (IV) – распространенному загрязнителю атмосферы. Лишайники являются надежными биоиндикаторами загрязнения среды: покрытие слоевищами поверхности ствола деревьев и видовое разнообразие лишайников резко возрастает с увеличением расстояния от источника атмосферного загрязнения.

К антропогенным источникам загрязнения среды относятся энергетические установки, сжигающие ископаемое топливо, промышленные предприятия, транспорт (автомобили, тепловозы), коммунально-бытовые предприятия. На протяженность зоны загрязнения влияет роза ветров, характер выбросов в атмосферу, высота труб, рельеф местности, растительность и другие факторы.

**Цель работы:** определить виды лишайников на исследуемой территории, измерить площади проективных покрытий лишайников, рассчитать индекс полеотолерантности и оценить степень загрязненности атмосферного воздуха.

**Оборудование, реактивы, материалы:** портняжный метр, компас, определитель лишайников, бумага, ручка, лупа, рамка для определения степени покрытия лишайниками стволов деревьев (10 × 10 см).

Ход работы:

Работа выполняется в группах.

1. Выбрать район наблюдения.
2. Составить карту района.
3. Отметить на карте заводы, предприятия, дороги с интенсивным транспортным движением.
4. Разбить выбранную территорию на квадраты, размер которых зависит от площади изучаемой территории.
5. В каждом квадрате выбрать на пробной площадке модельные деревья (5–10), имеющие характерное покрытие лишайниками.
6. На первом из модельных деревьев наметить точку на северной стороне ствола. Наложить на ствол мерную ленту таким образом, чтобы ноль шкалы ленты совпадал с выбранной точкой, а возрастание чисел на шкале соответствовало бы движению по часовой стрелке. После полного оборота вокруг ствола зафиксировать ленту в нулевой точке. Измерить длину окружности ствола ( $l$ ), результат записать в таблицу 18.
7. Определить виды лишайников на модельном дереве, используя определитель лишайников.
8. Выполнить лихенометрическую съемку. Для этого внимательно рассмотреть ствол модельного дерева по окружности ленты, фиксируя начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников. Измерения проводить с точностью до 1 мм. Полученные данные записать в таблицу 18.

Таблица 18 – Образец оформления результатов лихенометрической съемки (площадка № 1, дерево 1, окружность ствола 140 см)

Номер пересечений с лентой	Виды лишайников							
	Вид 1		Вид 2		Вид 3		Вид 4	
	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см	Начало, см	Конец, см
1	0	0,8	35	35,5	74,5	75		
2	3	5	74	75	88	89		
3	6	7	92	94	118	121		
4	12	13	96	97	132	133		
5	21,5	22	100	102				
6	32	32,2	113	114				
7	36	36,6						
8	47	48						
9	50	52						
10	59,5	60						
11	70,5	71						
12	75,5	74,5						
13	75,5	76,5						
14	80,5	81						
15	84,5	86						
16	90	93						
17	111	113						
18	114	115						
19	123	124						
20	127	129						
21	131	133						
22	135	137						

Виды лишайников:

Вид 1 – *гипогимния вздутая*

Вид 2 – *эверния мезоморфная*

Вид 3 – *уснея жесткая*

Вид 4 – *цетрария сосновая* (данный вид не зарегистрирован на дереве 1, но отмечен на других деревьях площадки № 1).



*Кустистый лишайник – цетрария Кустистый лишайник – кладония («исландский мох»)*



*Накипной лишайник – ксантория настенная («стенная золотянка»)*

*Листоватый лишайник – пармелия*

*Рисунок 3 – Виды лишайников*

9. Рассчитать проективное покрытие (с) для каждого вида лишайников на каждом модельном дереве. Для этого сложите длины всех пересечений для каждого вида лишайников. Например, для *уснеи жесткой* (вид 3) проективное покрытие на дереве 1 согласно данным таблицы 7 будет равно:

$$c = 0,5 + 1 + 3 + 1 = 5,5 \text{ см.}$$

10. Рассчитать суммарное проективное покрытие каждого вида на всех модельных деревьях данной пробной площадки. Например, для первой площадки (допустим, на этой площадке было обследовано 7 деревьев):

- проективное покрытие *гипогимнии вздутой*  $c_1 = 129,5$  см;
- проективное покрытие *эвернии мезоморфной*  $c_2 = 14$  см;
- проективное покрытие *уснеи жесткой*  $c_3 = 16,5$  см;
- проективное покрытие *цетрарии сосновой*  $c_4 = 4$  см.

11. Рассчитать сумму окружностей ( $L$ ) всех модельных деревьев данной площадки:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + \text{и т. д.}$$

Например, для пробной площадки № 1

$$L = 140 + 101 + 120 + 83 + 110 + 110 + 106 = 770 \text{ см.}$$

12. Вычислить относительное проективное покрытие ( $C$ ) каждого вида в процентах по формуле

$$C = (c / L) \cdot 100 \%, \quad (32)$$

где  $c$  – проективное покрытие данного вида на всех модельных деревьях (см),

$L$  – сумма длин окружностей всех модельных деревьев (см).

Например, для площадки № 1 получено:

– проективное покрытие *гипогимнии вздутой*:

$$C_1 = (129,5 / 770) \cdot 100 = 16,8 \%;$$

– проективное покрытие *эвернии мезоморфной*:

$$C_2 = (14 / 770) \cdot 100 = 1,8 \%;$$

– проективное покрытие *уснеи жесткой*:

$$C_3 = (16,5 / 770) \cdot 100 = 2,1 \%;$$

– проективное покрытие *цетрарии сосновой*:

$$C_4 = (4 / 770) \cdot 100 = 0,51 \%.$$

13. Определить величину проективного покрытия в баллах по таблице 19.

Таблица 19 – Величина проективного покрытия

Покровие, балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покровие, %	1–3	3–5	5–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80	80–100

Например, для площадки № 1 проективные покрытия каждого вида в баллах будут равны:

$C_1 = 4$  балла;  $C_2 = 1$  балл;  $C_3 = 1$  балл;  $C_4 = 0$  баллов

14. Определить класс полеотолерантности (А) каждого лишайника по таблице 20.

Таблица 20 – Класс полеотолерантности и тип местообитаний эпифитных лишайников (по Трассу, 1985)

Класс полеотолерантности	Тип местообитания по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость в них видов	Вид
1	2	3
1	Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропогенного влияния	<i>Lecanactis abietina</i> , <i>Lobaria scrobiculata</i> , <i>Menegzzia terebrata</i> , <i>Mycoblastus sanguinarius</i> , виды родов <i>Pannaria</i> , <i>Parmeliella</i> , самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>
2	Естественные (часто) и антропогенно слабо измененные местообитания (редко)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Cyalecta ulmi</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Ochrolechia androgyna</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i> .
3	Естественные (часто) и антропогенно слабо измененные местообитания (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Cetraria chlorophilla</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Lecidea tenebricosa</i> , <i>Opegrapha pulicaris</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
4	Естественные (часто), слабо (часто) и умеренно (редко) измененные местообитания	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Lecanora leptirodes</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Opegrapha diaphora</i> , <i>Parmelia subaurifera</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuraceae</i> , <i>Usnea filipendula</i>
5	Естественные, антропогенно слабо– и умеренно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecania cyrtella</i> , <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>L. rugosa</i> , <i>L. Subfuscata</i> , <i>L. subrugosa</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasperata</i> , <i>P. Olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Ramalina farinacea</i>

1	2	3
6	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно измененные (часто) местообитания	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lecanora allophana</i> , <i>L. carpinea</i> , <i>L. chlarona</i> , <i>L. pallida</i> , <i>L. symmictera</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P. subargentifera</i> , <i>P. Exasperatula</i> , <i>Pertusaria discoidea</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Ramalina fraxinea</i> , <i>Rinodina exigua</i> , <i>Usnea hirta</i>
7	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно измененные местообитания	<i>Caloplaca vitellina</i> , <i>Candelariella vitellina</i> , <i>C. xanthostigma</i> , <i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia conspurcata</i> , <i>P. sulcata</i> , <i>P. verruculifera</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Phaeophyscia nigricans</i> , <i>Phlyctis age-laea</i> , <i>Physcia ascendens</i> , <i>Ph. stellaris</i> , <i>Ph. tenella</i> , <i>Physconia pulverulacea</i> , <i>Xanthoria polycarpa</i>
8	Умеренно и сильно антропогенно измененные местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>Candelaria concolor</i> , <i>Phlyctis argena</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ph. Enteroxantha</i> , <i>Ramalina pollinaria</i> , <i>Xanthoria candelaria</i>
9	Сильно антропогенно измененные местообитания (часто)	<i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora expallens</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
10	Очень сильно антропогенно измененные местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L. hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>

15. Рассчитать индекс полеотолерантности (IP) по формуле

$$IP = \sum [(A_i \cdot C_i) / C_n], \quad (33)$$

где  $n$  – количество видов на описанной пробной площадке;

$A_i$  – класс полеотолерантности каждого вида;

$C_i$  – проективное покрытие каждого отдельного вида в баллах;

$C_n$  – сумма значений покрытия всех видов в баллах, что для пробной площадки № 1 составляет  $4 + 1 + 1 + 0 = 6$  баллов.

Например, для площадки № 1 индекс полеотолерантности будет равен

$$IP = (6 \cdot 4) / 6 + (6 \cdot 1) / 6 + (6 \cdot 1) / 6 + (6 \cdot 0) / 6 = 6.$$

16. Определить значение годовой концентрации атмосферного загрязнителя ( $SO_2$ ) и «зону благополучия» по величине найденного индекса полеотолерантности и данным таблицы 21.

Таблица 21 – Индексы полеотолерантности и годовые концентрации  $SO_2$

Индекс полеотолерантности	Концентрация $SO_2$ мг/м <sup>3</sup>	Зона
1–2	–	Нормальная
2–5	0,01–0,03	Смешанная
5–7	0,03–0,08	Смешанная
7–10	0,08–0,10	Зона борьбы
10	0,10–0,30	Зона борьбы
0	более 0,3	Лишайниковая пустыня

17. Сделать вывод о степени загрязнения воздуха на изучаемой территории

**Задание:** сравнить результаты с другими опытными участками, предложить способы решения проблемы по улучшению чистоты воздуха.

**Ответьте на вопросы:**

1. Что такое лишеноиндикация, лишайник?
2. Какие виды лишайников встречаются на сильно антропогенно измененных территориях?
3. В чем преимущества метода лишеноиндикации перед химическими методами?
4. Классифицируйте лишайники по типу слоевища, дайте им краткую характеристику.



#### 4. ВОДНАЯ СРЕДА ГОРОДА

Не все выпавшие атмосферные осадки и воды, образующиеся после мойки площадей, улиц и автодорог, попадают в водный объект. Часть атмосферных осадков перехватывается верхними ярусами растительного покрова и не достигает поверхности земли. Попавшие на водосборную площадь осадки и поливочные воды стекают по склону местности в водный объект, по пути, задерживаясь в неровностях рельефа, испаряются, просачиваются в почву и грунтовые воды. Оставшаяся часть поверхностных сточных вод составляет общий слой поверхностного стока. Для учета потерь поверхностных сточных вод используют коэффициент стока ( $\psi$ ). Для дождевых и снеговых сточных вод эта величина зависит от характеристик поверхности водосборной территории (табл. 22).

Таблица 22 – Коэффициент дождевого и снегового стока для различных городских территорий

Вид водосборной территории	Величина коэффициента стока ( $\psi$ )	
	Дождевой сток	Снеговой сток
Застроенные территории	0,6	0,6
Незастроенные территории	0,3	0,6
Парки, гравийные покрытия	0,3	0,6
Водонепроницаемые поверхности	0,7	0,9
Грунтовые поверхности	0,2	0,6
Газоны, зеленые насаждения	0,1	0,2

Значение коэффициента стока для всего водосборного бассейна рассчитывают по формуле

$$\Psi = \sum_{i=1}^n \alpha_i \psi_i, \quad (34)$$

где  $\alpha_i$  – весовые коэффициенты, равные по величине отношению площади, занимаемой данным видом покрытия, к общей водосборной площади;

$\psi_i$  – коэффициенты стока для разных видов покрытий.

Объем дождевых или снеговых сточных вод за год рассчитывается по формуле

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F \cdot H, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (35)$$

где  $\Psi$  – коэффициент стока дождевых или талых вод;

$F$  – площадь водосборной территории, га;

$H$  – слой осадков за теплый или холодный период года соответственно, мм.

Объем поливомоечных сточных вод определяется по формуле

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F_m \cdot m \cdot k, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (36)$$

где  $m$  – расход воды на мойку единицы площади, л/м<sup>2</sup>;

$k$  – количество моек в году;

$F_m$  – площадь обрабатываемых покрытий, га;

$\Psi$  – коэффициент стока поливомоечных сточных вод.

Значения всех параметров, входящих в эту формулу, определяются в соответствии со следующими нормативами:

– на мойку 1 м<sup>2</sup> площади расходуется от 1,3 литра воды;

– количество моек для условий города составляет 100 за год;

– площадь покрытий, нуждающихся в мойке, составляет 20 % от всей территории города;

– коэффициент стока поливомоечных сточных вод принимают равным 0,6.

Если на водосборной территории расположены большие парки или участки лесных массивов, проявляется эффект задержания части атмосферных осадков растительным покровом. В этом случае объем поверхностного стока уменьшается. Расчет количества задержанных атмосферных осадков производится по абсолютным нормам задержания (табл. 23).

Таблица 23 – Нормы задержания атмосферных осадков лесной растительностью

Вид растительности	Слой задержанных атмосферных осадков (Н <sub>з</sub> ), мм												
	Месяц												В год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Хвойный лес	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10	189
Лиственный лес	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2	79

Слой выпавших атмосферных осадков корректируется на величину задержанных осадков с учетом соотношения площадей, занятых различными видами деревьев, и всей водосборной площади. Объем дождевых или снеговых сточных вод определяется в этом случае по формуле

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F_m \cdot (H - H_3), \text{ м}^3/\text{год}, \quad (37)$$

где  $\Psi$  – коэффициент стока;

$F$  – площадь водосборной территории, га;

$H$  и  $H_3$  – слои выпавших и задержанных осадков соответственно, мм.

Общий объем поверхностного стока с водосборной территории за год определяется как сумма составляющих:

$$W = W_D + W_C + W_{ПМ},$$

где  $W_D$ ,  $W_C$  и  $W_{ПМ}$  – объемы дождевых, снеговых и поливомоечных сточных вод соответственно.

Суммарное значение годового выноса веществ с поверхностным стоком рассчитывается как

$$G = W_D \cdot C_D + W_C \cdot C_C + W_{ПМ} \cdot C_{ПМ}, \quad (38)$$

где  $C_D$ ,  $C_C$  и  $C_{ПМ}$  – концентрации веществ в дождевых, снеговых и поливомоечных сточных водах соответственно, г/м<sup>3</sup>.

#### **Практическая работа 4. Городские сточные воды**

**Цель работы:** получение практических навыков расчета общего объема поверхностного стока и годового выноса веществ с городской территории.

**Материалы и оборудование:** микрокалькулятор, ситуационный план или таблицы данных.

**Задание:** рассчитать сток воды, поступающей от различных источников природного и техногенного характера, а также объем содержащихся в ней веществ.

Ход работы:

1. Описать методику расчета поверхностного стока и годового выноса веществ с городской территории.

2. Выполнить расчет значений коэффициента поверхностного стока атмосферных осадков для всей городской территории с учетом агрегатного состояния осадков (табл. 24) и видов подстилающей поверхности (табл. 25).

3. Выполнить расчет значений коэффициента поверхностного стока поливомоечных сточных вод для города с данной площадью.

4. Определить общий объем водного поверхностного стока с городской территории за год.

5. По представленным данным о концентрации веществ в сточных водах (табл. 26), взвешенных веществ, нитратов и жиров определить общий объем стока этих веществ с городской территории.

Таблица 24 – Агрегатное состояние и количество осадков, выпадающих на территорию города

Вид осадков	Снег			Дождь						Снег		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество	45	50	52	63	55	53	56	46	35	39	38	40

Таблица 25 – Площадь видов подстилающей поверхности городской территории, км<sup>2</sup>

Категория территории	Вариант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Застроенные территории	85	56	63	55	113	41	96	215	125	312	96	70	55	33	96
Незастроенные территории	44	12	35	12	56	15	64	25	89	256	56	26	12	12	35
Парки, гравийные покрытия	2	2	10	2	23	2	8	16	4	52	5	4	2	1	1
Водонепроницаемые поверхности	12	22	18	22	78	25	52	23	55	186	22	56	22	16	56
Грунтовые поверхности	6	5	16	12	18	2	13	10	18	23	13	4	12	1	3
Газоны, зеленые насаждения	13	23	35	8	12	19	56	59	53	97	13	43	8	9	42
Хвойный лес	20	12	5	1	52	2	13	46	2	13	10	12	1	2	25
Лиственный лес	12	1	3	5	33	2	55	15	8	25	5	6	5	3	10

Таблица 26 – Концентрация веществ в сточных водах, мг/л

Вещество	Вариант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Дождевые воды															
Взвешенные вещества	66	56	79	85	46	59	38	56	84	75	65	42	38	86	51
Нитраты	50	23	24	21	26	25	28	30	21	16	18	16	14	19	22
Жиры	2,0	1,8	1,4	1,5	2,5	1,9	1,9	3,6	2,5	1,4	1,0	0,5	0,9	0,6	0,9
Снеговые воды															
Взвешенные вещества	52	63	54	89	25	36	34	29	52	47	39	41	43	50	32
Нитраты	8	15	24	21	18	17	16	12	17	14	18	16	13	12	11
Жиры	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,2	0,8	0,9	0,4	0,6	0,4	0,7	0,2	0,5	0,3
Поливомоечные воды															
Взвешенные вещества	110	95	98	113	125	162	120	95	105	120	77	82	93	28	21
Нитраты	23	12	16	26	23	16	17	21	34	50	42	12	31	24	21
Жиры	2,2	1,6	2,8	2,5	2,1	0,4	0,9	2,6	3,6	3,4	2,9	3,5	1,8	2,6	2,4

#### Лабораторная работа 4. Определение качества питьевой воды

Для водоснабжения используют поверхностные воды рек, озер, каналов, водохранилищ и прудов, а также подземные воды. Особенностью всех поверхностных вод являются сезонные колебания их состава, что в свою очередь проявляется в изменении таких показателей качества воды, как мутность, цветность, щелочность, жесткость, температура. Состав питьевой воды определяется совокупностью физико-географических условий (климат, рельеф местности, почвенный покров, характер растительности) и деятельностью человека (строительство ГЭС, регулирование стока, сброс сточных вод и пр.).

Выделяют три группы показателей, определяющих качество питьевой воды:

- 1) характеризующие органолептические свойства;
- 2) химический состав воды;
- 3) эпидемиологическую безопасность.

К основным физическим и органолептическим показателям питьевой воды относят запах, мутность, цветность, прозрачность, рН (водородный показатель), температура.

Органолептические свойства нормируются по интенсивности их восприятия человеком – это запах, привкус, цветность, прозрачность, мутность, температура, примеси (пленка, водные организмы).

*Температура.* Этот показатель зависит от происхождения источника водоснабжения, времени года. Температуру определяют сразу после отбора пробы или непосредственно в водоеме термометром с ценой деления 0,1 °С. Термометр держат в воде не менее 5 минут.

*Мутность.* Вода бывает мутной из-за присутствия в ней взвешенных частиц (глина, песок, ил, органические взвеси) и/или недостаточного качества очистки).

Существует несколько методов определения мутности воды: весовой, визуальный (сравнение мутности исследуемой воды со стандартным образцом), фотоэлектроколориметрический (основан на способности взвешенных частиц рассеивать свет).

*Запах.* В зависимости от происхождения запахи делят на две группы:

1) запах естественного происхождения (от живущих и умирающих в воде организмов, влияния берегов, дна, срубов колодцев, состояния водопроводной сети);

2) искусственного происхождения (от обработки водопроводной воды реагентами длительного хранения и пр.).

Запахи первой группы определяют при  $t = 20$  °С, второй – при  $t = 60$  °С. Запахи воды определяют по классификации, представленной в таблице 27.

Чистая природная и питьевая вода запахов не имеет.

Таблица 27 – Классификация запахов

Символ	Характеристика
А	Ароматный
Б	Болотный
Г	Гнилостный
Д	Древесный
З	Землистый
П	Плесневелый
Р	Рыбный
С	Сероводородный
Т	Травянистый
Н	Неопределенный
Х	Хлорный

Интенсивность запаха (вкуса) воды определяют по 5-балльной шкале (табл. 28).

Таблица 28 – Интенсивность запаха (вкуса)

Балл	Запах (вкус)	Описание определения
0	Отсутствует	Не ощущается
1	Очень слабый	Обнаруживается только опытным исследователем
2	Слабый	Обнаруживается потребителем только в том случае, если указать на него
3	Заметный	Обнаруживается потребителем, вызывает его неодобрение
4	Отчетливый	Обращает на себя внимание и делает воду непригодной для питья
5	Очень сильный	Делает воду совершенно непригодной для питья

*Цветность.* Это природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Гуминовые вещества, образующиеся при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в водоемы. Бывает, что цветность воды повышается из-за ненадлежащего качества очистки воды.

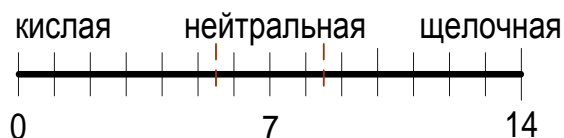
Чистая вода в малом объеме бесцветна, в толстом слое – голубоватого оттенка. Иные оттенки свидетельствуют о наличии в воде различных растворимых и взвешенных примесей.

Цветность воды определяется в *градусах цветности* колориметрическим методом: путем сравнения цвета исследуемой воды с эталонной шкалой (кобальто-бихроматовая), имитирующей эту окраску. Вода, имеющая цветность < 20 градусов, считается бесцветной.

Водородный показатель выражают величиной *pH* (*концентрация ионов водорода или активная реакция воды*), представляющей собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком:

$$pH = -\lg C_{H^+}. \quad (39)$$

*pH* определяют в интервале от 1 до 14.



*pH* большинства природных вод находится в пределах от 6,5 до 8,5 и зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и бикарбонат-иона ( $\text{HCO}_3^-$ ). Более низкие значения *pH* могут наблюдаться в кислых болотных водах. Летом при интенсивном фотосинтезе *pH* может повыситься до 9,0. Данный показатель является индикатором загрязнения открытых водоемов при выпуске в них кислых или щелочных сточных вод.

Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1074–01)

Запах	Мутность	Цветность	<i>pH</i>
≤ 2 балла	≤ 1,5 мг/л	≤ 20 град	6,5–8,5

**Цель работы:** определить физические и органолептические показатели питьевой воды (запах, мутность, цветность, *pH*), установить соответствие полученных данных санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам (СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения»).

**Оборудование, реактивы, материалы:**

- набор пробирок, конические колбы, цилиндры ( $V = 50$  мл), часовое стекло (калька);
- плитка, водяная баня, термометр;
- бумажные фильтры (белая лента);
- фотоэлектроколориметр (ФЭК), кюветы кварцевые  $L = 50$  мм; кобальто-бихроматовая шкала цветности;
- универсальная индикаторная бумага.

Ход работы:

*Опыт № 1. Определение запаха питьевой воды*



В пробе воды определить вид и интенсивность запаха при температуре 20 и 60 °С.

В коническую колбу объемом 250 мл на 2/3 ее объема налить воду из-под крана, предварительно слив первые порции, накрыть часовым стеклом или калькой, взболтать вращательными движениями, открыть и понюхать воду. Оценить вид и интенсивность запаха по табл. 1, 2. Эту же колбу закрыть плотно калькой и на водяной бане поднять температуру воды до 60 °С. Воду взболтать вращательным движением, снять кальку и втянуть носом воздух из колбы. Оценить вид и интенсивность запаха нагретой воды.

*Опыт № 2. Определение мутности питьевой воды*

*Устройство и подготовка к работе спектрофотометра*

По инструкции изучить правила работы на КФК-ЗКМ.

Спектрофотометр КФК ЗКМ представляет собой стационарный настольный лабораторный прибор, состоящий из оптико-механического и электронного узлов, смонтированных в корпусе. Спектрофотометр КФК-ЗКМ построен по однолучевой схеме. В приборе используется монохроматор с дифракционной решеткой. В качестве источника излучения используется галогенная лампа, а в качестве приемника – фотодиод. Вывод результатов измерений осуществляется на жидкокристаллический дисплей размером 128 × 64 пикселя.

Нормальные условия для работы КФК-ЗКМ: температура окружающей среды  $20 \pm 5$  °С, относительная влажность воздуха 45–80 %, напряжение питания сети 220 В, частота – 50 Гц.

Спектрофотометр состоит из следующих основных частей:

- галогенная лампа как источник света;
- монохроматор для выделения спектрального диапазона требуемых длин волн;
- кюветное отделение, служащее для размещения проб и калибровочных растворов;
- детектор для регистрации света и преобразования его в электрический сигнал;
- электроника, обеспечивающая проведение измерений и управление работой прибора;
- ЖК-дисплей для отображения меню рабочих режимов, результатов измерений и вспомогательной информации;
- панель управления. Колориметр состоит из соединенных оптического блока и блока питания (рис. 4).



*Рисунок 4 – Внешний вид КФК-3КМ*

Принцип работы спектрофотометра основан на сравнении светового потока, прошедшего через растворитель или раствор сравнения (холостой раствор), по отношению к которому производится измерение, и светового потока, прошедшего через исследуемый раствор.

Последовательность подготовки прибора к работе:

- 1) включить прибор в сеть;
- 2) прогреть 30 минут при открытой крышке кюветного отделения;
- 3) установить длину волны на нужный светофильтр;
- 4) поставить в кюветное отделение кювету с дистиллированной водой или другим раствором сравнения, закрыть крышку;
- 5) в основном режиме провести измерения и оптической плотности  $A$ , и процента пропускания  $T$  % растворов при заданной длине волны.

Установить КФК-3КМ на светофильтр с длиной волны  $\lambda$  530 нм. В одну чистую кювету длиной 50 мм налить до метки дистиллированную воду, в другую – водопроводную. Обе кюветы поместить в кюветодержатель прибора.

Установить по дистиллированной воде «ноль» шкалы оптической плотности  $D$ . Переместить ручку кюветодержателя так, чтобы в проходящий световой поток попала кювета с водопроводной водой. Замерить величину оптической плотности  $D_i$ . Мутность воды  $M_i$ , мг/л, определить графически по калибровочному графику  $D = f(M)$  (рис. 5). На оси оптической плотности найти значение  $D_i$ , определенное на приборе, провести линию до пересечения с калибровочной

кривой, опустить перпендикуляр на ось мутности. Это и будет значение мутности воды  $M_i$ , мг/л.

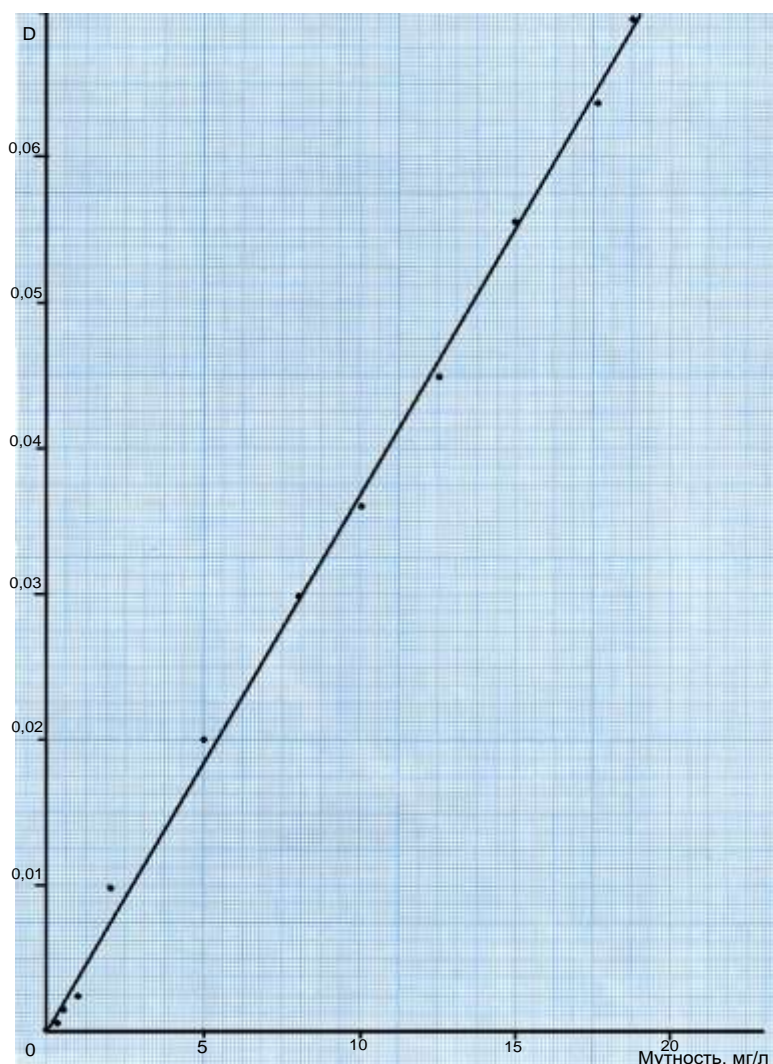


Рисунок 5 – Калибровочный график мутности воды ( $L = 50$  мм,  $\lambda = 530$  нм)

### Опыт № 3. Определение цветности питьевой воды

Цветность воды определяется визуально по кобальто-бихроматовой шкале цветности.

В цилиндр налить 50 мл исследуемой питьевой воды и, просматривая окраску контрольных растворов шкалы сверху вниз на белом фоне, найти тот цилиндр шкалы, в котором окраска совпадает с окраской питьевой воды. Записать *градус цветности*, соответствующий окраске питьевой воды.

Более точно цветность можно определить на фотоэлектроколориметре. Растворы с различной цветностью анализируют в кюветах

длиной 50 мм в синей части спектра на фоне дистиллированной воды. Значения определяются по калибровочному графику кобальто-бихроматовой цветности.

При цветности воды выше 35 градусов водопотребление ограничивается.

*Опыт № 4. Определение pH питьевой воды*

Для определения pH воды используется универсальная индикаторная бумага. С ее помощью можно определить pH с точностью до 0,2–0,3.

В стакан налить исследуемую воду, намочить полоску универсальной индикаторной бумаги, сравнить ее цвет со шкалой и определить значение pH питьевой воды.

Данные, полученные по анализу питьевой воды, занести в таблицу 30.

Таблица 30 – Показатели качества исследуемой питьевой воды

Образец	Запах				Мутность $D_i / M_i$ , мг/л	Цветность, град.	pH
	Вид при $t$ , °С		Интенсивность при $t$ , °С, баллы				
	20	60	20	60			
Исследуемая питьевая вода							
СанПиН 2.1.4.1074–01							

**Задание:** оценить качество водопроводной воды в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074–01. Определить, по каким показателям вода не соответствует требованиям.

**Контрольные вопросы**

1. Дайте определение загрязнению воды.
2. Перечислите вещества, вызывающие загрязнение воды.
3. Что такое очистка воды? Поясните.
4. Определите суть биологической очистки воды.
5. В чем отличие аэробной и анаэробной очистки воды? Поясните.

6. Охарактеризуйте аэротенк как средство защиты окружающей среды.
7. Механическая очистка воды. Поясните.
8. Дайте характеристику методам механической очистки воды. В чем достоинства и недостатки каждого метода?
9. Химическая очистка воды, дайте характеристику методов.
10. В чем суть обеззараживания воды? Поясните.
11. Какие методы обеззараживания воды существуют? Опишите достоинство и недостатки. Заполните таблицу 31.

Таблица 31 – Сравнительная оценка методов обеззараживания воды

Методы обеззараживания воды	Преимущества метода	Недостатки метода

## 5. ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ГОРОДАХ

Шумовое загрязнение – это превышение естественного уровня шума и ненормальное изменение шумовых характеристик (периодичности, силы звука и т. д.) на рабочих местах, в населенных пунктах и других местах вследствие работы транспорта, промышленных устройств, бытовых приборов и др. Главным источником шумового загрязнения городской территории являются транспортные потоки. Представление о размещении источников шума, его уровне и распространении в городе дает шумовая карта. По ней можно судить о состоянии шумового режима улиц, микрорайонов, всей городской территории. Карта шума города дает возможность регулировать уровень шума на жилой территории города, а также служит основой для разработки мер защиты.

Исходным параметром для расчета эквивалентного уровня звука, создаваемого в какой-либо точке на территории города потоком средств автомобильного транспорта (включая автобусы и троллейбусы), является шумовая характеристика потока  $L_{A\text{экв}}$  в дБА, определяемая по ГОСТ 20444-85 на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения транспорта:

$$L_{A\text{экв}} = 10 \cdot \lg Q + 13,3 \cdot \lg V + 4 \cdot \lg(1 + r) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15, \quad (40)$$

где  $Q$  – интенсивность движения, ед./ч;

$V$  – средняя скорость потока, км/ч;

$r$  – доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, % (к грузовым относятся автомобили грузоподъемностью 1,5 т и более);

$\Delta L_{A1}$  – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии  $\Delta L_{A1} = 0$ , при цементобетонном покрытии  $\Delta L_{A1} = +3$  дБА);

$\Delta L_{A2}$  – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА, определяемая по таблице 32.

Для дневного времени расчет следует проводить исходя из средней часовой интенсивности движения  $Q$  в течение 4-часового периода с наибольшей интенсивностью движения транспорта.

Таблица 32 – Поправка  $\Delta L_{A2}$ , учитывающая продольный уклон улицы или дороги

Продольный уклон улицы или дороги, %	$\Delta L_{A2}$ , дБА				
	Доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %				
	0	5	20	40	100
2	0,5	1	1	1,5	1,5
4	1	1,5	2,5	2,5	3
6	1	2,5	3,5	4	5
8	1,5	3,5	4,5	5,5	6,5
10	2	4,5	6	7	8

Ожидаемый эквивалентный уровень звука  $L_{A_{\text{экв.тер.2}}}$ , дБА, создаваемый потоком средств автомобильного транспорта в расчетной точке, определяется по формуле

$$L_{A_{\text{экв.тер.2}}} = L_{A_{\text{экв}}} - \Delta L_{A3} + \Delta L_{A4}, \quad (41)$$

где  $\Delta L_{A3}$  – снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси ближайшей полосы движения транспорта до расчетной точки, дБА, определяемое по рисунку 6;

$\Delta L_{A4}$  – поправка, учитывающая влияние отраженного звука, дБА, определяемая по таблице 33 в зависимости от отношения  $h_{p.t.}/B$ , где  $h_{p.t.}$  – высота расчетной точки над поверхностью территории; в общем случае высота расчетной точки принимается  $h_{p.t.} = 12$  м;

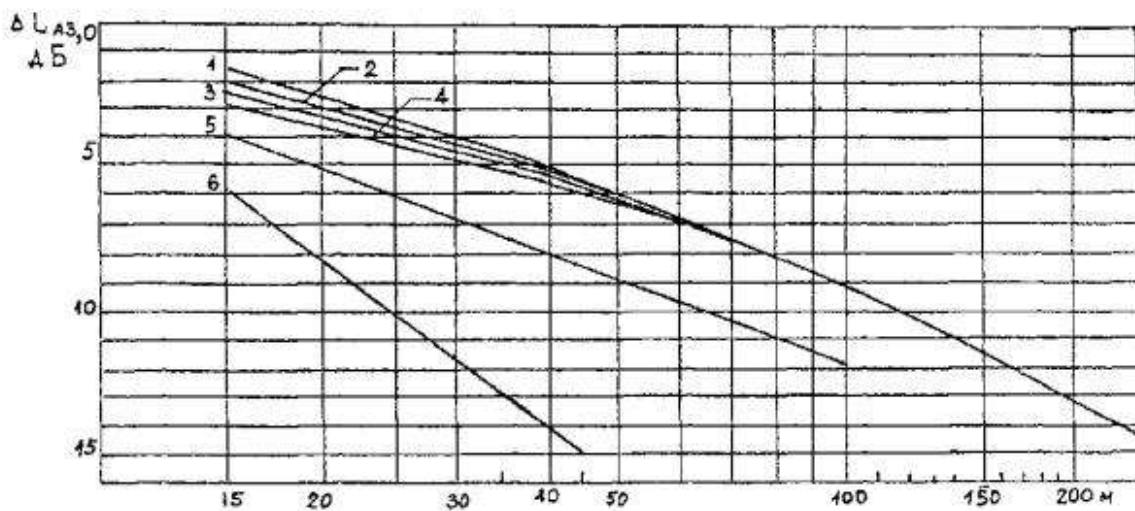
$B$  – ширина улицы (между фасадами зданий), м.

Для определения уровня шума в расчетной точке от двух или более транспортных магистралей шумовую характеристику потоков средств автомобильного транспорта  $L_{A_{\text{экв.}}}$  и эквивалентный уровень звука у фасада здания  $L_{A_{\text{экв.тер.2}}}$  следует определять отдельно для каждой магистрали. Полученные при этом эквивалентные уровни звука в расчетной точке должны быть просуммированы по энергии:

$$L_{A_{\text{экв.тер.2}}} = 10 \cdot \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{A_{\text{экв.}}i}} \right). \quad (42)$$

Шумовую характеристику потоков средств автомобильного транспорта и эквивалентный уровень звука у фасада здания при размещении между полосами проезжей части разных направлений дви-

жения бульваров и пешеходных аллей также следует определять раздельно для каждого направления движения.



Расстояние от проезжей части улицы или от трамвайного пути, м

Рисунок 6 – Снижение уровня звука с расстоянием: 1 – улица, 2 полосы движения; 2 – улица, 4 полосы движения; 3 – улица, 6 полос движения; 4 – улица, 8 полос движения; 5 – трамвай ( $L_{Aэкв.}$ ); 6 – трамвай ( $L_{Aмакс.}$ )

Таблица 33 – Поправка  $\Delta L_{A4}$ , учитывающая влияние отраженного звука

Тип застройки	Односторонняя	Двусторонняя				
		отношение $h_{р.т.}/B$				
		0,05	0,25	0,4	0,55	0,7
$\Delta L_{A4}$ , дБА	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

### Практическая работа 5. Расчет шумового загрязнения городской территории

**Цель работы:** освоение методики создания шумовой карты на основе расчетных данных.

**Материалы и оборудование:** микрокалькулятор, план участка городской территории, чертежные принадлежности.

**Задание:** определить пространственное распределение уровня шума от автомобильных магистралей на участке городской территории.

Ход работы:

1. Описать методику расчета шумовой характеристики транспортного потока и ожидаемого эквивалентного уровня звука.



2. Рассчитать уровень шума для расчетных точек на территории, изображенной на плане (рис. 7) по представленным данным (табл. 34). Результаты расчета занести в таблицу и на план.

Номер точки	Уровень шума от магистрали А	Уровень шума от магистрали Б	Суммарный уровень шума

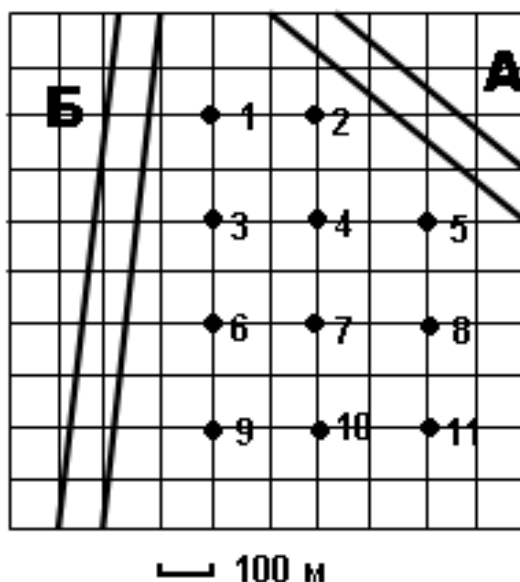


Рисунок 7 – План участка города для расчета шумового загрязнения:  
 А, Б – магистрали; 1, 2, 3... – расчетные точки

Таблица 34 – Варианты заданий к практической работе

Вариант	Магистраль	Q, ед./ч	Уклон, %	Пок-рытие	r, %	V, км/ч	B, м	Кол-во полос
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	А	5200	4	АБ	20	45	30	2
	Б	4100	6	ЦБ	5	30	45	2
2	А	6400	2	АБ	5	60	40	4
	Б	9800	4	ЦБ	0	55	55	4
3	А	5200	4	АБ	5	45	35	4
	Б	4500	10	АБ	20	35	45	2
4	А	3600	6	АБ	5	40	30	2
	Б	2800	8	ЦБ	5	45	30	4
6	А	4100	4	ЦБ	40	60	35	2
	Б	5700	2	АБ	5	65	40	4
7	А	5900	6	ЦБ	20	65	40	4
	Б	2600	6	ЦБ	5	65	50	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	А	3200	6	АБ	40	55	45	4
	Б	4200	4	АБ	40	45	35	2
9	А	2100	4	АБ	20	50	40	2
	Б	5100	6	ЦБ	20	60	40	4
10	А	3900	4	АБ	40	60	45	4
	Б	3200	2	ЦБ	20	55	35	4
11	А	5200	8	ЦБ	5	65	35	4
	Б	4200	10	АБ	5	55	50	2
12	А	1800	8	АБ	5	50	50	4
	Б	2500	2	АБ	20	45	34	4
13	А	3400	8	ЦБ	50	40	40	4
	Б	2900	6	АБ	5	35	45	2
14	А	3600	10	АБ	5	45	40	4
	Б	5600	2	ЦБ	0	55	45	4
15	А	4800	4	АБ	20	40	35	2
	Б	2700	10	ЦБ	5	60	40	4

3. Провести интерполяцию и вычертить карту шумового загрязнения территории в изолиниях в масштабе 1:10 000. При необходимости уточнения изолиний провести расчеты шума на дополнительных точках.

4. Сделать вывод.

### **Лабораторная работа 5. Оценка шумового загрязнения окружающей среды**

**Цель:** оценить шумовое загрязнение окружающей среды вблизи автомагистралей, перекрестков, в учебных аудиториях, студенческой столовой.

**Материалы и оборудование:** измеритель уровня звука АТТ-9000 (шумомер).

#### ***Теоретическая часть***

Шум – беспорядочные звуковые колебания, одна из форм загрязнения окружающей среды. Является широко распространенным стрессором.

Слух человека воспринимает звуковые колебания от 16 до 20 000 Гц (наибольшая чувствительность от 50 до 5000 Гц). Слухом не воспринимается ультразвук (колебания выше 20 000 Гц) и инфразвук (ниже 16 Гц). Сила звука измеряется в децибелах (дБ). По частоте выделяют

низкочастотные шумы (ниже 350 Гц); среднечастотные шумы (от 350 до 800 Гц); высокочастотные (выше 800 Гц).

Шум обычно выделяют:

- по месту (дом, производство, улица и т. д.), где оценивается шум (бытовой, производственный, уличный);
- источнику шума (авиационный, автомобильный, шум от котельной и т. д.);
- физическим особенностям передачи (например, шум удара, передаваемый жильцам нижних этажей через толщу бетона; шум, передаваемый по воздуху) и др.

Ниже приведены примеры уровня шума, причем децибелы указаны для частоты 1000 Гц (табл. 35).

*Допустимый уровень* шума зависит от местоположения, назначения помещения (например, палаты больниц и санаториев, жилой дом), времени суток (день, ночь) и других факторов. В жилых помещениях уровень шума не должен превышать 40 дБ (ночью) и 50 дБ (днем). На производстве зависит от вида трудовой деятельности (например: научная работа, творчество, преподавание – 40 дБ; физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью – 80 дБ и т. д.).

Таблица 35 – Примеры уровня шума для частоты 1000 Гц

Среда	Децибелы
Тихий сад	30
Комната ночью	32
Тихий шепот на расстоянии 1 м	35
Жилой район без уличного движения	40
Комната днем	45
Деревня в 3 м от ручья	50
Маленький магазин	55
Универмаг	60
Помещение, где работает 10 пишущих машинок	65
В движущейся легковой машине	70
В поезде метро	75
Звон будильника на расстоянии 0,6 м	80
В реактивном самолете	85
В пассажирском самолете при взлете	100
В цеху ткацкой фабрики	105
В 1 м от пневмического молота	120
В 3 м от мотора реактивного самолета	140

***Воздействие на организм.*** Шум оказывает влияние на организм в целом, вызывая сердечно-сосудистые заболевания, атеросклероз, нарушения центральной нервной системы (ощущение хронической усталости, бессонница, раздражительность, падение работоспособности, уменьшение объема внимания, ухудшение памяти), нарушение слуха (вплоть до полной глухоты).

Особая опасность шума заключается в том, что он действует не на ограниченный контингент профессионалов, работающих в какой-то области, а практически на население в целом (в Западной Европе более половины населения проживает в зонах с уровнем шума 55–65 дБ). Уровень акустического загрязнения больших городов остается очень высоким и продолжает увеличиваться. В среднем 30–40 % городского населения России подвергаются вредному воздействию городских шумов, основным источником которых является автотранспорт. В крупных городах России, в частности в Москве, эквивалентные уровни шума на магистралях достигают 78–85 дБ, на жилых территориях – 66–72 дБ, в жилых помещениях – 55–63 дБ и выше, что приводит к акустическому дискомфорту (ухудшению состояния здоровья, снижению трудоспособности жителей города и населенных пунктов). В соответствии с принятыми санитарными нормами допустимый шум в жилых помещениях не должен быть более 30 дБ в ночное время и 40 дБ в дневное время. Так, в США до 50 % городского населения страдает от шума. От 10 до 12 % жителей европейских городов подвержены дорожному шуму выше 65 дБ. Шум автотранспортного потока зависит от шума, создаваемого одиночным автомобилем, состава автотранспортного потока (автомобилей различного типа в потоке), интенсивности движения автомобилей, режима движения автомобилей (скорость, ускорение, замедление, равномерное движение), технического состояния автомобилей, характера и состояния дорожного покрытия, рельефа местности, атмосферных условий.

Шум вызывает также разнообразные нарушения у животных, являясь одним из распространенных факторов беспокойства.

***Комплекс мероприятий по снижению воздействия шума:***

1. *Архитектурно-планировочные* (установление зон вокруг промышленных предприятий, устройство защитных полос, свободная застройка жилых районов; размещение аэропортов за городом; удаление жилых зданий от магистралей; применение зеленых насаждений; рациональное расположение домов).

2. *Строительные* (дополнительная звукоизоляция с помощью «плавающего пола» на слое пористой резины, что позволяет резко снизить передачу шумов, удара в зданиях; рациональное расположение спальных комнат в квартирах; применение перекрытий, стен и окон с хорошей звукоизоляцией и т. д.).

3. *Технические* (уменьшение шума машин, выбор малошумных процессов и т. д.).

4. *Технологические* (защита для персонала – использование шумоизолированных кабин, дистанционное управление шумными машинами).

5. *Организационные* (защита для персонала – уменьшение времени пребывания в условиях действия шума и др.).

6. *Индивидуальные* (вкладыши, наушники, специальные шлемы).

Из-за большого количества переменных для системных количественных оценок уровней шума, генерируемых автотранспортными средствами, применяют два основных метода испытаний: оценка шума одиночного автомобиля и измерение шума автотранспортного потока.

### ***Практическая часть***

1. Обучающиеся выбирают места измерения уровня шума вне учебного заведения (улицы, перекрестки, скверы, детские площадки и т. п.) и внутри здания.

2. Измеряют величину шума в децибелах в выбранных пунктах с помощью шумомера (рис. 8).

3. Проводят сравнение уровня зарегистрированного шума с предельно допустимыми значениями.

*Подготовка прибора к работе:*

1. Аккуратно снимите крышку батарейного отсека 8.

2. Установите элемент питания в батарейный отсек. При установке соблюдайте полярность!

3. Закройте крышку батарейного отсека. Прибор готов к работе.

*Порядок работы с прибором:*

1. Для выполнения измерений уровня звука переключатель ползункового типа 4 установите в положение А или С.

*Примечания:*

а) таблица весовых коэффициентов по шкале А и шкале С приведена ниже (табл. 36, 37);

б) весовые характеристики шкалы А предназначены для работы в диапазоне частот звуков, воспринимаемых человеческим ухом. При измерениях уровней звуков окружающей среды необходимо, как правило, выбрать шкалу А;

в) весовые характеристики шкалы С находятся вблизи плоской части частотной характеристики. Это используется, как правило, для контроля уровня шума, создаваемого различными механизмами (контроля добротности) и выявления истинных уровней звука испытываемого оборудования.

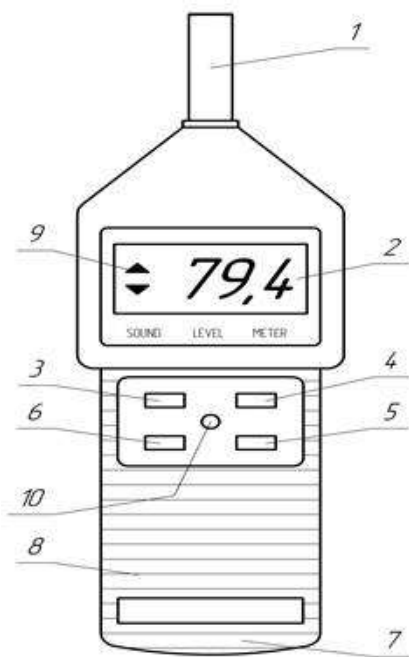


Рисунок 8 – Измеритель уровня звука АТТ-9000 (шумомер):

1 – электрический микрофон конденсаторного типа; 2 – дисплей; 3 – выключатель питания прибора и выбора типа выходного сигнала; 4 – переключатель шкал А и С; 5 – переключатель временных режимов (быстрый/медленный) и режима удержания максимальных значений; 6 – переключатель диапазонов; 7 – разъем выходного сигнала; 8 – отсек батареи питания и крышка отсека; 9 – индикатор выхода измеренного значения за пределы диапазона (выше – ниже); 10 – регулятор для выполнения калибровки прибора (переменный резистор для точной регулировки)

2. При помощи переключателя 6 подберите соответственный диапазон измерений таким образом, чтобы минимизировать допуски отсчетов. Если в левом углу дисплея на ЖКИ индицируется символ «А» или символ «V» (индикатор выхода за пределы диапазона (выше – ниже) 9), то это свидетельствует о том, что выбранные пределы диапазона в децибелах либо превышают измеренное значение, либо ниже его. Для проведения измерений переключатель ползункового типа необходимо переключить на другой диапазон.

3. В зависимости от источника звука, уровень которого измеряется, переключатель временного взвешивания 5 установите либо в положение «Fast» (быстро), либо в положение «Slow» (медленно).

4. Направьте микрофон на источник шума, при этом на дисплее высветится результат измерения в децибелах (дБ).

5. Если при измерениях уровня звука возникает необходимость запомнить максимальное (пиковое) значение на дисплее, переключатель (5) установите в положение «MAX. HOLD» фиксации максимальных значений.

При измерениях долговременной стабильности при медленных изменениях шумовых характеристик окружающей среды необходимо пользоваться именно функцией фиксации максимальных значений с тем, чтобы иметь возможность отсчета этих максимальных значений.

Перемещение переключателя в положение «Fast» или в положение «Slow» приведет к тому, что значения, сохраненные в режиме фиксации максимальных значений, будут утрачены.

Необходимо правильно выбирать положение переключателя весовых функций (взвешивание по шкале А или взвешивание по шкале С). Обычно этот переключатель устанавливается в положение, соответствующее шкале А.

С тем чтобы минимизировать допуски отсчетов, необходимо правильно выбрать диапазон измерений.

Содержите микрофон сухим и не подвергайте его воздействию сильных вибраций.

6. Прибор имеет разъем диаметром 3,5 мм для подключения анализатора, регистратора уровней звука, ленточного регистратора, контроллера и т. п. В соответствии с тем, что вам необходимо, переключатель (3) установите либо в положение AC (сигнал переменного тока), либо в положение DC (сигнал постоянного тока).

Таблица 36 – Весовые коэффициенты шкал А и С

Частота, Гц	Шкала А	Шкала С
31,5	-39,4 дБ	-3 дБ
63	-26,2 дБ	-0,8 дБ
125	-16,1 дБ	-0,2 дБ
250	-8,6 дБ	0 дБ
500	-3,2 дБ	0 дБ
1 к	0 дБ	-0 дБ
2 к	1,2 дБ	-0,2 дБ
4 к	1 дБ	-0,8 дБ
8 к	-1,1 дБ	-3 дБ

Таблица 37 – Временные весовые коэффициенты  
(быстрый и медленный режимы)

Режим	Максимальное отклонение
F (Fast) (Быстрый режим)	-1 дБ
S (Slow) (Медленный режим)	-4,1 дБ

Появление в левой части дисплея надписи «BAT» свидетельствует о том, что напряжение батареи питания упало ниже 6,5...7,5 В. При этом батарею питания необходимо заменить.

*Оформление результатов измерений:* полученные результаты запишите в таблицу.

### Результаты измерений

Измерение	Характеристика обследуемой территории	Уровень шума, дБ	ПДУ, дБ

**Задание:** сравните результаты, полученные на разных опытных участках. Сделайте выводы.

### Контрольные вопросы

1. Какие причины возникновения шумов вы знаете? Поясните.
2. Дайте характеристику направлениям защиты окружающей среды от шумового воздействия. Заполните таблицу.

Характеристика направлений защиты окружающей среды  
от шумового воздействия

Номер п/п	Направление защиты окружающей среды от шумового воздействия	Характеристика



## 6. ГОРОДСКИЕ ОТХОДЫ

Твердые бытовые отходы (ТБО) – непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта, которые регулярно выбрасываются человеком.

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию ТБО являются полигоны. Современные полигоны ТБО – это комплексные природоохранные сооружения, предназначенные для обезвреживания и захоронения отходов. Полигоны должны обеспечивать защиту от загрязнения отходами атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствовать распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Размеры земельных участков, отводимых под полигон, рассчитываются из условия 0,02...0,05 га на 1000 т ТБО. Теоретическая вместимость полигона на расчетный срок эксплуатации (15...30 лет) определяется по формуле

$$V\Pi = (Y_1 + Y_2) (N_1 + N_2) T K_2 / 4K_1, \quad (43)$$

где  $Y_1, Y_2$  – удельные годовые нормы накопления отходов в первый и последний годы эксплуатации полигона, т/чел.;

$N_1, N_2$  – численность населения, обслуживаемого полигоном, на первый и последний годы эксплуатации, чел.;

$T$  – расчетный срок эксплуатации полигона, годы;

$K_1$  – коэффициент уплотнения ТБО, равный отношению плотности ТБО после уплотнения к плотности ТБО, доставляемых мусоровозами на полигон (зависит от массы грунтоуплотняющей машины и толщины изолирующего слоя);

$K_2$  – коэффициент, учитывающий увеличение объема полигона за счет устройства наружных и внутренних изолирующих слоев (зависит от изолирующего материала – грунта, забираемого из основания полигона, или привозного).

Удельная годовая норма накопления ТБО по объему за второй год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста ее по объему на 3 %, то есть  $Y_2 = Y_1 + (1,03) \cdot T$ .

Коэффициент  $K_1$ , учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона за весь срок  $T$  определяется по таблице 38 с учетом массы бульдозера или катка.

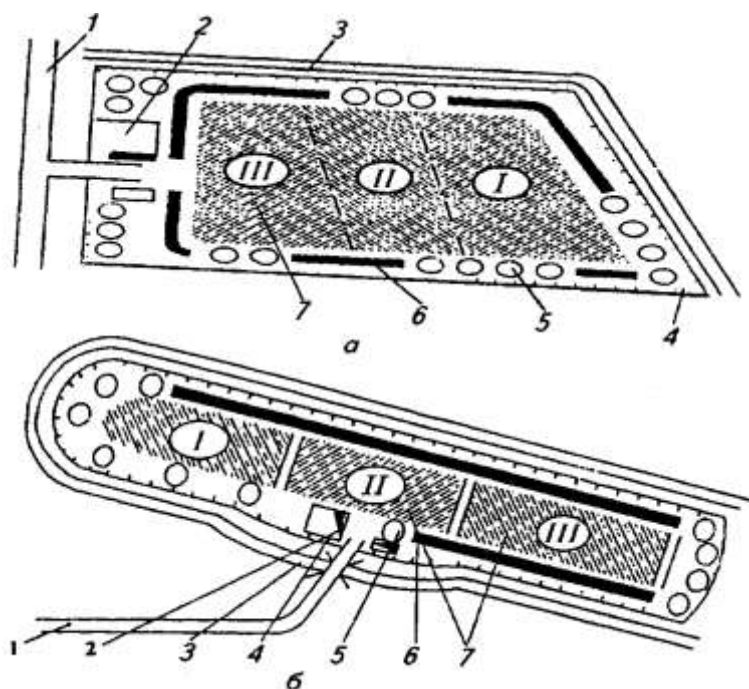


Рисунок 9 – Схема размещения основных сооружений полигона:

*а* – при соотношении длины и ширины полигона 2:1; *б* – при соотношении более 3:1; 1 – подъездная автодорога; 2 – хозяйственная зона; 3 – нагорный канал; 4 – ограждение; 5 – зеленая зона; 6 – кавальер минерального грунта для изоляции слоев ТБО; 7 – участки складирования отходов; I, II, III – очереди эксплуатации

Таблица 38 – Возможные значения коэффициента  $K_1$

Масса бульдозера или катка, т	Полная проектируемая высота полигона, м	$K_1$
3–6	20–30	3,0
12–14	менее 20	3,7
12–14	20–30	4,0
20–22	50 и более	4,5

Коэффициент  $K_2$ , учитывающий объем изолирующих слоев грунта, в зависимости от общей высоты определяют по таблице 39.

Таблица 39 – Возможные значения коэффициента  $K_2$

Высота, м	5,25	7,50	9,75	12–15	16–39	40–50	Более 50
$K_2$	1,37	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16

Площадь участка складирования ТБО определяют по формуле

$$S_{У.С.} = 3 \cdot V \cdot \Pi / H, \quad (44)$$

где  $H$  – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит

$$S = 1,1 \cdot S_{У.С.} + S_{\text{доп}},$$

где  $S_{\text{доп}}$  – площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнера (в среднем  $S_{\text{доп}} = 1,0$  га).

Нормируемый размер санитарно-защитной зоны (СЗЗ) полигона составляет 500 м. Создание полигонов и СЗЗ вокруг них требует отчуждения больших земельных площадей (40...200 га). Полигоны нельзя размещать ближе 15 км от аэропортов. Не допускается размещение полигонов на территории 1-го и 2-го поясов зон санитарной охраны водоисточников, в местах массового отдыха населения и оздоровительных учреждений.

При выборе участка для размещения полигона учитывают гидрологические условия местности. Грунтовые воды на участке полигона должны залегать на глубине более 2 м. Нельзя использовать под полигоны болота, затопляемые территории, районы геологических разломов. Предпочтение отдается участкам залегания водоупорных пород – глин, суглинков.

На количественную характеристику выбросов загрязняющих веществ с полигонов отходов влияет большое количество факторов, среди которых:

- климатические условия;
- рабочая (активная) площадь полигона;
- сроки эксплуатации полигона;
- количество захороненных отходов;
- мощность слоя складированных отходов;
- соотношение количества завезенных бытовых и промышленных отходов;
- морфологический состав завезенных отходов;
- влажность отходов;
- содержание органической составляющей в отходах;
- содержание жироподобных, углеводородных и белковых веществ в органике отходов;
- технология захоронения отходов.

Продуктом анаэробного разложения органической составляющей отходов является биогаз, представляющий собой в основном смесь метана и углекислого газа. Система сбора биогаза состоит из нескольких рядов вертикальных колодцев (газодренажных скважин)

или горизонтальных траншей. Последние заполнены песком или щебнем и перфорированными трубами.

Удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении применительно к абсолютно сухому веществу отходов определяется по уравнению

$$Q = 10^{-4} \cdot R \cdot (0,92 \cdot A + 0,62 \cdot O + 0,34 \cdot A), \quad (45)$$

где  $Q$  – удельный выход биогаза за период его активной генерации, кг/кг отходов;

$R$  – содержание органической составляющей в отходах, %;

$Ж$  – содержание жироподобных веществ в органике отходов, %;

$У$  – содержание углеводородных веществ в органике отходов, %;

$Б$  – содержание белковых веществ в органике отходов, %.

$R$ ,  $Ж$ ,  $У$  и  $Б$  определяются анализами забираемых проб отходов.

В реальных условиях отходы содержат определенное количество влаги, которая сама по себе биогаз не генерирует. Следовательно, выход биогаза, отнесенный к единице веса реальных влажных отходов, будет меньше, чем отнесенный к той же единице абсолютно сухих отходов в  $10^{-2} (100 - W)$  раз, так как в весовой единице влажных отходов абсолютно сухих отходов, генерирующих биогаз, будет всего  $10^{-2} (100 - W)$  от этой единицы (здесь  $W$  – фактическая влажность отходов, %, определенная анализаторами проб отходов).

С учетом вышесказанного уравнение выхода биогаза при метановом брожении реальных влажных отходов принимает вид:

$$Q_w = 10^{-6} \cdot R \cdot (100 - W) \cdot (0,92 \cdot A + 0,62 \cdot O + 0,34 \cdot A), \quad (46)$$

где сомножитель  $10^{-2} (100 - W)$  учитывает, какова доля абсолютно сухих отходов в общем количестве реальных влажных отходов.

Количественный выход биогаза за год (кг/т отходов в год), отнесенный к одной тонне отходов, определяется по формуле

$$P_{\text{год}} = \frac{Q_w}{t_{\text{год}}}, \quad (47)$$

где  $t_{\text{сбр}}$  – период полного сбраживания органической части отходов, лет, определяемый по приближенной эмпирической формуле

$$t_{\text{н.д.}} = \frac{10248}{T_{\text{д.д.}} \cdot t_{\text{н.д.}}^{0,301966}}, \quad (48)$$

где  $t_{\text{ср.тепл}}$  – средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твердых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО) за теплый период года ( $t > 0$ ), °С;

$T_{\text{тепл}}$  – продолжительность теплого периода года в районе полигона ТБО и ПО, дни; 10248 и 0,301966 – удельные коэффициенты, учитывающие термическое разложение органики.

Для определения плотности биогаза,  $\text{кг/м}^3$ , применяют формулу

$$\rho_{\text{д.д.}} = 10^{-6} \cdot \sum_{i=1}^n C_i, \quad (49)$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го компонента в биогазе,  $\text{мг/м}^3$ .

Используя полученные анализами концентрации компонентов и биогазе и рассчитанную его плотность, определяется весовое процентное содержание этих компонентов в биогазе:

$$C_{\text{д.д.и}} = 10^{-4} \cdot \frac{C_i}{\rho_{\text{д.д.}}}, \quad (50)$$

По рассчитанным количественному выходу биогаза за год, отношению к тонне отходов, и весовым процентным содержаниям компонентов в биогазе определяют удельные массы компонентов,  $\text{кг/т}$  отходов в год, по формуле

$$P_{\text{д.д.и}} = \frac{C_{\text{д.д.и}} \cdot D_{\text{д.д.и}}}{100}. \quad (51)$$

Для расчета величин выбросов подсчитывается количество активных отходов, стабильно генерирующих биогаз, с учетом того, что период стабильного активного выхода биогаза в среднем составляет 20 лет и что фаза анаэробного стабильного разложения органической составляющей отходов наступает спустя в среднем 2 года после захоронения отходов, т. е. отходы, завезенные в последние два года, не входят в число активных.

Таким образом, если полигон функционирует менее 20 лет, то учитываются все отходы, за исключением завезенных в последние 2 года, а если полигон функционирует более 20 лет, то учитываются только отходы, завезенные в последние 20 лет, за исключением отходов, ввезенных в последние 2 года.

Максимальные разовые выбросы  $i$ -го компонента биогаза с полигона, г/с, определяют по формуле

$$M_i = 0,01 \cdot \tilde{N}_{\text{ааи.и}} \cdot M_{\text{нô}} , \quad (52)$$

где

$$M_{\text{нô}} = \frac{P_{\text{аи}} \sum D}{86,4 \cdot \tilde{D}_{\text{аи}}}, \quad (53)$$

где  $\sum D$  – количество активных, стабильно генерирующих биогаз отходов, т;

$T_{\text{тепл}}$  – продолжительность теплого периода года в районе полигона ТБО, дней.

Биогаз образуется неравномерно в зависимости от времени года. При отрицательных температурах процесс «мезофильного сбраживания» (до 55 °С) органической части ТБО и ПО прекращается, происходит так называемое «законсервирование» до наступления более теплого периода года ( $t_{\text{ср.мес.}} > 0$  °С).

Приведенная формула для вычисления максимального разового выброса  $i$ -го компонента справедлива только в теплый период года ( $t_{\text{ср.мес.}} > 8$  °С). При обследовании в более холодное время ( $0 < t_{\text{ср.мес.}} \leq 8$  °С), что нецелесообразно хотя бы из-за дополнительных погрешностей измерения, в формуле следует применять повышающий коэффициент неравномерности образования биогаза 1,3.

С учетом коэффициента неравномерности валовые выбросы  $i$ -го загрязняющего вещества с полигона, т/год, определяют по формуле

$$G_i = 0,01 \cdot C_{\text{ааи.и}} \cdot G_{\text{нô}} , \quad (54)$$

где  $a$  и  $b$  – периоды, соответственно, теплого и холодного периода года в месяцах ( $a$  при  $t_{\text{ср.мес.}} > 8$  °С,  $b$  – при  $0 < t_{\text{ср.мес.}} \leq 8$  °С).

## Практическая работа 6. Полигоны ТБО и их влияние на окружающую среду

**Цель работы:** получение практических навыков определения основных показателей полигонов твердых бытовых отходов, характеризующих степень из воздействия на окружающую среду.

**Материалы и оборудование:** микрокалькулятор

**Задание:** рассчитать площадь полигона твердых бытовых отходов и объем выделяющегося при разложении отходов биогаза в целом и по компонентам.

Ход работы:

1. Описать методику расчета площади полигона и объема биогаза.
2. Выполнить расчет площади полигона по представленным данным (табл. 40–41).

Таблица 40 – Среднемесячные температуры воздуха в районе полигона

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура, °С	-10	-9	-4	+4	+12	+16	+18	+16	+10	+4	-2	-8

3. Рассчитать удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении и количественный выход биогаза за год.

4. Определить плотность выделяющегося биогаза, если концентрации его компонентов, полученные анализами, следующие ( $\text{мг/м}^3$ ):  $\text{CH}_4 - 1,25$ ;  $\text{CO}_2 - 0,78$ ;  $\text{N}_2 - 0,02$ ;  $\text{H}_2\text{S} - 0,01$ .

Таблица 41 – Варианты заданий к практической работе

Показатель	Вариант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Расчетный срок эксплуатации, лет	15	20	30	25	30	30	25	20	15	30	30	30	25	30	25
Численность населения, тыс. чел.:															
– в первый год	58	75	105	84	59	110	35	26	45	52	34	47	86	95	78
– в последний год	61	79	112	88	65	116	39	30	48	61	41	52	92	103	82
Накопление отходов в первый год, т/чел.	0,28	0,25	0,29	0,24	0,26	0,25	0,29	0,31	0,32	0,24	0,27	0,26	0,28	0,24	0,20
Масса катка-уплотнителя, т	5	12	12	12	20	22	6	14	14	20	4	12	13	6	12
Проектируемая высота, м	25	15	25	30	50	55	30	18	20	55	23	30	16	26	21
Содержание органической составляющей, %	40	62	60	59	65	57	49	69	72	75	63	68	57	52	64
Содержание в органической составляющей веществ, %:															
– жироподобных;	12	16	25	18	26	34	17	22	12	14	21	20	16	18	19
– углеводородных;	35	42	38	24	31	22	27	21	29	19	18	22	26	20	24
– белковых	53	42	37	58	43	44	56	57	59	67	61	58	58	62	57
Влажн. отходов, %	10	12	16	12	11	18	16	14	12	8	5	11	14	12	12



5. Рассчитать весовое процентное содержание компонентов и их удельные массы, максимальные разовые выбросы и валовые выбросы. Результаты занести в таблицу.

Компонент	Концентрация в биогазе, мг/м <sup>3</sup>	Весовое содержание, %	Удельная масса, кг/т отходов в год	Максимальные разовые выбросы, г/с	Валовые выбросы, т/год
Метан					
Диоксид углерода					
Азот					
Сероводород					

6. Сделать вывод, письменно ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое твердые бытовые отходы?
2. Полигон ТБО и его характеристики.
3. Какие факторы влияют на выбросы загрязняющих веществ с полигонов?
4. Методика расчета выброса биогаза с полигона ТБО и отдельных его компонентов.

### **Лабораторная работа 6. Оценка радиационного состояния окружающей среды**

**Цель:** оценить радиационное состояние окружающей среды и ее компонентов с помощью дозиметра.

**Материалы и оборудование:** прибор – индикатор радиоактивности НЕЙВА ИР-002.

#### **Теоретическая часть**

Радиоактивностью называют самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер или элементарных частиц. Характерным признаком, отличающим ее от других видов ядерных превращений, является самопроизвольность (спонтанность) этого процесса. Различают естественную и искусственную радиоактив-

ность. Естественная радиоактивность встречается у неустойчивых ядер, существующих в природных условиях. Искусственной называют радиоактивность ядер, образующихся в результате различных ядерных реакций.

Радиоактивное излучение бывает трех типов:  $\alpha$ ,  $\beta$ , и  $\gamma$ .

**$\alpha$ -излучение** отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает высокой ионизирующей и малой проникающей способностью (поглощается слоем алюминия толщиной 0,05 мм), это поток ядер гелия.

**$\beta$ -распад** заключается во внутриядерном взаимном превращении нуклонов (нейтрона в протон и обратно).

**$\beta$ -излучение** представляет собой поток электронов (позитронов), оно отклоняется электрическим и магнитным полями, его ионизирующая способность примерно на два порядка меньше, а поглощающая способность гораздо больше (поглощается слоем алюминия толщиной 2 мм), чем у  $\alpha$ -частиц. Коэффициент поглощения  $\beta$ -излучения, которое сильно рассеивается в веществе, сильно зависит не только от свойств вещества, но и от размеров и формы тела, на которое падает бета-излучение.

**$\gamma$ -излучение** не отклоняется электрическим и магнитным полями, обладает относительно слабой ионизирующей способностью и очень большой проникающей способностью (проходит через слой свинца толщиной 5 см). При прохождении через кристаллическое вещество наблюдается дифракция  $\gamma$ -излучения.  $\gamma$ -излучение – это коротковолновое электромагнитное излучение с чрезвычайно малой длиной волны – меньше  $10^{-10}$  м.

Многие радиоактивные процессы сопровождаются излучением  $\gamma$ -квантов.

**Радиоактивностью** является также спонтанное деление ядер, протонная активность и др. Понятие радиоактивности иногда распространяется и на превращения элементарных частиц.

**Радиационный фон** – это ионизирующее излучение земного и космического происхождения, постоянно воздействующее на человека. В радиационный фон не входят местные радиационные загрязнения окружающей среды в результате деятельности человека, равно как и облучение на производстве или при рентгенодиагностике и других медицинских процедурах. Величина природного радиационного фона в определенных регионах Земли относительно постоянна.

Различают естественный, технологически измененный естественный и искусственный радиационный фон. *Естественный радиационный фон* обусловлен космическим излучением и излучением природных радионуклидов. *Технологически измененный радиационный фон* формируется за счет природных источников ионизирующего излучения, например, излучения рассеянных в окружающей среде естественных радионуклидов, извлеченных из недр Земли вместе с полезными ископаемыми или содержащихся в строительных материалах. *Искусственный радиационный фон* – глобальное загрязнение окружающей среды образующимися при расщеплении ядер урана и плутония искусственными радионуклидами; возник после начала испытаний ядерного оружия, а также частично за счет сброса атомными электростанциями благородных газов, углерода и трития. Искусственный радиационный фон в масштабах земного шара в среднем оставляет 1–3 % естественного радиационного фона.

Мерой радиационного фона на местности является мощность экспозиционной дозы. На территории нашей страны на местности (высота 1 м от поверхности земли) радиационный фон колеблется в основном в пределах 5–25 мкР/ч. В местах залегания гранитов и других минералов, содержащих повышенные концентрации урана и радия, величина радиационного фона и соответственно мощность дозы внешнего облучения на местности может достигать более 60 мкР/ч (норматив радиационной безопасности).

В медицинской практике радиационный фон оценивают по мощности поглощенной дозы в тканях организма, формируемой как внешним облучением, так и внутренним вследствие воздействия естественных радионуклидов, содержащихся в организме.

Влияние радиационного фона на здоровье человека полностью не выяснено. Некоторые специалисты считают, что человек в процессе эволюции адаптировался к радиационному фону, поэтому он для него полностью безвреден. Существует точка зрения, что радиационный фон оказывает даже благоприятное действие на организм человека. Однако большинство специалистов концентрируют внимание на возможном отрицательном действии радиационного фона. Так, предполагают, что от 5 до 40 % всех случаев рака легкого обусловлены вдыханием радона и его дочерних продуктов в помещениях. Точных оценок опасности радиационного фона не существует, поскольку характерные для радиационного фона малые

дозы ионизирующих излучений не вызывают в состоянии здоровья выраженных, поддающихся объективной регистрации, сдвигов.

Согласно наиболее распространенной точке зрения, на которой основываются официальные международные и общественные принципы гигиенического нормирования радиационного воздействия, любую дозу ионизирующего излучения, в том числе образуемую за счет радиационного фона, нельзя считать абсолютно безопасной. Однако при низких дозах риск (эффект) очень мал и практически не поддается выявлению.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации. Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно (рис. 10). Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи (внешнее облучение). В случае если радиоактивные вещества оказываются в воздухе, в пище или в воде они могут попасть внутрь организма человека. Такой способ облучения называют внутренним. Основными видами ионизирующих излучений, с которыми встречаются в настоящее время организмы, являются  $\alpha$ -,  $\beta$ -частицы,  $\gamma$ -кванты, рентгеновское излучение.



*Рисунок 10 – Процентная доля облучения тела человека дозами ионизирующего излучения, получаемыми от различных источников*

Бытовые дозиметры предназначены для оперативного индивидуального контроля населением радиационной обстановки и позволяют приблизительно оценивать мощность эквивалентной дозы излу-

чения. Большинство современных дозиметров измеряет мощность дозы излучения в микрозивертах в час (мкЗв/ч), однако до сих пор широко используется и другая единица – микрорентген в час (мкР/ч). Соотношение между ними такое:  $1 \text{ мкЗв/ч} = 100 \text{ мкР/ч}$ .

Прибор НЕЙВА ИР-002 оценивает радиационную обстановку. Работа индикатора происходит следующим образом. Проходящее через детектор  $\gamma$ -излучение вызывает внутри него газовый разряд, в результате которого на выводах детектора появляются импульсы напряжения. Электронная схема считает эти импульсы и высвечивает на табло. Время счета составляет  $36 / 360 \text{ с}$  и определяется электронной схемой. Выбранный интервал времени измерения необходим для измерения реального уровня  $\gamma$ -излучения мкР/ч. Таким образом, определяя количество импульсов, можно оценить уровень радиоактивного фона на каком-либо объекте ( $1 \text{ мкР/ч} = 0,01 \text{ мкЗв/ч}$ ).

### ***Практическая часть***

**Вариант 1.** Определение мощности экспозиционной дозы естественного фона.

Ход работы:

1. Подготовить прибор (индикатор радиоактивности).
2. Провести замер радиационной обстановки.
3. Повторить п. 2 еще 8–10 раз и записать полученные значения в тетрадь.
4. Подсчитать среднее значение.
5. Полученные результаты записать в таблицу.

### **Схема записи результатов**

Номер п/п	Мощность дозы (мкР/ч или мкЗв/ч)	Среднее экспозиционной дозы (мкР/ч или мкЗв/ч)
1		
...		
10		

6. Сравнить полученное среднее значение фона с естественным радиационным фоном, принятым за норму, –  $0,15 \text{ мкЗв/ч}$ .

На рисунке 11 представлен внешний вид индикатора радиоактивности НЕЙВА ИР-002, который предназначен для обнаружения и

оценки уровня ионизирующего излучения. На передней и задней панели прибора находятся:

1. Переключатель, который имеет три положения:

ВЫКЛ – соответствует отключенному от батареи питания состоянию;

СБРОС – батарея питания подключена, электронная схема в исходном состоянии;

СЧЕТ – основной режим работы индикатора, режим регистрации  $\gamma$ -излучения.

2. Кнопка «1/10».

С помощью кнопки «1/10» подсчет импульсов возможен двумя способами:

«1» – индикатор считает импульсы в течение 36 с;

«10» – индикатор считает импульсы в течение 360 с.



*Рисунок 11 – Устройство прибора HEYVA IP-002*

**Задание:**

1. Определить мощность экспозиционной дозы естественного фона в разных помещениях учебного корпуса.

2. Определить мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения с помощью дозиметра. Проведите измерения на улице.

Вычислить в обоих случаях среднее арифметическое значение. Сравнить результаты, сделать выводы.

**Вариант 2.** Определение уровня загрязненности воды, почвы по  $\gamma$ -излучению.

Ход работы:

1. Подготовить пробу в стандартных бытовых стеклянных банках емкостью от 0,5 до 3 л под бытовой полиэтиленовой крышкой: залейте жидкость (воду) в банку, чтобы верхняя граница не доходила до края горловины на 3–5 мм.

2. Подготовить дозиметр к работе.

3. Установить прибор вплотную рабочей чувствительной поверхностью к почве или воде и снимите последовательно 5–6 показаний.

4. Рассчитать среднее значение мощности дозы от пробы.

5. Убрать пробу и определить фоновое излучение.

6. Рассчитать объемную активность пробы в Беккерелях на литр. Для этого от среднего значения мощности дозы отнимите значение фоновой радиации, затем полученное число умножьте на 1000 для пробы объемом 2 л или на 1200 для пробы объемом 1 л.

### Схема записи результатов

Проба	Мощность дозы от пробы (среднее значение)		Фоновое излучение		Объемная активность пробы
	мкЗв/ч	мкР/ч	мкЗв/ч	мкР/ч	
1-я проба 2-я проба 3-я проба и т.д.					

7. Сделайте вывод о радиационной чистоте исследуемых проб.

**Задание:** определите уровень загрязненности исследуемых образцов (воды, почвы) по  $\gamma$ -излучению с помощью дозиметра. Вычислите среднее арифметическое значение. Сделайте выводы об уровне загрязненности проб на основании полученных экспериментальных данных.

Результаты наблюдений занесите в таблицу.

Ответьте письменно на контрольные вопросы.

## Контрольные вопросы

1. Вычислите, какую дозу ионизирующих излучений получит человек в течение года, если среднее значение радиационного фона на протяжении года изменяться не будет. Сопоставьте ее со значением, безопасным для здоровья человека.
2. Какое радиоактивное излучение обладает самой большой проникающей способностью? Минимальной проникающей способностью?
3. Чему (в рентгенах) равен естественный фон радиации?
4. Какие существуют способы защиты от воздействия радиоактивных частиц и излучений?
5. Укажите экологические последствия радиационного загрязнения окружающей среды.



## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа по дисциплине «Урбоэкология и мониторинг» проводится в форме изучения теоретического курса и контролируется через коллоквиум, доклад (презентацию), защиты отчетов лабораторных и практических работ.

Обучающийся должен готовиться к лабораторным, практическим занятиям: прорабатывать лекционный материал, готовить доклады и выступления по темам занятия в соответствии с тематическим планом. При подготовке к занятию обучающемуся следует обратиться к литературе научной библиотеки ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. При изучении дисциплины недопустимо ограничиваться только лекционным материалом и одним-двумя учебниками. Ряд тем курса может быть вынесен преподавателем на самостоятельное изучение, с обсуждением соответствующих вопросов на занятиях. Поэтому подготовка к сдаче зачета и групповой работе на занятиях подразумевает самостоятельную работу обучающихся в течение всего семестра по материалам рекомендуемых преподавателем источников.

Формы организации самостоятельной работы студентов:

- организация и использование электронного курса дисциплины, размещенного на платформе LMS Moodle для СРС;
- работа над теоретическим материалом, прочитанным на лекциях;
- самостоятельное изучение отдельных разделов дисциплины;
- подготовка к лабораторным, практическим занятиям;
- подготовка к коллоквиуму;
- подготовка доклада;
- выполнение контрольных заданий при самостоятельном изучении дисциплины;
- самотестирование по контрольным вопросам (тестам).

**Доклад** представляет собой публичное развернутое сообщение (информирование) по определенному вопросу или комплексу вопросов, основанное на привлечении документальных данных, результатов исследования, анализа деятельности и т. д. При подготовке к докладу по теме, указанной преподавателем, студент должен ознакомиться не только с основной, но и дополнительной литературой, а также с последними публикациями по этой тематике в сети Интернет.

Необходимо подготовить текст доклада и иллюстративный материал в виде презентации. Доклад должен включать введение, основную часть и заключение. На доклад отводится 5–10 минут учебного времени. Он должен быть научным, конкретным, определенным, глубоко раскрывать проблему и пути ее решения. Особенно следует обратить внимание на безусловную обязательность решения домашних задач, указанных преподавателем.

### *Примерные темы докладов*

1. Экология городской среды.
2. Мониторинг состояния городских насаждений.
3. Методы оценки загрязнения городских почв.
4. Методы оценки загрязнения атмосферного воздуха городов.
5. Экология городской среды.
6. Строительная экология. Понятия и проблемы.
7. Мониторинг состояния городских насаждений.
8. Методы оценки загрязнения городских почв.
9. Методы оценки загрязнения атмосферного воздуха городов.
10. Методы оценки загрязнения водных объектов городов.
11. Методы защиты и восстановления водных объектов городов.
12. Методы защиты и восстановления воздушной среды городов.
13. Самоочищение водных объектов городов и подземных вод.
14. Экологическая эффективность различных видов и форм поселения.
15. Экосистемные характеристики города.
16. Флора урбанизированных территорий.
17. Фауна урбанизированных территорий.
18. Урбоэкологическое планирование и проектирование.
19. Экологические функции городских лесов и лесов зеленых зон.
20. Зеленые насаждения и их устойчивость к городским условиям.
21. Проблемы охраны растительного и животного мира в городах.
22. Почвы города (особенности, антропогенная нагрузка, типы городских почв, состояние городских почв и их влияние на жизнедеятельность человека).
23. Нетрадиционная энергетика.
24. Шумы и вибрации, источники шума, вибраций и специфика их воздействия.

25. Загрязнение урбанизированных территорий электромагнитными и электростатическими полями. Источники полей.

26. Города как источники теплового загрязнения окружающей среды.

27. Источники радиационного загрязнения урбанизированных территорий.

28. Системы мониторинга урбанизированной среды.

29. Фитоиндикация городской среды.

30. Индикация урбанизированной среды с использованием лишайников.

31. Альгоиндикация урбанизированных территорий (вода, почвы и т. п.).

32. Воздействие городской среды на человека (уровень интенсивности, специфика, положительные и отрицательные стороны жизни в городе).

33. Зеленые насаждения общего пользования.

34. Озеленение селитебной зоны города.

35. Зеленые крыши. История и современность.

36. Нормативно-правовая регламентация в сфере урбоэкологии.

37. Основные понятия и проблемы демографии.

38. Природно-экологические факторы расселения.

39. Численность населения, темпы и факторы ее динамики.

40. Городское и сельское население. Общие черты и различия.

41. Ландшафтное планирование.

42. Основные виды и стадии ландшафтного планирования.

43. Флора г. Красноярска.

44. Фауна г. Красноярска.

*Коллоквиум* проводится после изучения дисциплинарного модуля в устной или письменной форме.

*Вопросы к коллоквиуму:*

1. Охарактеризуйте воздействие городской среды на человека (уровень интенсивности, специфика), положительные и отрицательные стороны жизни в городе.

2. Проанализируйте взаимосвязь и взаимодействие города и окружающей среды.

3. Объясните, почему города – это «территориальные фокусы» интенсивного замещения естественных биогеоценозов урбо- и антропоценозами.

4. Опишите основные источники загрязнения атмосферы вашего города.

5. На основе данных литературы оцените степень загрязнения атмосферы городов Ростовской области. Сравните их между собой по степени загрязнения.

6. Используя данные Государственных докладов по охране окружающей среды, сравните состояние атмосферы своего региона и других регионов России.

7. Подумайте, какие способы защиты могут быть использованы от загрязнения среды автотранспортом.

8. Опишите основные источники загрязнения воды вашего города.

9. На основе данных литературы оцените степень загрязнения воды городов Красноярского края. Сравните их между собой по степени загрязнения.

10. Используя данные Государственных докладов по охране окружающей среды, сравните состояние воды своего региона и других регионов России.

11. Подумайте, какие способы защиты водоемов от загрязнения могут быть использованы.

12. На основании экологических вестников дайте характеристику твердых отходов на территории вашего города. Сравните эти показатели с показателями других городов.

13. Проанализируйте, как организовано удаление отходов в вашем городе.

14. Продумайте, какие методы очистки твердых отходов могут быть эффективными.

15. По данным литературы выясните международный опыт по утилизации отходов.

16. Составьте карту микроклимата в вашей квартире.

17. Проанализируйте микроклиматические условия на промышленных предприятиях и представьте мероприятия по улучшению условий.

18. Составьте полный перечень зеленых насаждений вашего микрорайона и сравните его с биоразнообразием растительности, характерной для местности, где расположен город. Проведите анализ данных.

19. Подготовьте перечень растений вашего города, обладающих газоустойчивостью.

20. Составьте перечень требований к санитарно-защитным зонам города.

21. Проведите анализ влияния на растения различных выбросов.

22. По СНиПам составьте нормы зеленых насаждений в различных зонах.

23. Охарактеризуйте роль растений в жизни города.

24. Какие факторы влияют на жизнедеятельность растений?

25. Чем определяются нормы растений на человека?

26. С какой целью используют санитарно-защитные зоны?

27. Почему не все виды растений могут произрастать на урбанизированных территориях?

28. Какие виды растений необходимы для расширения видового состава городской флоры?

29. Оцените видовой состав фауны вашего города и места их обитания.

30. Определите, какие из представителей фауны приносят городу и его жителям: больше пользы, чем вреда; больше вреда, чем пользы; нейтральны.

31. Дайте ваши предложения по регулированию численности и видового состава городской фауны.

32. Проанализируйте, как можно выявить источник шума в вашей квартире, если рядом расположено промышленное предприятие.

33. Подумайте, как просто можно определить источник радиочастотного электромагнитного излучения по технологии «Интернет из розетки осветительной сети» (технология СПАРК).

34. На основе данных литературы выясните, какие материалы изолирующие (бетон, кирпич, сталь) или поглощающие (пористые и рыхлые волокнистые материалы типа ультратонкого стеклянного и базальтового волокна, минеральной ваты и плит на основе, капронового волокна, специальных акустических плит) будут эффективнее снижать шум.

35. Составьте карту шума вашего города, района.

36. Используя экологические вестники, проведите анализ заболеваемости населения вашего города.

37. Сопоставьте данные по загрязнению окружающей среды города с заболеваемостью.

38. Приведите материалы особо опасных загрязнителей окружающей среды.

**Задачи:**

1. Известно, что зеленые насаждения уменьшают количество пыли в воздухе. Над  $40 \text{ км}^2$  леса в воздухе находится около 50 т пыли, а над такой же поверхностью безлесного пространства в 12 раз больше. Сколько тонн пыли находится на  $40 \text{ км}^2$  безлесного пространства?

2. Известно, что  $50 \text{ м}^2$  зеленого леса поглощают за один час углекислого газа столько же, сколько его выделяет при дыхании за один час один человек, т. е. 40 г. Сколько углекислого газа поглощает 1 га зеленого леса в час? Сколько человек могут выдохнуть этот углекислый газ за тот же час?

3. 1 га лиственных деревьев задерживает за год 250 т пыли, а хвойных – на 85 % меньше. Сколько пыли задерживает за год гектар хвойных деревьев?

4. 1 га двадцатилетнего сосняка поглощает в год 9 т углекислого газа, а 60-летнего – на 44 % больше; 80-летнего же на 15 % меньше, чем 60-летнего. Сколько углекислого газа поглощает 1 га 80-летнего соснового леса?

**Семинар** – вид учебных занятий практического характера, направленный на углубленную проработку определенного теоретического материала. Данный вид учебной деятельности применяется для представления доклада в форме материалов (тезисов) конференции.

**Цель:** написание научных работ способствует закреплению и углублению знаний, а также выработке навыков научного исследования, творческого мышления, умения самостоятельно решать поставленные задачи. Выполнение работы даст возможность углубить уровень знания исследуемой проблемы, показать знание литературы.

Работа состоит из двух частей:

- 1) подготовка, написание;
- 2) презентация работы.

Работа включает введение, содержание, главы, заключение и библиографический список. Во введении четко обосновывается тема. По желанию студента в тему доклада включается один вид природного ресурса (земельного, водного, лесного, ресурса животного мира или ресурса атмосферы). Кроме того, во введении делается обоснова-

ние актуальности использования и охраны выбранного вида природного ресурса.

В каждом разделе студент отражает собственную точку зрения по исследуемой проблеме, а также делает анализ используемых источников. В основном разделе приводится литературный обзор изученности, использования и охраны избранного вида природного ресурса. Обязательно в работе приводится ссылка на литературный и иной источник информации. На основе представленного литературного обзора делаются выводы, а также рекомендации автора.

В библиографический список необходимо включить новейшие источники по проблеме природопользования, а также материалы международных документов. При написании работы обязательно приводятся ссылки на используемые источники, статистические данные, что придает работе четко выраженный научно-исследовательский характер.

Примерные темы:

1. Использование и охрана земельных ресурсов города.
2. Использование и охрана водных ресурсов города.
3. Использование и охрана лесных ресурсов города.
4. Использование и охрана растительных ресурсов города.
5. Использование и охрана атмосферного воздуха города.
6. Использование и охрана животного мира города.

### *Самотестирование по тестовым заданиям*

1. Одним из лучших пылеуловителей является:

- а) тополь бальзамический;
- б) вяз;
- в) береза пушистая;
- г) ива плакучая.

2. Восстановите правильную последовательность этапов построения математических моделей в урбоэкологии (ответ укажите в виде последовательности заглавных букв, без пробелов и запятых):

- а) разработка математической теории, описывающей изучаемые проблемы;
- б) изучение реальных явлений, которые нужно смоделировать;

в) расчет на основе модели и сличение результатов с действительностью.

3. Правильно ли утверждение, что для биосферы экосистемы предпочтительнее развивать устойчивые экосистемы с большими потерями проходящей через них энергии и низкой эффективностью, низкой продуктивностью?

4. Установите соответствие между термином и его определением:

1) мониторинг окружающей среды;

2) предельно допустимая концентрация;

3) загрязнение окружающей среды;

а) система регулярно проводимых комплексных мероприятий (наблюдений, измерений) по оценке, прогнозу, обмену информацией о качестве окружающей среды;

б) утвержденный законом санитарно-гигиенический норматив – максимальная концентрация конкретных химических элементов в окружающей среде, которая при постоянном влиянии в течение долгого времени на организм человека и/или животных не вызывает патологических изменений;

в) Привнесение в окружающую среду или возникновение новых загрязнителей, либо превышение естественного уровня этих загрязнителей.

5. Комплекс мероприятий, направленных на восстановление плодородия и практической ценности нарушенных земель, почвенного покрова, естественного экологического равновесия ранее загрязненных или выведенных из хозяйственного использования территорий, это – \_\_\_\_\_.

6. Растение, не относящееся к так называемым «взломщикам асфальта»:

а) одуванчик лекарственный;

б) подорожник большой;

в) марь белая;

г) пырей ползучий.



7. Ветки, которые считаются лишними у городской деревьев:

- а) верхние;
- б) нижние
- в) с северной стороны
- г) лишних нет

8. Растительность, являющаяся доминирующей в городе:

- а) луговая;
- б) сорная;
- в) рудеральная;
- г) лесная.

9. Влияние человека, оказывающее нежелательное воздействие на экосистему города:

- а) посыпание дорог зимой солью;
- б) уборка опавших листьев;
- в) обрезка деревьев и кустарников;
- г) посадка дикорастущих видов.

10. Природоохранные мероприятия, используемые для оптимизации среды обитания в городах:

- а) зеленое строительство;
- б) озеленение межмагистральных территорий и жилых массивов, создание санитарных зон, отделяющих жилые и промышленные застройки;
- в) расширение компенсационных зеленых зон внутри и вокруг городов, техническая и биологическая рекультивация нарушенных земель, контроль за техногенными выбросами, утилизация ТБО.

11. Виды мониторинговых наблюдений, которые осуществляют на урбанизированных территориях:

- а) экологический мониторинг с включением всех его подразделов, определяющих состояние компонентов и степени их загрязнения среды обитания;
- б) геофизический мониторинг за селями, оползнями, подтоплением и карстом, суффозиями;
- в) геохимический мониторинг за уровнем загрязнения основных компонентов урбоэкосистемы;
- г) медико-биологический за состоянием здоровья населения.

## 12. Пути формирования флоры и фауны в городах:

а) «поглощение» городом местообитаний аборигенных видов флоры и фауны в пределах их существующего ареала и высокая устойчивость данных видов к антропогенному воздействию;

б) вселение новых местных видов, имеющих высокий потенциал адаптации к урбанизации, формирование синантропных экологических рас;

в) образование новых экологических ниш, вследствие чего идет вселение новых видов из других географических областей (акклиматизация интродуцентов);

г) это обедненный состав флоры и фауны урбанизированных территорий за счет исчезновения неустойчивых видов и замены их на адвентивные и интродуцированные. Пассивное и активное расселение видов «пришельцев» и высокая устойчивость их антропогенез;

д) результат процессов пассивного расселения и смены биотопов прежде неурбанизированных видов.

## 13. Условия, которые следует учитывать при размещении полигонов твердых бытовых отходов (ТБО):

а) обеззараживание ТБО биологическим методом;

б) утилизация биогаза;

в) гидроизоляция для недопущения загрязнения подземных вод;

г) размещение с учетом санитарных норм, обязательное наличие подъездных дорог с твердым покрытием, защитной зеленой полосы, строительства специального противофильтрационного экрана по днищу и бортам полигона, систем перехвата фильтрата и наблюдательных скважин.

## 14. Методы, которым в большинстве стран мира отдают предпочтение при утилизации ТБО:

а) складирование ТБО на полигонах с получением биогаза;

б) мусороперерабатывающие заводы с отдельной сортировкой отходов, обеззараживанием в биотермических барабанах, их последующей переработки для получения соответствующей продукции;

в) мусоросжигающие заводы с получением методом пиролиза топочного газа, пара, смол и низкосортного топлива.

15. Классификация бытовых отходов городов:

- а) отходы потребления (изношенные машины и приборы), бытовые, производственные, строительные;
- б) бытовые и промышленные;
- в) строительные и промышленные, радиоактивные;
- г) сельскохозяйственные и токсичные;
- д) бытовые – жидкие и твердые, промышленные, строительные, сельскохозяйственные и радиоактивные.

16. Гемеробность урбанизированных биогеоценозов и ее критерии:

- а) это состав растительного покрова на территории городов, состоящий из видов разного географического происхождения и требований к условиям обитания;
- б) о степени гемеробности судят только по уровню окультуренности и преобразованности растительности, критериями которой являются доля однолетников и неофитов, утраты большинства видов природной флоры, значительная нарушенность почвенного покрова и низкое содержание элементов питания в почве;
- в) глубины преобразования состава фауны и флоры на городских территориях;
- г) полностью преобразованные человеческой деятельностью урбанизированные биоценозы обедненного состава и строения.

17. Санитарно-защитная зона предприятий:

- а) зона, отделяющая промышленное предприятие от окружающих геосистем;
- б) зона определенных размеров и ландшафтной структуры, размер зависит от экологической опасности предприятия;
- в) зеленая зона из древесно-кустарниковой растительности, в которой допускается размещение оздоровительных и лечебно-профилактических учреждений, школ, спортивных баз;
- г) полоса древесно-кустарниковой растительности, которая предусмотрена при благоустройстве территории предприятий.

18. Ведущая причина образования тепловых островов:

- а) нарушение естественного теплового баланса территорий;
- б) нарушение нагрева поверхности почв в городах;
- в) ослабление атмосферной циркуляции;
- г) загрязнение атмосферы твердыми и газообразными эмиссиями.

19. Санитарные нормы шумового загрязнения в городах:

- а) 80–90 дБл;
- б) 45–65 дБл;
- в) 40–75 дБл;
- г) 20–50 дБл;
- д) 70–110 дБл.

20. Оценивается качества воды на основе экологических нормативов:

а) учитывают параметры сапробности, трофности и уровень загрязненности;

б) оценивается солевой режим, эколого-санитарные показатели и биологическое действие специфических веществ;

в) оценивают качество воды на основе нормативов экологической безопасности водопользования (ПДК, ЛПВ) по направленности их использования – хозяйственно-питьевые, коммунально-бытовые, и рыбохозяйственные.

21. Функционирование городских очистных сооружений:

а) комплекс включает следующие блоки: биологической очистки, обеззараживания, обработки осадков;

б) комплекс включает следующие блоки: механический (решетки, песколовки, преаэротенки), биологический (аэротенки, вторичные отстойники, метантенки), и иловые площадки;

в) комплекс включает следующие блоки: механической и биологической очистки, доочистки, обеззараживания и обработки осадков.

22. Механизмы, лежащие в основе самоочищения поверхностных вод:

а) трансформация веществ в воде идет за счет физических, химических и биологических механизмов, обеспечивающих самоочистку водоемов;

б) за счет непрерывного перемешивания и перераспределения вещества и энергии, химико-биологической трансформации веществ, содержащихся в воде;

в) за счет физических механизмов: атмосферной реаэрации и сорбции, осаждения и взмучивания, а также биохимической трансформации гидробионтами;

г) механизмы газообмена на границе раздела «вода-атмосфера», сорбции, осаждения, фотолиза, гидролиза, фильтрации, деструкции и биохимической очистки за счет гидробионтов.

23. Техногенное загрязнение – это:

а) побочные отходы, образующиеся в результате хозяйственной деятельности общества, которые, попадая в природную среду, изменяют или разрушают ее;

б) появление в биосфере новых компонентов, связанных с хозяйственной деятельностью человека;

в) создание человеком своей искусственной системы и загрязнение продуктом ее жизнедеятельности.

24. Наиболее распространенные загрязнители в городах:

а) оксиды углерода, азота, серы, углеводороды и пыль;

б) углекислый и угарный газ, углеводороды и пыль;

в) оксид и диоксид углерода, оксиды азота, серы, углеводороды, пыль, продукты смогов, озон, тяжелые металлы и бенз(а)пирен.

25. Мероприятия в городах, которые обеспечивают защиту воздушного бассейна:

а) организация санитарно-защитных зон из растительности;

б) это комплекс из санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочных решений, инженерно-организационных мероприятий и безотходных технологий;

в) использование безотходных или малоотходных технологий и архитектурно-планировочные решения;

г) инженерно-организационные мероприятия: строительство объездных путей, увеличение высоты дымовых труб, снижение энергоемкости производства и контроль за выбросами предприятий.

26. Биологическое действие техногенных шумов:

а) поражение слухового аппарата, расстройство нервной и эндокринной систем, головная боль, бессонница;

б) развитие «шумовой болезни» – гипертония, поражение вегетативной нервной и эндокринной системы, желудочно-кишечного тракта, нарушение функции вестибулярного аппарата, резкое снижение производительности труда;

в) нарушение органов слуха и вестибулярного аппарата, сердечно-сосудистой, нервной и эндокринной систем, и желудочно-кишечного тракта, снижение работоспособности.

27. Урбанизированный ландшафт – это:

а) земная поверхность, преобразованная деятельностью человека, и вещественно-энергетические потоки, преобразованные для удовлетворения деятельности человека;

б) ландшафт, образованный в результате застройки от центра города к окраинам и формирования разнообразных микроклиматических, ценологических и геоморфологических градиентов;

в) ландшафт, в котором коренному изменению человеческой деятельностью на большей или меньшей площади подвергнут хотя бы один компонент;

г) ландшафт, формирование которого обязательно связано с наличием селитебного городского ландшафта на определенной территории.

28. Урбанизированный ландшафт от антропогенного отличается:

а) в антропогенном ландшафте человеком изменен один из его компонентов, например, растительность (нарушена или восстановлена); в урбанизированном же преобладают ландшафтно-техногенные комплексы (территория предприятий), и популяции организмов взаимодействуют как с природными, так и техногенными элементами

б) близкие по смыслу и содержанию термины, в которых учитывается рельеф местности, зональность и высотная поясность, а также размещение жилых (селитебных) построек;

в) это семантически тождественные характеристики городского ландшафта;

г) в антропогенном ландшафте выделяют классы промышленный, сельскохозяйственный, линейно-дорожный, лесной и водный антропогенный, рекреационный, селитебный и беллигеративный (образующийся на месте боевых действий). Урбанизированный ландшафт – это мозаика земельных участков с разными видами землепользования и ландшафтными характеристиками без классификации.

29. Внешние экологические факторы, влияющие на экологичность внутренней среды здания:

а) агрессивность грунтов, атмосферы и воды влияют на долговечность зданий и состояние их инженерных конструкций;

б) тепловой режим, звуковой и зрительный комфорт, движение воздушных потоков и лучистого теплообмена;

в) относительная влажность воздуха, величина инсоляции, акустического воздействия, потребность в освещении, чистота воздуха и вибрационные колебания;

г) электромагнитные поля, шум, режим влажности, освещенности, вибрационное воздействие, радиоактивное облучение и пожаробезопасность;

д) теплопроводность и теплообмен, уровень инсоляции, звуковой комфорт, пожаробезопасность и функциональная комфортность.

30. Критерии, по которым оценивают эффективность фитомелиорации на городских территориях:

а) отношение количества поглощенных воздушных эмиссий растениями к их общему количеству в воздухе города;

б) количество выделенных фитонцидов и свободных ионов растениями;

в) способность растений произрастать в крайне неблагоприятных техногенных условиях;

г) широкий диапазон устойчивости к газо- и аэрозольным выбросам, способность ионизировать воздух;

д) комплекс параметров, которые учитывают как газоустойчивость и газовыносливость растений, так их способность ионизировать воздушную среду, компенсируя, усиливая, фильтруя и защищая среду обитания.

31. Группы заболеваний, являющиеся ведущими для человека в городских агломерациях:

а) онкологические;

б) сердечно-сосудистые;

в) хронические заболевания верхних дыхательных путей;

г) кишечные инфекции.

32. Соотношение экологического риска и последствий для окружающей среды:

а) уровень риска от факторов опасности незначителен;

б) величина экологического риска и возможный ущерб незначителен и ради полученной выгоды можно пойти на него;

в) выгоды в виде материальных и социальных благ общества превышают величину уровня риска от факторов опасности хозяйственной деятельности;

г) анализ соотношения вредных экологических последствий, оканчивающихся смертельным исходом с учетом экономических, социальных и психологических факторов для общества.

33. Политика в управлении экологическим риском при воздействии на биосферу и ее отдельные компоненты заключается:

а) в строгих ограничениях и установлении ПДК нагрузок на экосистемы;

б) совокупном спектре всех существующих в обществе опасностей и контроль за не превышением приемлемого уровня;

в) анализе рискованной ситуации, разработка и обоснование управления решением в форме правового акта для минимизации экологического риска;

г) выявлении факторов риска, зон его влияния, оценка подверженности и меры жесткости управления при его реализации.

34. Оптимизация отношений природы и общества:

а) общество стремится с освоенной территории получить максимальную продукцию;

б) общество стремится к стабилизации природных экосистем через достижение оптимальных КПД экосистем;

в) общество стремится, чтобы повышение продуктивности экосистем не проводило к потере их стабильности с учетом экономически оправданных затрат.

35. Выберите из представленных вариантов направления мониторинга растительного мира:

а) мониторинг водно-болотной растительности;

б) мониторинг водной растительности;

в) мониторинг инвазивных видов растений;

г) мониторинг зеленых насаждений на землях населенных пунктов;

д) мониторинг ресурсообразующих видов растений и грибов.

36. Процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов – это:

а) биотестирование;

б) биоиндикация;

в) биокоррекция;

г) биоманипуляция.



37. Оценка состояния окружающей среды и ее изменений по наблюдениям по состоянию биоты в природных условиях – это:

- а) биокоррекция;
- б) биоманипуляция;
- в) биоиндикация;
- г) биомоделирование.

38. Биологическая инвазия – это:

- а) флуктуация биомассы;
- б) вселение нового биологического вида в экосистему;
- в) вымирание биологического вида;
- г) один из методов биоиндикации.

39. По санитарным нормам на каждого горожанина в черте города должно приходиться леса \_\_\_ м<sup>2</sup>:

- а) 50;
- б) 100;
- в) 200;
- г) 350.

40. Экологически оправданные типы зеленых насаждений характеризуются:

- а) большой листовой поверхностью деревьев;
- б) саванноидным типом посадки;
- в) нет верного ответа;
- г) регулярным подстриганием крон.

41. К неблагоприятным метеорологическим условиям для рассеивания загрязняющих веществ относят:

- а) высокую температуру;
- б) туман;
- в) сильный ветер;
- г) яркое солнце.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Предмет урбоэкологии. Место урбоэкологии в системе экологических наук.
2. Научные основы урбоэкологии. Методологические подходы. История и перспективы урбанизации.
3. Развитие городов и городских систем. Экологические аспекты урбанизации.
4. Основные понятия и сущность урбанизации. Окружающая среда города.
5. Экологическая эффективность различных видов и форм расселения.
6. Экосистемные характеристики города. Урбогеосоциосистема. Город как сложная полиструктурная система. Город как открытая система.
7. Антропогенные изменения рельефа. Почвы городских территорий. Загрязнение почв. Сохранение почвенного слоя при инженерно-строительной деятельности.
8. Водные объекты городов. Использование водных объектов. Рациональное использование водных ресурсов. Оценка состояния водных объектов. Показатели качества воды.
9. Источники воздействия на водные объекты. Общегородские очистные сооружения. Методы очистки производственных сточных вод.
10. Поверхностный сток с городских территорий и территорий промышленных предприятий. Процессы формирования качества поверхностных вод.
11. Самоочищение водных объектов. Методы защиты и восстановления водных объектов. Охрана подземных вод от истощения и загрязнения.
12. Зоны санитарной охраны скважинных водозаборов. Самоочищение подземных вод.
13. Атмосферный воздух. Состав, строение, свойства и функции атмосферы.
14. Характеристика загрязняющих атмосферу веществ и классификация источников загрязнения.
15. Источники выбросов в атмосферу. Основные источники образования и выбросов загрязняющих атмосферу веществ. Источники загрязняющих веществ по отраслям промышленности.

16. Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере. Трансформация примесей в атмосфере.

17. Роль растительного и животного мира в урбоэкосистеме и жизни городского населения. Понятие синатропизации.

18. Роль городов в динамике ареалов видов флоры и фауны. Типы ареалов. Пути формирования флоры и фауны городов.

19. Урбанизированные биогеоценозы. Антропогенный и урбанизированный ландшафт. Урбанизированные биотопы.

20. Подходы к типологии урбанизированных биотопов. Гемеробность урбанизированных биогеоценозов. Охрана растительного и животного мира.

21. Функции растительного покрова в городах. Фитомелиоративные системы и их классификация. Свойства растений, используемых в составе городских и пригородных насаждений.

22. Традиционная энергетика. Основные типы электрических станций. Объекты малой энергетике. Воздействие энергетических объектов на окружающую природную среду. Энергоснабжение и экологическая ситуация.

23. Техногенные источники загрязнения. Техногенные потоки в водах и донных отложениях.

24. Состав, свойства и объем твердых бытовых отходов.

25. Территориальные методы экологической компенсации.

26. Локальные методы экологической компенсации.

27. Урбоэкологическое планирование и проектирование.

28. Влияние зеленых насаждений на городскую среду.

29. Экологические функции городских лесов и лесов зеленых зон.

30. Устойчивость зеленых насаждений к городским условиям.

31. Уровни и объекты экологического мониторинга. Схема мониторинга и взаимосвязь его блоков. Объекты слежения, состав и классификация видов мониторинга.

32. Современная система мониторинга окружающей среды Российской Федерации.

33. Методы наблюдений, оценок и прогнозов состояния окружающей природной среды.

34. Мониторинг состояния атмосферного воздуха.

35. Мониторинг поверхностных вод суши.

36. Мониторинг подземных вод и геологической среды.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремительное развитие городов во всем мире и рост их влияния на природу и судьбу цивилизации обусловили активное развитие в последнее тридцатилетие науки урбоэкологии. Она превратилась из отдельной научной ветви биологии в научную дисциплину очень важного прикладного характера, обеспечивающую решение проблем локального и регионального планирования, а также экологизации человеческой деятельности. Сегодня урбоэкология развивается с учетом вклада в формирование ее концептуальных положений не только таких наук, как биология, почвоведение, инженерная геология, геоморфология, гидрология, но и таких, как экономика, социология, демография, психология и др. Необходимость решения тесно взаимосвязанных социальных и природоохранных проблем привела к высокой степени интеграции, а новая наука – теория развития городов – ориентирована не только на изучение вопросов и проблем, связанных с улучшением условий жизнедеятельности больших и малых городов, решением специфических эколого-экономических национальных вопросов, менеджментом региональных городских агломераций, но также и на глобальное рассмотрение процессов урбанизации.

В связи с этим резко возросла потребность в специалистах-урбоэкологах нового поколения, воспитанных и обученных с учетом новых подходов к решению урбоэкологических проблем современности.

Новая ключевая идея подготовки бакалавров по ландшафтной архитектуре на базе настоящего учебного пособия состоит в том, чтобы будущий специалист научился оценивать экологическую обстановку во всех элементах городской экосистемы: социосфере, биосфере, литосфере, гидросфере и атмосфере, предлагать и обосновывать инженерные решения по снижению техногенного воздействия на природную среду в целях нормализации экологической обстановки, проводить экологическую экспертизу действующих и проектируемых объектов, разрабатывать технологии защиты и восстановления городских экосистем.

В учебном пособии исследован весь комплекс важнейших экологических проблем, порожденных процессами урбанизации, но также показаны пути нормализации экологических условий в городских агломерациях.

## ГЛОССАРИЙ

**Аварийный выброс** – поступление загрязняющих веществ в окружающую среду в результате нарушения технологического процесса или аварии.

**Агрессивные поля видимой среды города** – большое число одинаковых и равномерно размещенных на поверхности элементов: окна на стене дома, плитки на тротуаре или стене, гофрированные поверхности и т. п. На агрессивном поле информация избыточна – глаз «не уверен», какой элемент он фиксирует. Гомогенные и агрессивные поля негативно влияют на работу центральной нервной системы и, в конечном счете, на общее самочувствие человека.

**Азот в почве и подземных водах при утилизации сточных вод.** Сточные воды содержат значительное количество азота (коммунально-бытовые сточные воды и животноводческие стоки). Азот, хотя и является биогеном, но повышенное его содержание в сельскохозяйственной продукции вредно для человека, в водоисточниках его количество также строго ограничивают: азота в нитратной форме не должно быть более 10 мг/л, а в аммонийной – не более 2 мг/л. Подвижный азот в почве обычно находится в виде катиона аммония  $\text{NH}_4$  и нитрат-аниона  $\text{NO}_3$ . Содержание нитрит-аниона  $\text{NO}_2$  в почве мало, он образуется в результате окисления аммония и затем быстро окисляется до нитрат-иона. Этот процесс называют нитрификацией. Аммоний образуется в результате разложения органических азотистых веществ, включая и гуминовые кислоты, микроорганизмами. Значительное количество аммония поступает в почву при орошении сточными водами. Нитратов в сточных водах содержится мало, их содержание в почве определяется нитрификацией аммония и денитрификацией, т. е. восстановлением нитратов до газообразных форм ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ), а также отбором корнями растений. На баланс аммония в почве существенно сказываются процессы обменной сорбции и десорбции. Естественно, что перечисленные факторы, определяющие динамику азота в почве, идут на фоне заметного конвективного и диффузионного переноса растворенных аммония и нитратов.

**Антропогенные объекты искусственной городской среды** – к ним относятся жилые, общественные и промышленные здания, улицы, магистрали, площади, подземные переходы, стадионы, телебашни и другие сооружения. К ним также относятся транспортные и другие передвижные и технические средства. Антропогенные объекты де-

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

**Архология** – наука о взаимосвязях искусственных архитектурных объектов с окружающей средой (внешней и внутренней) о влиянии этих сооружений на здоровье населения, о методах и приемах проектирования и строительства «экологических» зданий и сооружений. Основная задача – формирование здорового, экологически «чистого» жилища.

**Архитектоника** – (от греческого «*architektonike*» – *строительное искусство*), художественное выражение закономерностей строения, соотношения нагрузки и опоры, присущих конструктивной системе сооружения или произведению скульптуры.

**Архитектура** – (латинское «*architectura*», от греческого «*architekton*» – *строитель, зодчество*), искусство проектировать и строить объекты, оформляющие пространственную среду для жизни и деятельности человека. Произведения архитектуры – здания, ансамбли, а также сооружения, организующие открытые пространства (монументы, террасы, набережные и т. п.). Особая область строительного искусства – градостроительство. В архитектуре взаимосвязаны функциональное, техническое и художественное начала (польза, прочность, красота). Функции архитектурного сооружения определяют его план и пространственную структуру, строительная техника – возможность, экономическую целесообразность и конкретные способы его создания. Образно-эстетическое начало в архитектуре связано с ее социальной функцией и проявляется в формировании объемно-пространственной и конструктивной системы сооружения. Выразительные средства архитектуры – композиция, ритм, архитектоника, масштаб, пластика, синтез искусств и др.

**Аэрационный режим** – ветровой режим приземного слоя воздуха в условиях городской застройки. Он считается комфортным, если скорости ветра на территории застройки находятся в пределах от 1 до 5 м/с. Участки городской территории, где скорость ветра меньше 1 м/с, относятся к непроветриваемым, а более 5 м/с – к зонам продувания.

**Аэродинамический способ сепарации** основан на переносе отдельных компонентов отходов в потоке воздуха. При этом компоненты отходов в зависимости от их веса и размера могут переноситься при определенных скоростях воздушного потока. Их разделение при осаждении в гидроциклоне или на ленте конвейера основано на раз-

личии в плотности и скорости витания при свободном падении. С помощью аэросепарации выделяются макулатура, полимерная пленка и текстиль. Для удаления текстильных компонентов применяются захватывающие элементы – крючья, штыри вилкового типа.

**Баллистический метод сепарации** основан на различной упругости компонентов. Ленту конвейера, на которой лежат отходы, разгоняют и резко меняют направление ее движения. Материал отходов по инерции летит в первоначальном направлении и сталкивается с отражающей вертикальной стенкой, установленной под углом  $35...50^\circ$  к плоскости движения. Ударившись о стенку, материал попадает в контейнер. Дальше всего откатываются упругие компоненты отходов. Баллистический метод используется для извлечения стекла и других включений из отходов.

**Биологический фильтр** – сооружение для биологической очистки сточных вод, построенное на принципе постепенного прохождения очищаемых масс либо через толщу фильтрующего материала, покрытого активной микробиологической пленкой, либо через пространство, занятое искусственно созданным сообществом организмов-очистителей, например, камышей.

**Биологический эффект от электромагнитного облучения** зависит от частоты, продолжительности и интенсивности воздействия ЭМП, а также от внешних факторов: температуры и влажности воздуха, уровня шума и т. п. На развитие патогенных реакций в организме человека влияют: область тела, подвергаемая облучению, величина облучаемой поверхности, особенности организма (возраст человека, образ жизни, состояние здоровья). Наиболее чувствителен к ЭМП организм детей и больных людей, особенно страдающих аллергическими заболеваниями. ЭМП опасны для жизни в период эмбриогенеза и для организма людей, склонного к образованию опухолей.

**Нормы ПДУ электромагнитных воздействий.** Нормируемый ПДУ напряженности электрического поля (50 Гц), излучаемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ) напряжением 300 кВ и выше, составляет на территории жилой застройки 1 кВ/м на высоте 1,8 м от поверхности земли. Индукция магнитного поля промышленной частоты (50 Гц) на территории жилой застройки от ВЛ переменного тока и других объектов не должна превышать 50 мкТл (временный норматив) на высоте 1,8 м от поверхности земли .

**Биологическую очистку фильтрата делят на аэробную и анаэробную.** Продуктами переработки органических загрязнителей при аэробной обработке являются углекислый газ, вода и твердые биопродукты, которые возвращаются в фильтрат.

**Биохимическая активность территории** обусловлена ее способностью биологически перерабатывать органические загрязнения и нейтрализовать вредные воздействия неорганических загрязняющих веществ.

**Биохимическое потребление кислорода (БПК)** определяется как количество кислорода, затрачиваемое на биохимическое окисление содержащихся в единице объема воды органических веществ за 5 и 20 суток (БПК<sub>5</sub> и БПК<sub>20</sub>). Показатели БПК дают представление о количестве органического вещества животного происхождения и используются для контроля состава хозяйственных и бытовых сточных вод.

**Биоэнергоактивные здания** – здания, использующие как источник отопления биогаз вместо традиционного топлива.

**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.

**Видеозагрязнение** – нарушения композиционных правил организации искусственной городской среды и изменения визуальных доминант природных и антропогенных ландшафтов.

**Видимая среда города** – ее цветовая гамма, структура окружающего пространства. Господство темно-серого цвета, огромное количество больших плоских поверхностей, преобладание прямых линий и углов, статичность большей части городских объектов – все это оказывает негативное влияние на эмоциональное состояние человека. Видимую среду городов могут представлять так называемые гомогенные и агрессивные поля.

**Вода очищенная** – вода, доведенная до содержания в ней количества примесей, не превышающего естественного фона или допустимой величины.

**Вода условно чистая** – 1) вода, не загрязненная выше установленного предела или в которой с добавлением чистой воды концен-



трация загрязнителей доведена до разрешаемого законодательством уровня; 2) сточные воды, спуск которых без очистки в данный водный объект не приводит к нарушению норм качества воды в местах водопользования.

**Вода чистая** – вода, не содержащая загрязнений. С санитарной точки зрения вода чистая – вода, не вызывающая у человека ухудшения здоровья.

**Водоотведение** – 1) совокупность санитарных мероприятий и технических устройств, обеспечивающих удаление сточных вод за пределы *населенного места* или промышленного предприятия; осуществляется из канализации; 2) водоотведение с помощью водоотводного канала – освобождение от воды русла реки с целью проведения в нем гидротехнических работ или для охраны от затопления реки каких-либо объектов в период *половодья* или *наводка*.

**Водопользование** – порядок, условия и формы использования водных ресурсов: 1) использование водных объектов для удовлетворения нужд населения и народного хозяйства; 2) использование воды в хозяйственных или бытовых целях без изъятия их из водных объектов, путем «пропускания ее через себя» (гидроэлектростанций или водяной мельницей). Возможно водопользование без изменения качества воды и с изменением ее качества (в том числе видового состава животного и растительного мира).

**Водопотребление** – потребление воды из водного объекта или из систем водоснабжения. Отличают возвратное водопотребление (с возвращением забранной воды в источник) и безвозвратное водопотребление (с расходом ее на фильтрацию, испарение и т. п.).

**Водородный показатель (рН)** определяет степень кислотности и щелочности воды. Поверхностные воды имеют чаще всего нейтральную или слабокислую реакцию. Болотные воды – кислую реакцию ( $\text{pH} < 6,5$ ).

**Водоснабжение обратное** – повторное поступление использованной воды в технологические циклы или бытовые водопроводные сети после ее очистки (в технологических циклах иногда без нее). Технологическая грань водоснабжения обратного – использование воды без поступления ее в природные циклы.

**Восстановительный смог** характерен для крупных промышленных центров. Он представляет собой воздушную смесь частиц сажи и оксидов серы и азота. Оксиды при взаимодействии с водой атмосферы образуют аэрозоли серной и азотной кислот. За счет раздражающего

действия кислот на бронхи и дыхательные пути смог оказывает отрицательное влияние на здоровье людей. В 1952 и 1962 гг. такой смог стал причиной смерти нескольких тысяч человек в Лондоне.

**Временно согласованные выбросы (ВСВ) и временно согласованные сбросы (ВСС).** Они устанавливаются с одновременным утверждением плана предприятия по снижению объемов выбросов и сбросов до предельно допустимых значений.

**Выбросы** – поступление веществ и микроорганизмов из источника в атмосферный воздух.

**Гармоническое состояние** – 7-я ступень – совершенство и упорядоченность экологических, функциональных и эстетических отношений между населением, природной и архитектурной средой.

**Гелиоэнергоактивные здания** – здания, оборудованные комплексной системой отопления на основе солнечной энергии, для преобразования ее в теплоту, аккумуляции и распределения в зонах отопления.

**Геохимическая активность территории** – способность территории перерабатывать и выводить за свои пределы продукты техногенной деятельности – загрязняющие вещества.

**Гомогенные поля видимой среды города** – голые стены, монолитное стекло, глухие заборы, асфальтовые покрытия, гладкие крыши домов и т. п. Отрицательное воздействие гомогенных полей заключается в том, что на гладкой поверхности глазу не на чем остановиться и в головной мозг поступает недостаточно информации.

**Город** – достаточно крупный населенный пункт, жители которого в основном заняты в сферах промышленности, услуг, управления, науки, культуры и др. Признаками города являются преобладание застроенной части территории над незастроенной, искусственных и видоизмененных естественных покрытий над естественными неизменными; наличие, а зачастую и преобладание многоэтажной застройки; наличие промышленных предприятий и предприятий сферы услуг; развитая система общественного транспорта, наземных и подземных коммуникаций; развитая торговая сеть; высокий уровень загрязненности окружающей среды (на 1–2 порядка выше, чем на прилегающей к городу территории); так называемые «болезни урбанизации», в том числе связанные с быстрым распространением инфекций при высокой плотности населения и интенсивных контактах друг с другом; наличие специально созданных рекреационных территорий общего пользования; высокая плотность размещения учреждений об-

разования, здравоохранения и культуры; культовые сооружения одной или нескольких конфессий; разнообразие социального выбора (по сравнению с сельской местностью); наличие одной или нескольких ежедневных газет, распространяемых не только в городе; наличие пригородной зоны – переходной между городом и прилегающей к нему территории с преобладанием сельскохозяйственного производства; в эту зону из города постепенно переносятся наиболее вредные производства.

**Городская агломерация** – территориально-экономическая интеграция групп плотно расположенных и функционально связанных населенных мест, различных по величине и народнохозяйственному профилю. В современной мировой практике градостроительства городские агломерации разделяют на моно- и полицентрические.

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

**Городские центры тяжести** – промышленные предприятия, объекты культурно-бытового обслуживания, высшие учебные заведения, спортивные комплексы, парки культуры и отдыха, вокзалы и т. д. высшим элементом планировочной структуры является общегородской центр, который чаще всего располагается в центре города на пересечении главных планировочных осей. В крупнейших городах, где очень высокий уровень автомобилизации, важной проблемой является транспортная разгрузка центра.

**Государственная экологическая экспертиза** осуществляет предупредительный контроль в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, экологической допустимости и экономической целесообразности реализации намечаемой деятельности в предплановой, предпроектной и проектной документации. Государственной экологической экспертизе подвергаются все виды документации на проведение намечаемой градостроительной и строительной деятельности: градостроительная документация – генпланы городов, проекты планировки и проекты застройки; предпроектная документация – обоснование инвестиций в строительство объектов, промпредприятий и комплексов; проектная документация – проекты и рабочая документация для строительства предприятий, зданий, сооружений.

**Государственные санитарно-эпидемиологические правила** (далее – санитарные правила) устанавливают единые санитарно-

эпидемиологические требования: к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения; атмосферному воздуху в городских поселениях, воздуху жилых и других помещений; почвам, содержанию территорий городских поселений; сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, хранению и захоронению отходов потребления и производства; жилым помещениям, эксплуатации общественных помещений, зданий, сооружений и т. п.

**Государственный санитарно-эпидемиологический надзор** ведется за загрязнением атмосферного воздуха на границе СЗЗ и жилой зоны.

**Государственный экологический контроль за выбросами и сбросами предприятий.** Контролируется соблюдение установленных нормативов ПДВ (ВСВ) и ПДС (ВСС), а также нормативов образования отходов и лимитов на их размещение.

**Градостроительные методы снижения шума** на селитебной территории включают мероприятия по рациональному проектированию улично-дорожной сети, зонированию территории, организации территориальных разрывов (защита расстоянием), строительству акустических экранов.

**Дегазация свалок** – сбор биогаза. Используют пассивную и активную дегазацию свалок. *Пассивная* осуществляется за счет избыточного давления, имеющегося в толще свалки. Этот метод применяется редко, так как недостаточно эффективен и требует высокой степени изоляции свалки. *Активная* дегазация осуществляется с помощью специальных устройств для добычи газа. Хорошо зарекомендовали себя системы вертикальных скважин, соединенные горизонтальными дегазационными трубопроводами. Биогаз после его очистки от углекислого газа используется как источник тепловой энергии. Методы переработки твердых бытовых отходов (ТБО) выбираются конкретно для каждого города исходя из местных условий: состава и свойств ТБО, их изменения по сезонам года; годовой нормы накопления ТБО; климатических условий; потребности в органических удобрениях, энергетических ресурсах и вторичном сырье; экономических факторов.

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

**Деурбанизация** – обезлюдение крупных городов, сокращение их населения и относительного производственного потенциала. Основной причиной деурбанизации является ухудшение природной среды

и, как следствие, санитарно-гигиенических условий жизни в крупных городах.

**Допустимое состояние** – 4-я ступень – отступления от нормы, не приводящие к заметным отклонениям в здоровье человека и в природной среде, отклонения от требований СНИПов и принципов композиции не вызывают художественно-эстетического и психологического дискомфорта.

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

**Загрязнение водных объектов** – сброс, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

**Засорение водных объектов** – сброс или поступление иным способом в водные объекты предметов или взвешенных частиц, ухудшающих состояние и затрудняющих использование водных объектов.

**Зеленое строительство** составляет неотъемлемую часть современного градостроительства. Парки, скверы, аллеи, бульвары, защитные посадки, лесопарки, пригородные леса являются необходимыми элементами городского ландшафта, входят в планировочную структуру города.

**Зеленые зоны города** выполняют функции экологического, санитарно-гигиенического и рекреационного назначения. Кроме того, зеленые зоны, расположенные в кварталах и микрорайонах городских поселений, могут быть защитными и охранными зонами, в том числе объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

**Зеленый фонд городских поселений** – совокупность зеленых зон. Размер санитарно-защитной зоны определяется необходимым расстоянием от объектов до территорий жилых, общественно-деловых и рекреационных зон города. Это расстояние обеспечивает прекращение вредного воздействия объектов на население.

**Зонами чрезвычайных экологических ситуаций и экологического бедствия** являются территории, загрязненные химическими и биологическими веществами, вредными микроорганизмами, радиоак-

тивными веществами выше установленных норм и представляющие собой угрозу здоровью человека. Эти территории подлежат консервации и специальной обработке.

**Зонирование территорий** регулирует качество окружающей среды, так как направлено оно на предотвращение чрезмерной концентрации населения и производства, на уменьшение загрязнения окружающей среды, охрану особо охраняемых природных территорий и защиту от воздействия чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

**Зоны наибольшей хозяйственной активности** объединяют системы расселения с крупными городами – центрами регионов, агломераций и местных планировочных образований. 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.

**Зоны экологического равновесия** выделяют в системе БТС. Здесь сохраняют ландшафты, необходимые для воспроизводства природных ресурсов. Проводят мероприятия по защите окружающей среды, сохранению водного баланса, чистоты рек и других открытых водоемов. Всемерно 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.

**Инверсия температуры** – повышение температуры воздуха с высотой в некотором слое атмосферы вместо обычного понижения. Различают приземные инверсии температуры, начинающиеся непосредственно от земной поверхности, и инверсии в свободной атмосфере. Первые связаны с охлаждением воздуха от холодной земной поверхности, вторые – с нисходящими движениями воздуха, адиабатически повышающими его температуру. Приземные инверсии обуславливают отсутствие аэрации жилых кварталов и тем самым способствуют скоплению загрязняющих веществ в приземном слое. Низкие приподнятые инверсии закрывают город и препятствуют рассеянию вредных примесей. Инверсии в городах обуславливают увеличение концентрации загрязняющих веществ в воздухе и способствуют образованию неблагоприятной экологической

обстановки. Повторяемость, высота расположения и мощность температурных инверсий влияют на температурный режим микроклимата города.

**Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)** используется для комплексной оценки уровня химического загрязнения атмосферного воздуха города, который позволяет учитывать вклад в загрязнение многих веществ и представить уровень загрязнения одним числом. При этом учитывается класс опасности вещества, а его фактическая среднегодовая концентрация. Для большинства регионов страны к ним относят: взвешенные вещества, оксиды азота, оксид серы (IV), бенз(а)пирен, озон, формальдегид, фенолы, свинец и др.

**Индекс устойчивого развития города** проводится по формуле

$$\hat{E}_{\text{ó.đ.ā}} = \sum_1^n \frac{P_{\text{ñđ}}}{P_i} \cdot \hat{E}_i,$$

где  $n$  – число показателей;  $P_{\text{ср}}$  – средний или фактический показатель;  $P_n$  – нормативный показатель;  $K_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го показателя.

**Инженерными сооружениями в системе управления ТБО** являются: мусороперегрузочные станции, мусоросжигательные заводы, мусороперерабатывающие заводы, полигоны захоронения отходов.

**Инсоляционный режим** – режим облучения городских территорий и помещений зданий прямыми солнечными лучами. Инсоляцию городской застройки уменьшают облачность и загрязнение атмосферного воздуха. Солнечное облучение оказывает оздоровительное и положительное психологическое влияние на человека. Продолжительность инсоляции регламентируется санитарными нормами и соответствующими параграфами СНИПа.

**Искусственные компоненты** – физические или духовные объекты – предметы, средства и результаты деятельности человека как познающей субстанции. Сюда относятся не только жилища, производственные, деловые и культовые здания, сооружения, системы коммуникаций и жизнеобеспечения, орудия производства и предметы домашнего обихода, технические средства передвижения, энергоносители и пищевые продукты, а также отходы производства и жизнедеятельности (объекты *искусственной технологической среды*), но и объекты *духовно-культурной среды* – результаты проявления челове-

ческого духа, как выраженные в материальной форме (книги, произведения живописи, музыки, скульптуры, архитектуры, драматургии, фото-, кинематографии и т. п.), так и не существующие в вещественной форме (идеи, знаки). Все объекты искусственной среды человека, существующие в вещественной форме, являются результатами преобразования объектов природной среды. Последние, в свою очередь, также взаимодействуют с объектами искусственной среды обитания человека.

**Истощение вод** – устойчивое сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод в результате антропогенного загрязнения.

**К биоклиматическим показателям, отражающим тепловое состояние человека**, относятся: эквивалентно-эффективная температура, тепловая нагрузка на организм человека, физиологический тип погоды и др. На основе этих показателей разработаны методы оценки биоклиматических условий территории.

**К термическим методам** обработки отходов следует отнести сжигание и термическую обработку ТБО без доступа воздуха – *пиролиз*.

**Карстово-суффозионные провалы** характерны для геологической среды с близким к поверхности залеганием растворимых и вымываемых пород: солей, гипса, известняка, мела. В этих местах часто образуются карстовые пустоты. Если они расположены на глубине не более 100 м от поверхности, кровля перекрывающих их пород может обрушиться, а на поверхности земли появится карстовая воронка.

**Катастрофическое состояние** – 2-я ступень – массовые заболевания населения, крупные поражения природной среды в масштабах города и региона, разрушения функциональной и композиционной систем с возможным их восстановлением.

**Качество воды** определяется ее эпидемической и радиационной безопасностью, безвредностью химического состава и благоприятными органолептическими свойствами.

**Качество городской среды** – соблюдение установленных нормативов качества окружающей среды. С развитием науки и техники могут пересматриваться как сами значения нормативных показателей, так и методы их определения.

**Климат города** – статистический многолетний режим погоды, одна из основных географических характеристик той или иной местности. Климат определяется поступлением солнечной радиации, процессами циркуляции воздушных масс, характером подстилающей



поверхности. Ведущими характеристиками климата являются: радиационный, температурный и ветровой режимы, влажность воздуха, показатели количества и качества осадков.

**Климатическое районирование** основано на комплексном сочетании средней месячной температуры воздуха в январе и июле, средней скорости ветра за три зимних месяца, средней месячной относительной влажности воздуха в июле.

**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 экологического зонирования территории создают экологический каркас региона.

**Конвективная неустойчивость и загрязнение воздушных масс** – этому способствуют конвективные потоки над городом. Они препятствуют горизонтальному перемещению воздушных масс, поступающих с наветренной стороны, вовлекают их в восходящий поток воздуха. Вследствие этого образуется облачность и выпадают осадки.

**Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль)** – это система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

**Кризисное состояние территории города** – 3-я ступень – сигнальные случаи заболевания населения, очаговые поражения природных ресурсов, нарушения требований градостроительных СНиПов и принципов композиции, затрудняющих реализацию функционально-утилитарных и художественно-эстетических потребностей человека.

**Критериями высокого загрязнения** поверхностных вод суши и морских вод являются показатели: максимальное разовое содержание для нормируемых веществ 1 и 2 классов опасности в концентрациях, превышающих ПДК от 3 до 5 раз, для веществ 3 и 4 классов опасности – от 10 до 50 раз; величина БПК<sub>5</sub> – от 10 до 40 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; снижение концентрации растворенного кислорода – до значений от 3 до 2 мг/дм<sup>3</sup>; покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) от 1/4 до 1/3 поверхности водного объекта.

**Лимитирующим показателем вредности** является тот признак вредности, который проявляется при наименьшей концентрации вещества. Выделяют три показателя вредного воздействия для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования: санитарно-токсикологический – влияние на организм человека; органолептический – влияние на органолептические свойства; общесанитарный – влияние на процессы естественного самоочищения водоемов от патогенной микрофлоры.

**Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов** – ограничения выбросов и сбросов их в окружающую среду, установленные на основе разрешений, действующих только в период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий. Лимиты устанавливаются в целях поэтапного достижения нормативов допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов.

**Магнитная сепарация** применяется для извлечения металлолома из черных металлов. Существуют подвесные, шкивные и барабанные сепараторы. При взаимодействии магнитного поля с ТБО, например, при движении отходов по ленте конвейера, металлолом из черных металлов извлекается магнитами, а затем снимается с них. Современные технологии позволяют извлекать из отходов до 90...95 % всего черного металла.

**Методы захоронения ТБО на полигонах** – комплексные природоохранные сооружения, предназначенные для обезвреживания и захоронения отходов. Полигоны должны обеспечивать защиту от загрязнения отходами атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствовать распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

**Метод переработки ТБО компостированием** заключается в протекании биохимической реакции окисления органической составляющей отходов до получения углекислого газа и воды:  $(C_6H_{12}O_6)_n + 6n O_2 \rightarrow 6n (CO_2) + 6n (H_2O) + Q$  целлюлоза кислород углекислый газ вода тепло.

**Метод температурных шкал.** В основном используются два вида температурных шкал: *эквивалентно-эффективные температуры (ЭЭТ)* и *радиационно-эквивалентно-эффективные температуры (РЭЭТ)*. ЭЭТ учитывают комплексное воздействие температуры, влажности воздуха и скорости ветра на теплоощущение человека. РЭЭТ дополнительно учитывают солнечную радиацию.

**Методы сортировки ТБО** – используются для механизированного извлечения отдельных составляющих ТБО. Они включают магнитную, электродинамическую, аэродинамическую сепарации.

**Микроклимат города** – климат приземного слоя воздуха отдельных участков городской территории. Приземной слой воздуха занимает воздушное пространство двухметровой высоты над уровнем земли.

**Минимальные размеры санитарно-защитных зон предприятий в городах** устанавливаются следующие: предприятия первого класса – 1000 м; предприятия второго класса – 500 м; предприятия третьего класса – 300 м; предприятия четвертого класса – 100 м; предприятия пятого класса – 50 м. Если расчетные уровни воздействия достигают нормативных значений внутри границы территории действующего предприятия, что подтверждается также и результатами систематических лабораторных исследований, устанавливается минимальная зона до жилой застройки размером не менее 50 % от нормативной. Размещение предприятий I, II, III классов среди жилой застройки не допускается. В пределах жилой зоны допускается размещение предприятий IV и V классов, не требующих железнодорожных подъездных путей и интенсивного движения грузового автотранспорта. Однако преимущество при их размещении отдается окраинам жилой территории.

**Мониторинг за загрязнением поверхностных вод** организуется на стационарной сети пунктов (створов) города. При определении месторасположения пунктов наблюдений учитываются места сброса сточных, подогретых, коллекторно-дренажных вод, нерестилища и зимовья рыб и т. п. В каждом пункте может быть организовано несколько створов наблюдений, например, выше и ниже источника сброса сточных вод, на расстоянии практически полного разбавления сточных вод речными.

**Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной (СЗЗ) и жилой зон города** ведет предприятие-загрязнитель. Отборы проб воздуха производятся ежедневно в 7 и 13 ч местного времени (сокращенная программа наблюдений). Проводятся наблюдения за максимально разовыми концентрациями основных загрязняющих веществ: пыли, оксида серы (IV), оксида углерода (II), оксида азота (IV), а также за специфическими веществами, которые характерны для промышленных выбросов данного населенного пункта.

**Мониторинг почв на содержание тяжелых металлов** обычно проводится вокруг промышленно-энергетических объектов по четырем румбам на расстоянии 1, 2, 3, 5 и 10 км. Отбор проб почвы производится один раз в год в летний период. При оценке загрязненности почв тяжелыми металлами обязателен учет фонового уровня загрязнения, т. к. металлы входят в естественный состав почв и минералов. Мониторинг почв на содержание нефтепродуктов проводится возле АЗС и транспортных магистралей.

**Моноцентрические агломерации** образуются вокруг городского центра. Такой город подчиняет своему воздействию все остальные поселения – пригороды, города-спутники. Он превосходит их по своим размерам и социально-экономическому потенциалу. К моноцентрическим агломерациям России относятся Московская, Нижегородская, Санкт-Петербургская.

**Муниципальный экологический контроль** должен осуществляться органами местного самоуправления или уполномоченными ими органами и в порядке, установленном нормативными правовыми актами органов местного самоуправления.

**Мусоросжигание** при температуре около 1000 °С проводят на мусоросжигательных заводах (МСЗ). К преимуществам метода мусоросжигания следует отнести: сокращение до 10 раз объема отходов, высокотемпературную ( $T \approx 1000$  °С) стерилизацию продуктов сжигания, возможность использования тепла сжигания для отопительных целей, снижение загрязнения отходами воды и почвы. *Недостатками метода* мусоросжигания являются трудность очистки газов, выбрасываемых в атмосферу от вредных примесей; высокий (до 30 % по массе) выход токсичных отходов золы и шлака, которые затем подлежат утилизации или захоронению на полигонах. В технологических циклах некоторых МСЗ не предусмотрена предварительная сортировка мусора. Мусоросжигание без предварительной сортировки приводит к выбросам в атмосферный воздух твердых и газообразных вредных веществ. Особую опасность представляют *диоксины и фураны*. Они образуются при сжигании полимерных материалов и пластмасс, технических масел, растворителей и других химикатов. Кроме диоксинов, в выбросах МСЗ содержатся такие вредные вещества, как *оксиды азота и углерода, хлористый и фтористый водород, оксид серы (IV), углеводороды и тяжелые металлы*. Источниками загрязнения дымовых газов, а также золы и шлака МСЗ тяжелыми металлами являются батарейки, аккумуляторы, люминесцентные лампы и другие

предметы, присутствующие в мусоре. На всех МСЗ обеспечивается утилизация тепла и извлечение черного металлолома.

**Норматив допустимой антропогенной нагрузки** – величина антропогенного воздействия на конкретную территорию, которая должна гарантировать сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

**Нормативы физических показателей состояния окружающей среды** – показатели уровней допустимых воздействий физических факторов, в том числе показателей уровней радиоактивности и тепла.

**Нормативное состояние территории города** – 5-я ступень – соответствие санитарно-гигиеническим требованиям; на природную среду не оказываются большие антропогенные нагрузки; нормальное функционирование человеческого организма, флоры и фауны; соблюдение градостроительных СНиПов, принципов и правил композиции.

**Нормативы биологических показателей состояния окружающей среды** – к ним относятся виды и группы растений, животных и других организмов, используемых как индикаторы качества окружающей среды.

**Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду** установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и рассчитаны на соблюдение нормативов качества окружающей среды: нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду; нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов; нормативы допустимых физических воздействий; нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение; нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды.

**Нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды** установлены в соответствии с ограничениями объема их изъятия в целях сохранения природных и природно-антропогенных объектов, обеспечения устойчивого функционирования естественных экологических систем и предотвращения их деградации. Они устанавливаются в соответствии с законодательством о недрах, земельным, водным, лесным законодательством, законодательством о животном мире и иным законодательством в области охраны окружающей среды.

**Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду** устанавливаются для субъектов хозяйственной и иной деятельности в целях оценки и регулирования воздействия на

окружающую среду всех стационарных, передвижных и иных источников, расположенных в пределах конкретных территорий и (или) акваторий. Нормативы устанавливаются по каждому виду воздействия хозяйственной или иной деятельности и по совокупному воздействию всех источников. При установлении нормативов учитываются природные особенности конкретных территорий и акваторий.

**Нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов** для каждого отдельного источника загрязнения – стационарного или передвижного.

**Нормативы образования отходов производства и потребления и лимиты на их размещение.** Проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение разрабатываются индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами.

**Нормативы ПДК** вредных веществ в водных объектах и сточных водах устанавливаются исходя из условий целевого использования водного объекта. Так, ПДК вредных веществ для рыб ниже, чем ПДК для человека. Поэтому требования к качеству вод в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей, более жесткие, чем для водных объектов хозяйственно-питьевого назначения.

**Нормативы ПДК** химических, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями предельно допустимого содержания химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в окружающей среде, несоблюдение которых может привести к загрязнению окружающей среды, деградации естественных экологических систем.

**Нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах и сточных водах** устанавливаются исходя из условий целевого использования водного объекта. Существуют несколько тысяч ПДК индивидуальных вредных веществ.

**Нормирование в области охраны окружающей среды** заключается в установлении нормативов качества окружающей среды и нормативов допустимого воздействия на нее. Они разрабатываются, утверждаются и вводятся в действие на основе современных достижений науки и техники с учетом международных правил и стандартов.

**Нормы накопления отходов** – количество отходов, накопленное за определенный период времени (сутки, год) и отнесенное к расчетной единице (для жилого сектора – один человек, для гостиницы – одно место, для магазинов и складов – 1 м<sup>2</sup> торговой площади и т. д.).

**Обеззараживание воды.** Целью является уничтожение болезнетворных микроорганизмов, защита воды от внешнего загрязнения и вторичного роста микроорганизмов при транспортировании ее по водопроводным сетям. Эффективность обеззараживания воды зависит от концентрации и вида микробиологических загрязнений, их устойчивости к используемым реагентам. При этом, чем глубже очистка воды от взвешенных веществ, тем лучше доступ дезинфицирующего реагента к бактериям и вирусам.

**Обращение с отходами** – деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению отходов.

**Общая жесткость** воды характеризуется содержанием солей кальция, магния и железа.

**Общественный экологический контроль** должен осуществляться общественными и иными некоммерческими объединениями в соответствии с их уставами, а также гражданами в соответствии с законодательством. Результаты контроля представляются в органы государственной власти, органы местного самоуправления.

**Озонирование** – эффективный метод обеззараживания воды. Озон действует на окислительно-восстановительную систему и на протоплазму клеток микроорганизмов, обеспечивая тем самым бактерицидный эффект. Озон как обеззараживающий реагент в 15...20 раз действует быстрее хлора, оказывает более активное действие на вирусы и другие микроорганизмы, устойчивые по отношению к хлору. Кроме того, озон как сильный окислитель снижает содержание гуминовых веществ, обуславливающих цветность воды, удаляет запахи и привкусы воды.

**Опасные атмосферные явления для города** – инверсии температуры и смог.

**Опасные отходы** – отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной опасностью), или содержащие возбудителей инфекционных болезней либо отходы, которые могут представлять собой непосредственную или потенциальную опасность для окружающей среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами.

**Определение балльного показателя экологического благополучия территории города** – выделяют семь ступеней экологического состояния городской среды, каждая из которых характеризуется оп-

ределенной суммой баллов. Все ступени образуют так называемую «экологическую пирамиду». Отдельные зоны города характеризует балльный показатель, установленный в соответствии со степенями экологического состояния среды. Уровень экологического благополучия городской среды в целом оценивается в сумме баллов всех зон города с учетом весовых коэффициентов, установленных экспертной оценкой.

**Оптимальное состояние территории города** – 6-я ступень – учет индивидуальных потребностей человека; соответствие функциональной и композиционной организации искусственной среды местным природным условиям, потребностям конкретных социальных групп.

**Опускание городских территорий** – причины: дополнительные статические и динамические нагрузки от зданий, сооружений и транспортных систем города. Скорость и негативные последствия процессов значительно превосходят параметры природных явлений. Если в основании сооружений залегают скальные грунты, их сжимаемость под влиянием самых высоких и массивных зданий не превышает 5...15 см. Если же объекты города возведены на слабых (глинистых, заторфованных, илистых) грунтах, сжимаемость грунтовых толщ резко возрастает, причем не только под отдельными зданиями, но и на всей территории города. Особую опасность эти процессы имеют для городов, расположенных на морских побережьях, так как вследствие оседания суши возможно затопление городских территорий морскими водами. Проблемы затопления возникали в городах Токио, Осака, Венеция.

**Органолептические показатели воды** – запах, привкус, цветность, мутность. Запах и привкус воды определяются ее составом, а также концентрацией содержащихся в ней примесей и газов. Различные вкусовые ощущения придает воде растворенные в ней хлориды и сульфаты натрия, калия, железа, марганца и др. Показатели запаха и привкуса воды выражают в баллах. Некоторые химические вещества, присутствующие в воде даже в небольших количествах, могут изменять органолептические показатели воды: вызывать запах, увеличивать мутность, придавать окраску, вызывать образование пены, образовывать пленку на поверхности воды, придавать воде привкус. В этом случае органолептический показатель становится лимитирующим показателем вредного воздействия этих веществ.



**Ориентировочно допустимый уровень (ОДУ)** содержания вредных веществ, для которых не установлены ПДК, разрабатываются на основе расчетных экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности. По мере изучения токсикологических свойств данных веществ их ОДУ заменяется значением ПДК. ОДУ применяется на стадии предупредительного контроля за предприятиями и очистными сооружениями. Для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования нормируются ПДК (мг/л) более 1300 вредных веществ и приводятся ОДУ (мг/л) около 400 веществ.

**Основными объектами экологического мониторинга** являются выбросы и сбросы источников загрязнения (газовоздушные смеси и производственные сточные воды), атмосферный воздух жилых и рекреационных зон, поверхностные воды, почвы. Отобранные пробы выбросов и сбросов, пробы воздуха, воды и почв систематически исследуются на содержание загрязняющих веществ в аналитических лабораториях по стандартным методикам. Достоверность результатов обеспечивается, если лаборатория имеет сертификат аккредитации государственными органами стандартизации и метрологии на проведение данных анализов.

**Острова тепла** – Повышение температуры воздуха внутри города по сравнению с температурой окружающей местности приводит к образованию области повышенной температуры воздуха, которая имеет вид купола. Размер «острова тепла» и другие его показатели зависят от метеорологических условий и особенностей города. «Остров тепла» разрушается ветром или другими атмосферными осадками, но устойчив в безветрие. На высоте до нескольких сот метров по границам «острова» происходит циркуляция масс теплого и холодного воздуха. Образование «острова тепла» вызывает уменьшение притока солнечной радиации на территорию крупного города, увеличение количества атмосферных осадков, увеличение повторяемости туманов.

**Относительное экологическое равновесие** – не соблюдаются как условия воспроизводимости компонентов природной среды, так и условия баланса биомассы; при этом геохимическая, биохимическая активности, а также физическая устойчивость территории соответствуют антропогенным воздействиям.

**Отходы производства и потребления** – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые обра-

зовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства.

**Оценка биоклимата городов**, расположенных в разных климатических районах, дается по системе температурных шкал. В качестве зоны комфорта принимается интервал ЭЭТ: для южных городов – 17...21 °С; для городов средней полосы, Сибири и Приморья – 13,5...18 °С. ЭЭТ ниже указанных пределов характеризуют состояние охлаждения, а выше – перегрева. При расчетах ЭЭТ, помимо средних многолетних показателей, следует использовать и ежедневные метеорологические данные. Человек адаптируется к средним климатическим условиям. Экстремальные условия (их повторяемость, интенсивность, продолжительность) могут вызвать негативную реакцию организма, прежде всего у людей с ослабленным здоровьем.

**Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)** – деятельность по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

**Оценка уровня загрязнения почв города** проводится по двум показателям: коэффициенту концентрации химического вещества  $K_C$  и суммарному показателю загрязнения  $Z_C$ . Коэффициент  $K_C$  определяется как отношение реального содержания вредного вещества в почве  $C_i$  к фоновому  $C_\phi$ :  $K_C = C_i / C_\phi$ . Суммарный показатель загрязнения  $Z_C$  равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов:

$$Z_C = \sum_i^n K_{C_i} - (n - 1),$$

где  $n$  – число загрязняющих веществ. Тяжелые металлы почвы являются индикаторами загрязнения атмосферного воздуха.

**Оценка уровня экологического благополучия** городской среды проводится по совокупности медико-демографических, санитарно-гигиенических и экономических показателей. Учитывается качественное состояние здоровья населения, природной и искусственной среды. Существует два варианта оценки: определение балльного показателя экологического благополучия и расчет индекса устойчивого развития города.

**Очистка фильтрата.** Собираемый и отводимый дренажной системой фильтрат токсичен. Фильтрат свалок ТБО сбрасывают в канализацию для последующей совместной обработки с бытовыми сточными водами или подают на поверхность свалки по замкнутому циклу; подвергают биологической обработке (аэробной и анаэробной); подвергают физико-химической обработке (осаждению, окислению, адсорбции с применением угля, обратному осмосу и др.).

**Перманганатная окисляемость** характеризует содержание в основном легкоокисляющихся органических веществ в воде. Определяют содержание в воде отдельных классов химических соединений: нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ и т. п. Химический состав воды по отдельным вредным веществам регламентируется их предельно допустимой концентрацией.

**Планировочная структура города** – взаимное размещение основных функциональных зон и системы связи между ними. По сути, это основа города, которая выделяет транспортную силу, внешний вид города и отображается в его генеральном плане. Различают такие формы планировочной структуры: расчлененные, разреженные, разреженные с преобладающим районом и линейную.

**Под экономической оценкой ущерба, или экономическим ущербом**, наносимым окружающей среде, следует понимать выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые загрязнением окружающей среды, или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков. Ущерб, наносимый загрязнением окружающей среде некоторой территории, определяется как сумма ущербов от загрязнения атмосферного воздуха  $U_A$ , водных ресурсов  $U_B$ , почв и земель  $U_{ПЗ}$ , биоресурсов, в том числе растительного покрова  $U_Б$ :  $U = U_A + U_B + U_{ПЗ} + U_Б$ .

**Подтопление.** Развитию процесса подтопления в городах способствует наличие в верхней части геологического разреза слабопроницаемых глинистых прослоев, перекрытых сверху более проницаемыми песчаными и супесчаными отложениями. Подъем уровня грунтовых вод приводит к затоплению подвальных и технических помещений, заболачиванию территории. В результате снижается несущая способность грунтов и, как следствие, наблюдаются преждевременные деформации сооружений и подземных коммуникаций. Подтопление может вызывать загрязнение грунтовых вод, усиливать коррозию подземных коммуникаций, приводить к деградации почв и угнетению растительности.

**Показатели и оценка состояния воздушной среды города.** В жилой зоне и на других территориях проживания концентрации загрязняющих веществ не должны превышать 1 ПДК. В местах массового отдыха населения (дачных, садово-огородных участках, парках, городских пляжах, спортивных базах), а также на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центрах реабилитации концентрация загрязняющих веществ должна быть не более 0,8 ПДК. Для веществ, обладающих суммацией вредного воздействия, сумма их относительных концентраций не должна превышать единицу:

$$\frac{C_1}{\hat{P}ДК_1} + \frac{C_2}{\hat{P}ДК_2} + \frac{C_n}{\hat{P}ДК_n} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, C_n$  – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе;  $\hat{P}ДК_1, \hat{P}ДК_2, \hat{P}ДК_n$  – предельно допустимые концентрации тех же веществ.

**Полигоны ТБО** строят по проектам в соответствии со СНиП. Дно полигона оборудуется противофильтрационным экраном. Он состоит из глины и других водонепроницаемых слоев (битумогрунт, латекс) и предотвращает попадание фильтрата в грунтовые воды.

**Полицентрические агломерации** включают несколько взаимосвязанных крупных городов. К числу наиболее известных полицентрических агломераций относятся Рандштадт в Голландии, Рур в ФРГ, Пристон-Чарлей в Англии.

**Полное экологическое равновесие** – динамическое состояние природной среды, при котором она устойчиво функционирует: природная среда обеспечивает воспроизводство своих компонентов, фито- и зоомассы этих территорий сбалансированы и сложившееся биоразнообразие сохранено, степень геохимической активности ландшафтов и степень биохимической активности экосистем соответствуют уровню антропогенных загрязнений, а уровень физической устойчивости ландшафтов соответствует силе техногенных нагрузок. Оно зависит от климатических и гидрологических условий местности, лесистости, хозяйственного освоения территории, но не всегда достижимо.

**Поселковая зона** – территория, которая предназначена для жилища. В ее границах располагаются микрорайоны и жилищные кварталы, культурно-бытовые предприятия, отдельные невредные произ-

водства, площади, объекты озеленения, склады, транспортные объекты, резервные территории.

**Права граждан в области экологической экспертизы** – возможность получения информации и участия в обсуждении намечаемой деятельности и т. д.

**Предельно допустимая концентрация (ПДК)** – наибольшая концентрация вредного вещества в среде (воздухе, воде, почве), которая при более или менее длительном действии на организм – контакте, вдыхании, приеме внутрь – не оказывает влияния на здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у потомства. В зависимости от длительности действия вредного вещества, чувствительности организма, условий его жизнедеятельности и других обстоятельств различают ПДК среднесуточные (ПДК<sub>с.с.</sub>), максимально разовые (ПДК<sub>м.р.</sub>), ПДК рабочих зон (ПДК<sub>р.з.</sub>), ПДК для человека, животных, растений.

**Предельно допустимые выбросы (ПДВ)** – обеспечение концентраций вредных веществ и микроорганизмов в атмосферном воздухе, не превышающих нормативы качества атмосферного воздуха. В расчетах ПДВ используют условие, при котором концентрация вредных веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух за пределами санитарно-защитной зоны, не должна превышать значения ПДК, т. е. соблюдается соотношение  $C \leq 1 \text{ ПДК}$ .

**Предельно допустимые сбросы (ПДС)**. Они устанавливаются расчетным путем с учетом технологических нормативов и фоновое загрязнение окружающей среды. Конечная цель установления нормативов ПДС – обеспечение такой концентрации вредных веществ в водном объекте, которая не превышает значений ПДК.

**Предельно допустимые уровни (ПДУ)** электромагнитного излучения, допустимые уровни звука и другие значения уровней допустимых физических воздействий на территории населенных мест установлены по гигиеническим нормам.

**При анаэробной обработке органические вещества** преобразуются в биогаз и твердую фазу – ил. Основные преимущества анаэробной очистки фильтрата по сравнению с аэробной следующие: не требуется подача кислорода в обрабатываемую среду; уменьшаются затраты энергии; 85–90 % органического вещества преобразуется в биогаз; образуется меньшее количество осадка; уменьшается время обеззараживания; устраняются неприятные запахи и др. Недостатки анаэробной очистки: необходимость применения повышенных тем-

ператур (более 30 °С); недостаточная степень очистки фильтрата от тяжелых металлов. Обычно для очистки фильтрата используется комплекс методов. Выбору способа очистки или комбинации способов предшествует анализ состава фильтрата, который изменяется в широком диапазоне концентраций загрязняющих веществ как по годам, так и по сезонам года.

**Природная среда города** – атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, почвы, грунты, солнечный свет. Это компоненты среды обитания, без которых жизнь человека и других организмов невозможна.

**Природно-антропогенные объекты** – городские леса, парки, сады, озелененные территории жилых и промышленных районов, бульвары, скверы, защитные зоны, каналы, водохранилища и т.п.

**Природно-техногенные опасности** – это процессы и явления, которые развиваются в геологической среде в результате техногенных воздействий.

**Природный каркас города** – озелененные территории города, обеспечивающие экологическое равновесие в нем.

**Причины понижения числа туманов в городе** – при значительном загрязнении атмосферного воздуха и ослаблении скорости ветра с повышением температуры и понижением относительной влажности туманов их в городе становится меньше, чем за его пределами.

**Производственный экологический контроль** организуют сами субъекты хозяйственной и иной деятельности с целью обеспечения выполнения мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований, установленных законодательством. Сведения об организации производственного контроля представляются в органы, осуществляющие государственный и муниципальный экологический контроль.

**Промышленная зона** включает промышленные предприятия, культурно-бытовые установки, которые их обслуживают, площади, зеленые насаждения.

**Процесс дехлорирования** осуществляется с помощью различных химических восстановителей (тиосульфат натрия, сернистая кислота). Наиболее эффективным методом удаления хлорорганических соединений является сорбция на фильтрах с активным углем. Однако в связи с небольшой адсорбционной емкостью угля время защитного

действия фильтра составляет всего 3...6 месяцев. К методам, предотвращающим образование хлорорганических соединений, относятся также: изменение режима хлорирования воды (дробное или периодическое хлорирование), применение УФ-обеззараживания в сочетании с хлорированием, замена хлора другими окислителями (озон, диоксид хлора, хлорамин).

**Радиационная безопасность воды** определяется действующими нормативами показателей по объемной активности радионуклидов, а также по активности  $\alpha$ - и  $\beta$ - излучения.

**Радиационный режим микроклимата города.** Вследствие загрязнения атмосферного воздуха твердыми и жидкими взвешенными частицами (аэрозолями) происходит уменьшение его прозрачности. Поэтому часть солнечной радиации не проникает на территорию города. В зависимости от степени загрязнения воздуха, времени года и суток наблюдается снижение ее интенсивности до 20 % .

**Радиационный режим** определяется поступающей от солнца суммарной солнечной радиацией. Данные о суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), в МДж/м<sup>2</sup>, падающей на горизонтальную и вертикальную поверхности, по месяцам года для различных широт приведены в СНиПе; он зависит от географической широты местности и состояния атмосферы. В градостроительстве учитывают прямую и рассеянную солнечную радиацию.

**Рассеянная (диффузная) солнечная радиация** – часть солнечной радиации, поступающей на поверхность со всего небосвода после рассеяния в атмосфере.

**Регулирование состояния городских земель осуществляется** нормированием содержания загрязняющих веществ и микроорганизмов в почвах; проведением государственного мониторинга земель; проведением государственного, муниципального и производственного земельного контроля; осуществлением мероприятий по охране земель.

**Санация застройки** (лат. *sanatio* – лечение, оздоровление) – создание оптимальных санитарно-гигиенических условий жизни населения. Она предполагает улучшение условий инсоляции, аэрационных режимов, проведение шумозащитных мероприятий и т.п. Мероприятия по санации проводят при реконструкции старых районов крупных городов, обычно плотно застроенных, без необходимых разрывов между зданиями.

**Санитарно-бактериологические свойства ТБО.** При разложении ТБО выделяются гнилостные запахи и образуется фильтрат (жидкость). В среде ТБО наряду с сапрофитными развиваются патогенные микроорганизмы – возбудители гепатита, туберкулеза, дизентерии, аскаридоза, респираторных, аллергических, кожных и других заболеваний. Кроме патогенных микроорганизмов ТБО содержат яйца гельминтов (глистов). Разносчиками инфекции являются мухи, крысы, птицы, собаки и кошки. С пылью или фильтратом бактериальные загрязнители из ТБО попадают в воздух, воду и почву. Обеззараживание ТБО происходит в процессе их переработки. Анаэробные условия (отсутствие кислорода) и температура выше 60 °С губительны для патогенной микрофлоры.

**Санитарно-защитная зона** – зеленые насаждения шириной 50–1000 м, которые защищают заселенные территории от вредного влияния промышленности и транспорта. Объекты, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных и с неприятным запахом веществ, следует отделять от жилой застройки санитарно-защитной зоной. Размеры нормативной СЗЗ до границы жилой застройки устанавливаются в зависимости от мощности предприятия, особенностей технологического процесса производства, характера и количества выделяемых в атмосферу вредных и с неприятным запахом веществ. В соответствии с санитарной классификацией промышленных предприятий размеры санитарно-защитных зон устанавливаются в пределах от 50 до 3000 м в зависимости от класса опасности предприятия.

**Санитарно-защитные зоны** устанавливаются вдоль воздушных линий электропередачи (ВЛ). Для вновь проектируемых ВЛ допускается принимать границы СЗЗ вдоль трассы ВЛ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ: 20 м – для ВЛ напряжением 330 кВ; 30 м – для ВЛ напряжением 500 кВ; 40 м – для ВЛ напряжением 750 кВ; 55 м – для ВЛ напряжением 1150 кВ. В пределах СЗЗ запрещается размещение жилых и общественных зданий и сооружений; площадок для стоянки и остановки всех видов транспорта; предприятий по обслуживанию автомобилей и складов нефти и нефтепродуктов. Если напряженность электрического поля за пределами СЗЗ превышает ПДУ, должны быть приняты меры по ее снижению (например, удале-



ние ВЛ из зоны жилой застройки или применение экранирующих устройств).

**Санитарно-эпидемиологический надзор.** Согласно экологическому законодательству при осуществлении любой хозяйственной и иной деятельности, оказывающей негативное воздействие на окружающую среду, должны соблюдаться гигиенические нормативы и выполняться санитарные правила.

**Сбросы** – поступление веществ и микроорганизмов со сточными водами в водные объекты. Нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов устанавливаются с учетом технологических нормативов источников загрязнения в соответствии с показателями массы веществ или микроорганизмов.

**Световое загрязнение окружающей среды** вызвано ночным электрическим освещением городов. Оно наносит большой вред биоте. Птицы от действия искусственного света теряют ориентацию и меняют направление миграционных перелетов. Электрический свет негативно влияет на жизнедеятельность пресмыкающихся, обитающих на городских территориях. Сокращается их численность, меняются места обитания бабочек, жуков и других, а, следовательно, и питающихся ими отдельных видов птиц.

**Степень минерализации** определяется количеством сухого остатка в 1 мг на 1 л (дм<sup>3</sup>) воды. Минерализация речных вод определяется составом почвогрунтов водного бассейна, иногда антропогенным загрязнением. Повышенной минерализацией отличаются подземные воды.

**Тепловое состояние человека** определяется его физиологическими показателями, физической нагрузкой, теплозащитными свойствами одежды, но, в первую очередь, комплексом метеорологических факторов: температурой и влажностью воздуха, солнечной радиацией и скоростью ветра. Установлено, что человек испытывает тепловой комфорт в том случае, когда его теплорегуляторная система находится в состоянии наименьшего напряжения.

**Термическую обработку ТБО нагреванием без доступа воздуха проводят до 500...600 °С (низкотемпературный пиролиз) и выше 1100 °С (высокотемпературный пиролиз).** Созданы технологии и опытно-промышленные установки различной производительности. К достоинствам этого метода следует отнести использование газообразных продуктов пиролиза – пара и топливного горючего газа – как

в самом процессе пиролиза, так и вне его. При этом методе выброс газообразных продуктов в атмосферу резко снижается. При пиролизе образуются продукты, которые могут найти применение в хозяйственной деятельности: газообразное топливо, твердый углеродистый остаток и смола. В качестве побочного продукта образуется подсмольная вода. Так, углеродистый остаток – пирокарбон, содержащий до 30...40 % углерода, используется как заменитель низкосортных графитов, наполнитель асфальтобетонных смесей, низкосортное топливо, сорбент; смола – как топливо, компонент асфальтобетонных смесей, сырье для производства химических соединений. Подсмольная вода как антисептическое средство используется, в частности, для пропитки шпал. В пиролизных установках перерабатывается некомпостируемая часть ТБО (резина, кожа, текстиль). Поэтому внедрение пиролизных установок способствует созданию малоотходных технологий переработки ТБО.

***Территориальные комплексные схемы охраны природы и природопользования (ТерКСОП)*** – экологически ориентированный градостроительный документ, который включает анализ и оценку экологического состояния природной среды, расселения населения и территориальную организацию производительных сил, состояния инфраструктуры, условий жизнедеятельности, состояния природных и историко-культурных комплексов, а также предлагает меры по оздоровлению окружающей среды, охране и рациональному использованию природных ресурсов, меры по предотвращению чрезвычайных ситуаций и т. п.

***Технико-технологические методы очистки и обеззараживания сточных вод разделяются:***

- на механические → отстаивание, фильтрование, центрифугирование, процеживание;
- физико-химические → коагуляция, сорбция, флотация, ионный обмен, обратный осмос, электрохимические и др.;
- химические → нейтрализация, аэрация, озонирование, хлорирование и др.;
- физические → УФ-излучение, электрический разряд, ультразвук и др.;
- биологические → биологическое разложение, биохимическое окисление.

***Технико-технологическими методами переработки отходов*** являются: сортировка, биотехнологический (в основном компостиру-

вание) и термический (в основном сжигание) методы, захоронение на полигонах.

**Технический норматив выброса вредного вещества в атмосферный воздух.** Он отражает массу выброса вредного вещества в расчете на единицу продукции, мощности пробега транспортных и иных передвижных средств и другие показатели.

**Технологический норматив** – норматив допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов, который устанавливается для стационарных, передвижных и иных источников, технологических процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции. Он устанавливается на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов.

**Типы смога** – восстановительный (смог лондонского типа), окислительный, или фотохимический, и смог ледяного типа.

**Токсикологический и рыбохозяйственный лимитирующие показатели вредности** выделяют в водных объектах рыбохозяйственного водопользования. Принадлежность нескольких вредных веществ к одному и тому же лимитирующему показателю проявляется в суммировании их негативного воздействия. Для вод хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения учитывается класс опасности вредных веществ.

**Транспортная зона** – объекты внешнего транспорта (водного, воздушного, железнодорожного).

**Удельный ущерб** от загрязнения атмосферного воздуха понимается как удельная стоимостная оценка ущерба от выброса единицы условной тонны приведенной массы загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух. Показатель удельного ущерба определяется отношением величины суммарной оценки нанесенного (фактически причиненного) экономического ущерба от выбросов загрязняющих веществ за год к приведенной массе выбросов загрязняющих веществ в этот же период времени в рассматриваемом регионе:

$$Y_{y\partial} = \frac{\sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^n Y_i}{M_{\Pi}},$$

где  $Y_{y\partial}$  – показатель удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в регионе, тыс. руб.;  $Y_i$  – экономиче-

ская оценка нанесенного ущерба от  $i$ -го загрязняющего вещества по  $j$ -му фактору, тыс. руб.;  $M_{\Pi}$  – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ за год на территории региона, тыс. усл. т. Приведенная масса выбросов определяется как  $M_{\Pi} = \sum_{i=1}^n M_i \cdot K_{эi}$ , где  $M_i$  – фактическая масса выбросов  $i$ -го загрязняющего вещества,  $K_{эi}$  – коэффициент относительной опасности  $i$ -го вещества. Для определения показателей удельных ущербов анализируются и обрабатываются данные официальной статистики, которые включают социальные, экономические и природно-географические показатели регионов. Предотвращенный ущерб  $U_{\Pi P}$  рассчитывается по формуле  $U_{\Pi P} = U_{y\delta} \cdot K_{э} \cdot \Delta M_{\Pi}$ , где  $\Delta M_{\Pi}$  – абсолютное сокращение приведенной массы загрязнения окружающей среды при реализации природоохранного мероприятия, определяемое как  $\Delta M_{\Pi} = M_{\Pi} - \Delta M_{\Pi n}$ , где  $M_{\Pi}$  – приведенная масса загрязняющих веществ до проведения  $n$ -го мероприятия;  $M_{\Pi n}$  – приведенная масса загрязняющих веществ после проведения  $n$ -го мероприятия. Предотвращенный ущерб является показателем эффективности проведения природоохранных мероприятий:  $U_{\Pi P} = U_{\phi} - U_{Bn}$ , где  $U_{\phi}$  – фактический ущерб;  $U_{Bn}$  – возможный ущерб, возникающий после реализации  $n$ -го мероприятия. Предварительная оценка предотвращенного ущерба способствует установлению очередности проведения мероприятий при составлении текущих и перспективных комплексных планов и природоохранных программ.

**Урбанизация** – 1. Рост и развитие городов, увеличение удельного веса городского населения в стране, регионе, мире. 2. Приобретение сельской местностью внешних и социальных черт, характерных для города. 3. Процесс повышения роли городов в развитии общества.

**Урбогеосоциосистема.** Города представляют уникальное сочетание места и населяющих его людей и своим происхождением и развитием обязаны социально-экономической активности человека. 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. Социальный блок в такой системе выполняет системообразующую и управляющую функции.

**Уровень допустимого воздействия физических факторов** на окружающую среду, при соблюдении которых обеспечиваются нор-

мативы качества окружающей среды. Допустимое физическое воздействие определяется по количеству тепла, уровню шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электрических полей. Нормативы допустимых физических воздействий на окружающую среду определяются для каждого источника исходя из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормативов качества окружающей среды и с учетом влияния других источников физических воздействий. В настоящее время эти нормативы устанавливаются в основном по физическому воздействию на атмосферный воздух и определяются расчетным путем для каждого источника. В основе расчетов лежит соблюдение уровня допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду за пределами санитарно-защитной зоны источника вредного воздействия.

***Условия загрязнения подземных вод*** – пути проникновения в водоносные горизонты загрязнения. Выделяют четыре принципиально различных случая. *Поверхностное загрязнение* характеризуется поступлением загрязнений с поверхности земли при непосредственной инфильтрации сточных вод из накопителей, с территорий предприятий, орошаемых земель, а также с атмосферными осадками и т. д. *Латеральное загрязнение* поступает в водоносный горизонт сбоку при интрузии морских вод в континентальную часть водоносного горизонта, при фильтрации из поверхностных водостоков в условиях их тесной взаимосвязи с подземными водами, при снижении их уровней в результате водоотбора. *Прямое загрязнение* происходит при сбросе сточных вод непосредственно в водоносный горизонт через поглощающие скважины, шахты, например, при захоронении жидких промышленных отходов, при обводнении нефтяных и газовых залежей. *Опосредованное загрязнение* происходит путем вертикального перетока из смежного по разрезу загрязненного водоносного горизонта через гидрогеологическое окно в разделяющем их водоупоре, либо по стволу нефтяных скважин.

***Условное экологическое равновесие*** – компоненты природной среды не воспроизводятся в полной мере.

***Устойчивое развитие*** – длительный непрерывный процесс удовлетворения общественных потребностей на основе таких уровня и темпов развития экономики, которые не влекут за собой необратимых экологических последствий.

***Устойчивое развитие городских поселений*** – развитие территорий и поселений при осуществлении градостроительной деятельно-

сти в целях обеспечения градостроительными средствами благоприятных условий проживания населения, в том числе ограничения вредного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и ее рациональное использование в интересах настоящего и будущего поколений. Создание благоприятных условий жилой среды включает эффективное функционирование систем жизнеобеспечения города.

**Устойчивое развитие общества** – система мероприятий, когда антропогенное воздействие на окружающую среду не нарушает экологического равновесия, соответствует хозяйственной емкости биосферы и условиям, определяемым законами ее устойчивости.

**Устойчивость ландшафта** – способность ландшафта сохранять в условиях антропогенных воздействий свою структуру и свойства.

**Устойчивость территории к физическим нагрузкам** характеризует сопротивляемость ландшафта к физическим антропогенным нагрузкам (воздействие застройки, транспорта, инженерной инфраструктуры, рекреационных зон и т. п.).

**Устойчивость экологическая** – способность экосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних факторов.

**Утилизация** – употребление с пользой; система мероприятий, позволяющая воспроизводить природные ресурсные циклы, когда отход одного производства является сырьем для другого.

**УФ-облучение воды** является альтернативным методом ее обеззараживания. Оно используется при обработке маломутных вод, имеющих среднюю цветность. Эффект обеззараживания основан на воздействии ультрафиолетовых лучей с длиной волны 200...300 нм на белковые коллоиды и ферменты протоплазмы микробных клеток. Обеззараживаемая ультрафиолетом вода должна иметь достаточную прозрачность, поскольку в загрязненных водах интенсивность проникновения УФ-лучей быстро затухает. Установка УФ-обеззараживания воды комплектуется ртутными лампами низкого давления и не исключает заключительного этапа хлорирования. В последние годы созданы новые экономичные установки УФ-обеззараживания воды.

**Уязвимость подземных вод** – степень восприимчивости подземных, главным образом грунтовых, вод к поверхностному загрязнению. Основой определения уязвимости подземных вод – особенно-

сти геологического строения территории, обуславливающие различную степень поступления загрязнения с поверхности земли и распространения в водоносном горизонте в результате сорбционных процессов. Карты уязвимости подземных вод показывают потенциальную опасность загрязнения подземных вод и могут быть использованы для рационального планирования при размещении хозяйственных объектов.

**Фильтрат** – жидкость, содержащаяся в отходах, она стекает вниз, на дно полигона, и может просачиваться через его борта. Это минерализованная жидкость, содержащая вредные вещества. Собирается фильтрат с помощью дренажных труб и отводится в резервуар для обезвреживания. Ежедневно в конце рабочего дня отходы покрываются специальным материалом и слоями грунта, а затем уплотняются катками. После заполнения секции полигона отходы покрываются верхним перекрытием.

**Флотационный метод.** Иногда при извлечении компонентов из отходов (например, стекла) используется метод гидросепарации. Он заключается в пропускании через жидкость потока воздуха, прилипанию воздушных пузырьков к твердым телам (отдельным компонентам отходов), всплывании этих компонентов на поверхность жидкости и удалении плавающих компонентов отходов.

**Фоновая концентрация загрязняющего вещества** создается всеми источниками выбросов на территории в месте расположения пункта наблюдения; это статистически достоверная максимально разовая концентрация по данным наблюдений за пять лет.

**Фотохимический смог** – Образованию смога способствует интенсивная солнечная радиация и безветрие. Предвестником образования фотохимического смога является озон, поэтому особое внимание при контроле атмосферного воздуха города необходимо уделять мониторингу озона. При воздействии его на дыхательную и кровеносную системы человека возникает стойкая неспособность крови к усвоению и переносу кислорода.

**Фотохимический смог** – это комплексная воздушная смесь, состоящая из оксидантов, в основном озона, смешанного с другими окислителями, включая слезоточивый газ – пероксиацетилнитрат (ПАН). Первоначальная реакция образования смога:  $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$ . Атомарный кислород взаимодействует с кислородом  $\text{O}_2$  и неактивным веществом М (например, азотом):  $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M}$ ,  $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ . Озон и атомарный кислород окисляют

олефиновые углеводороды, присутствующие в воздухе. При этом образуются радикалы:  $RCH = CH_2 + O_3 \rightarrow RCHO + CH_2O_2$ ,  $RCH = CH_2 + O \rightarrow RCH_2 + CHO$ . Радикалы ( $RCH_2$ ) реагируют с компонентами атмосферы по цепному механизму, образуя водород- и кислородсодержащие, а также пероксиацетиловые ( $RC(O)O_2$ ) радикалы, из которых впоследствии образуется ПАН. Формирование смога и образование оксидантов заканчивается с закатом солнца.

**Химическое потребление кислорода (ХПК)** определяется как количество кислорода, необходимое для химического окисления, содержащееся в единице объема воды органических и минеральных веществ. В качестве окислителя при определении ХПК используется бихромат калия (бихроматная окисляемость воды).

**Хлорирование** – один из основных методов обеззараживания воды – использование жидкого хлора  $Cl_2$  и различных хлорреагентов: гипохлорита натрия  $NaClO$ , гипохлорита кальция  $Ca(ClO)_2$ , диоксида хлора  $ClO_2$ . Перспективным для хлорирования воды является применение гипохлорита натрия. Его получают непосредственно на водочистой станции путем электролиза поваренной соли. Использование гипохлорита натрия позволяет повысить экологическую и гигиеническую безопасность производства воды, уменьшить коррозию оборудования и трубопроводов, повысить экономичность производства. При хлорировании воды образуются токсичные хлорорганические соединения: хлороформ, дихлорбромметан, бромформ и др. Происходит это главным образом при нахождении в воде таких органических соединений, как глюкоза, дубильная, галловая и гуминовые кислоты природного происхождения, которые взаимодействуют с активным хлором. Обладают таким свойством и находящиеся в воде загрязняющие примеси антропогенного происхождения (фенолы, углеводороды). Концентрация хлороформа, образующегося при хлорировании воды, в 5–30 раз превышает концентрацию остальных примесей.

**Цветность воды** зависит от содержания в ней органических и неорганических веществ. Она определяется в градусах путем сравнения с платинокобальтовой шкалой. Чистая вода в тонком слое бесцветна, в большом слое имеет голубоватый оттенок. Примеси придают воде специфический оттенок: соли железа – бурый, глина – желтый, гумусовые вещества – от желтого до коричневого.

**Экодом** – современный комфортабельный дом с автономными системами жизнеобеспечения. Для строительства экодома кроме традиционных материалов (кирпич), используются материалы, изготов-



ленные по энерго- и ресурсосберегающим технологиям (блоки из неавтоклавногo ячеистогo бетона и грунта, вынимаемого при строительстве). Для обогрева дома и горячего водоснабжения используется солнечная энергия, поглощаемая воздушным коллектором. Когда этой энергии недостаточно, вступает в действие автономная система отопления.

**Экологическая емкость территории** – способность поглощать посторонние вещества и энергию без существенного изменения параметров окружающей среды. Определяется как плотность биомассы представителей животного и растительного мира на единицу территории с учетом оптимального состава и численности для данного природно-географического района. Экосистема тем устойчивее к неблагоприятным антропогенным воздействиям, чем полноценнее ее видовой состав, то есть чем больше ее биоразнообразие.

**Экологическая модернизация жилищ** – реконструкция зданий, которые снабжаются системами оборотного водоснабжения (для хозяйственных нужд), биореактором (переработка бытового мусора), гелиоустановками (мощность достаточна для отопления здания), системой вертикального озеленения дома, установкой для компостирования прочих отходов, комплексном обводнении и благоустройством дворов.

**Экологическая экспертиза** – установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы. Ведущим является принцип презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной или иной деятельности. Это означает, что инициатор любой деятельности должен доказать ее экологическую безопасность.

**Экологический контроль** осуществляется за источниками загрязнения, а также за загрязнением и состоянием окружающей среды на территории города. Контроль основан на данных экологического мониторинга.

**Экологическое обоснование** – совокупность доводов (доказательств) и научных прогнозов, позволяющих оценить экологическую опасность намечаемой градостроительной, строительной, хозяйственной и иной деятельности.

**Экологическое равновесие** – динамическое состояние природной среды, при котором она устойчиво функционирует. При этом основными функциями природной среды будут функции самовосста-

новления и самоочищения. Экологическое равновесие населенных мест сохраняется при допустимых антропогенных нагрузках, не превышающих емкость территории. При этом определяющими являются репродуктивная способность территории, ее экологическая емкость, геохимическая и биохимическая активность, устойчивость территорий к физическим нагрузкам.

*Электрический смог.* На твердых взвешенных частицах загрязненного воздуха могут скапливаться электрические заряды. Их совокупность составляет атмосферное статическое электричество.

*Энергосберегающие здания* – дома, в которых максимально используется тепловая энергия, выделяемая внутри, и предусмотрена передача тепла наружу.

*Эпидемиологическая безопасность воды* нормируется микробиологическими и паразитологическими показателями. Самым общим санитарно-бактериологическим показателем является так называемое *общее микробное число* – наличие в 1 мл исследуемой воды определенного числа образующих колонии бактерий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимова, Т. А. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для вузов / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юнити-Дана, 2000. – 566 с.
2. Башкин, В. Н. Управление экологическим риском / В. Н. Башкин. – Москва: Научный мир, 2005 – 368 с.
3. Безуглая, Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах / Э. Ю. Безуглая. – Москва: Гидрометеиздат, 1986. – 199 с.
4. Битюкова, В. Р. Социально-экологические проблемы развития городов России / В. Р. Битюкова. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 448 с.
5. Большаков, А. Г. Экологические основы градостроительства: учебник для вузов / А. Г. Большаков. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1991. – 112 с.
6. Бродский, А. К. Экология: учебник для студентов вузов / А. К. Бродский. – Москва: КноРус, 2012. – 269 с.
7. Великанов, Л. Л. Полевая практика по экологии грибов и лишайников / Л. Л. Великанов, И. И. Сидорова, Г. Д. Успенская. – Москва: Изд-во МГУ. – 1980. – 112 с.
8. Владимиров, В. В. Расселение и окружающая среда / В. В. Владимиров. – Москва: Стройиздат, 1982. – 228 с.
9. Владимиров, В. В. Расселение и экология / В. В. Владимиров. – Москва: Стройиздат, 1996. – 392 с.
10. Владимиров, В. В. Урбоэкология: курс лекций / В. В. Владимиров. – Москва: МНЭПУ, 1999. – 204 с.
11. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования / Минздрав России. – Москва, 1998. – 126 с.
12. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест: Гигиенические нормативы. – Москва: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. – 69 с.
13. Горелов, А. А. Экология: учебное пособие / А. А. Горелов. – Москва: Центр, 2000. – 240 с.

14. Городская среда: принципы и методы геоэкологических исследований. – Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 1990. – 223 с.
15. Городская среда: проблемы существования. – Москва: ВНИИТАГ, 1990. – 190 с.
16. ГОСТ 28329-89. Озеленение городов: термины и определения. – Москва: Издательство стандартов; Стандартинформ, 2008. – 10 с.
17. Демаков, Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем / Ю. П. Демаков. – Йошкар-Ола, 2000. – 414 с.
18. Инженерная экология и экологический менеджмент / М. В. Буторина, П. В. Воробьев, А. П. Дмитриева [и др.], под ред. Н. И. Иванова, И. М. Фадына. – Москва: Логос, 2002. – 528 с.
19. Камерилова, Г. С. Экология города: урбоэкология / Г. С. Камерилова. – Москва: Просвещение, 1997. – 192 с.
20. Коробкин, В. И. Экология: учебник для вузов / В. И. Коробкин, Л. В. Предельский. – 15-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 601 с.
21. Коротченко, И. С. Урбоэкология и мониторинг: курс лекций: учебное пособие для студентов направления подготовки «Ландшафтная архитектура» / И. С. Коротченко, Н. Н. Кириенко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 383 с.
22. Коротченко, И. С. Урбоэкология и мониторинг: терминологический словарь / И. С. Коротченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 57 с.
23. Кругляк, В. В. Урбоэкология и мониторинг среды Ч. 2. / В. В. Кругляк, Н. П. Карташова; Воронеж. гос. лесотех. ун-т имени Г. Ф. Морозова. – Воронеж, 2010. – 92 с.
24. Курбатова, А. С. Ландшафтно-экологический анализ формирования градостроительных структур / А. С. Курбатова. – Москва-Смоленск: Маджента, 2004. – 400 с.
25. Курбатова, А. С. Создание устойчивой системы зеленых насаждений в городе / А. С. Курбатова. – Москва-Смоленск: Маджента, 2006. – 152 с.
26. Лобанов, А. И. Оценка воздействия выбросов автотранспортных средств на воздушную среду города и их минимизация: дис. ... канд. техн. наук / А. И. Лобанов. – Красноярск, 2004. – 150 с.
27. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко; под ред. В. Н. Луканина. – Москва: Высш. шк., 2001. – 273 с.

28. Маршалкович, А. С. Экология городской среды: учебно-методическое пособие / А. С. Маршалкович, М. И. Афолина. – Москва: МГСУ, 2015. – 129 с.

29. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. – Москва: Госкомитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 71 с.

30. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

31. Методические рекомендации по обеспечению выполнения требований санитарных правил и норм СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» на водопроводных станциях при очистке природных вод. МДС 40-3.2000. – Москва: ГУП «ВИМИ», 2001.

32. Методическое пособие к расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2002. – 127 с.

33. Мягков, М. С. Город, архитектура, человек и климат / М. С. Мягков. – Москва: Архитектура-С, 2007. – 344 с.

34. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): гигиенические нормативы. – Москва: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.

35. О состоянии и охране окружающей природной среды Красноярского края в 2019 году: ежегодный доклад. – Красноярск, 2020. – 314 с.

36. Пособие к МГСН 2.04-97. Проектирование защиты от транспортного шума и вибрации жилых и общественных зданий. – Москва: ГУП «НИАЦ», 1999. – 41 с.

37. Почва, город, экология / под ред. Г.В. Добровольского. – Москва: Фонд «За экологическую грамотность», – 1997. – 320 с.

38. Природный комплекс большого города: ландшафтно-экологический анализ / Э. Г. Коломыц, Г. С. Розенберг, О. В. Глебова [и др.]. – Москва: Наука; МАИК «Наука Интерпериодика», 2000. – 286 с.

39. Протасов, В. Ф. Экология, охрана природы: Законы, кодексы, платежи. Показатели, нормативы, ГОСТы. Экологическая доктрина. Киотский протокол. Термины и понятия. Экологическое право:

[учебное пособие: в авторской редакции] / В. Ф. Протасов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Финансы и статистика, 2006. – 376 с.

40. Ручин, А. Б. Урбозкология для биологов: учебное пособие / А. Б. Ручин, В. В. Мещеряков, С. Н. Спиридонов. – Москва: КолосС, 2009. – 195 с.

41. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы / Минздрав России. – Москва, 2001.

42. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод: Санитарные правила и нормы / Минздрав России. – Москва, 2001. – 28 с.

43. СанПиН 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов: Санитарные правила и нормы / Минздрав России. – Москва, 1999. – 16 с.

44. СанПиН 2.2.1./2.1.1.1031-01. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: Санитарные правила и нормы / Минздрав России – Москва, 2001.

45. СанПиН 2.2.4 / 2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: Санитарные нормы / Минздрав России. – Москва, 1997. – 20 с.

46. Сафронов, Э. А. Источники финансирования природоохранных мероприятий / Э. А. Сафронов, В. А. Хомич // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2001. – № 1. – С. 21.

47. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: учебное пособие для вузов / В. И. Сметанин. – Москва: Колос, 2000. – 232 с.

48. СНиП 2.07.01-89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / Госстрой России. – Москва: ГПЦПП, 1994. – 44 с.

49. СНиП II-12-77. Нормы проектирования. Защита от шума. / Госстрой России. – Москва: 1978. – 49 с.

50. Тетиор, А. Н. Устойчивое развитие города / А. Н. Тетиор. Ч.2. – Москва, 1999.– 151 с.

51. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 12.03.2014) «Об охране окружающей среды» // Сборник законодательства РФ. – 2002.– № 2. – С. 739–777.

52. Хакимов, Ф. И. Эколого-геохимическая характеристика почв промышленного города / Ф. И. Хакимов, Н. Ф. Деева, А. А. Ильина // Экология и почвы: избранные лекции I-VII Всероссийских школ. – Пущино, ОНТИ ПНУ РАН, 1998. – С. 182–205.

53. Чистякова, С. Б. Охрана окружающей среды: учебник для вузов / С. Б. Чистякова. – Москва: Стройиздат, 1988. – 272 с.

54. Шепелев, Н. П. Реконструкция городской застройки / Н. П. Шепелев, М. С. Шумилов. – Москва: Высшая школа, 2000. – 271 с.

55. Шилов, И. А. Экология: учебник / И. А. Шилов. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2001. – 512 с.

56. Экология города / А. С. Курбатова, В. Н. Башкин, Н. С. Касимов (редкол.); Институт экологии города. – Москва: Научный мир, 2004. – 624 с.

57. Экология города / под ред. Н. С. Касимова. – Москва: Научный мир, 2004. – 624 с.

# УРБОЭКОЛОГИЯ И МОНИТОРИНГ

*Учебное пособие*

*Коротченко Ирина Сергеевна*

*Электронное издание*

Редактор В. И. Тонкая

Подписано в свет 01.06.2021. Регистрационный номер 3  
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117  
e-mail: rio@kgau.ru