



ЭКОЛОГИЯ

А.С. Маршалкович, М.И. Афонина

ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Учебно-методическое пособие

ISBN 978-5-7264-0983-2 (локальное)
ISBN 978-5-7264-0984-9 (сетевое)

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2015
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2015

Москва 2015

УДК 711.4:504.5(07)
ББК 85.118я73
М30

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор *Б.И. Кочуров*,
ведущий научный сотрудник института географии РАН;
кандидат технических наук *В.М. Калинин*,
доцент кафедры технической эксплуатации зданий
ФГБОУ ВПО «МГСУ»

Маршалкович, А.С.

М30 Экология городской среды [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А.С. Маршалкович, М.И. Афонина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон, дан. и прогр. (6 Мб). — Москва : МГСУ, 2015. — Учебное электронное издание комбинированного распространения: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7); дисковод CD-ROM, 512 Мб ОЗУ; разрешение экрана не ниже 1024×768; ПО Adobe Air, ПО IPRbooks Reader, мышь; ЭБС IPRbooks. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-0983-2 (локальное)

ISBN 978-5-7264-0984-9 (сетевое)

Описаны закономерности распространения химических загрязнителей в окружающей среде по механизму молекулярной и турбулентной диффузии, на основе которых даются расчетные схемы распространения токсичных веществ в городской воздушной среде от стационарных и передвижных источников, в водной среде и почвенном покрове на территории города, рассматриваются вопросы экологического планирования градостроительной деятельности (экологического равновесия, экосовместимости городов с окружающей средой, экологического каркаса территории), нормирования качества городской окружающей среды с помощью показателей ПДК, ПДВ, ПДС и экономические механизмы регулирования качества городской среды на заданном уровне. Представлены практические работы, с помощью которых студенты должны овладеть навыками проектирования экологически совместимого городского поселения, расчетов и оценки распространения загрязнителей в разных средах на городской территории, а также расчетов по определению ущерба и платы за загрязнение окружающей среды природопользователем.

Для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль подготовки 08.03.01.03 «Городское строительство», всех форм обучения.

Учебное электронное издание

Минимальные системные требования: процессор стандартной архитектуры x86 с тактовой частотой от 1,6 ГГц и выше; операционная система Microsoft Windows XP, Vista или Windows 7; от 512 Мб оперативной памяти; от 1 Гб свободного пространства на жестком диске; разрешение экрана не ниже 1024×768; программа Adobe Air.

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2015

© Оформление.

ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2015

Редактор *А.С. Гаврилова*
Технический редактор *А.В. Кузнецова*
Корректор *А.С. Скрябина*
Компьютерная верстка *С.С. Сизиумовой*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, приложение pdf2swf из ПО Swftools, ПО IPRbooks Reader,
разработанное на основе Adobe Air

Подписано к использованию 26.12.2014. Уч.-изд. л. 5,3. Объем данных 6 Мб,
1 CD-ROM. Тираж 10 экз.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.
Издательство МИСИ — МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ООО «Ай Пи Эр Медиа».
Тел. 8-800-555-22-35, (8452) 24-77-97, вн. 208,
e-mail: izdat@iprmedia.ru, mail@iprbookshop.ru
www.iprbookshop.ru

СОДЕРЖАНИЕ

От авторов	5
Введение	9
1. Экологическое планирование градостроительной деятельности	19
1.1. Экологическое равновесие городских поселений.....	19
1.2. Методические указания к расчетно-графической работе «Основы экологического планирования градостроительной деятельности».....	26
2. Воздействие загрязнений на городскую окружающую среду	50
2.1. Закономерности распространения химических Загрязнителей в окружающей среде.....	51
2.2. Оценка загрязнений воздушной среды.....	59
2.3. Оценка загрязнений водной среды.....	91
2.4. Оценка загрязнений почв и грунтов.....	101
3. Экологические издержки и ущербы от техногенных воздействий на окружающую среду	110
3.1. Плата за загрязнение окружающей среды как элемент экономического механизма управления качества среды.....	116
3.2. Методические указания к практической работе «Расчет платы за загрязнение окружающей городской среды».....	125
Библиографический список	128

ОТ АВТОРОВ

В последние 20—30 лет быстрое увеличение численности населения земного шара и, соответственно, потребностей человечества в пище и природных ресурсах, а также ускорение темпов научно-технического прогресса привели к совершенно новым по характеру взаимоотношениям человека и природы. В настоящее время стало очевидно, что ресурсы биосферы не безграничны, и поэтому значительное число специалистов оценивают современное состояние окружающей природной среды как кризисное глобального уровня.

При этом известно, что большинство населения нашей планеты (более 60 %) проживает в городах, а городская *урбоэкосистема* — это искусственно созданная человеком система, равновесие которой может поддерживаться только человеком. К концу XX в. учёные пришли к выводу, что взаимодействие городов с окружающей природной средой имеет свои особенности. Городская среда обитания связана с высокой концентрацией материальных, энергетических и людских ресурсов, а также отходов производства и потребления на ограниченной территории, что негативно сказывается на здоровье и благополучии населения и экологической продуктивности.

Город не может существовать как замкнутая экосистема. На такой урбанизированной территории природа испытывает сильное антропогенное воздействие, что приводит к частичной, а иногда даже к полной потере способности воздуха, воды и почв к самовосстановлению, разрушению геологического строения земной коры и гидрогеологических режимов. Если бы городская среда не компенсировала эту способность, используя прилегающие зоны, то в итоге своего развития она бы деградировала.

Прошло более 20 лет со дня принятия на глобальном экологическом форуме в Рио-де-Жанейро пакета документов, подписанного главами более чем 180 государств и носящего наименование «Повестка дня на XXI век», который определяет стратегию развития человеческой цивилизации на ближайшую перспективу, называющуюся «Концепцией устойчивого развития». Сутью ее является обеспечение такого развития антропогенной деятельности на Земле, при котором достигается гармония между удовлетворением возрастающих потребностей увеличивающегося населения и поддерживающей емкостью биосферы, ее

способностью как к самовосстановлению, так и к утилизации отходов потребления и производства, и при этом не ущемляющей возможностей будущих поколений человеческого сообщества.

Концепция устойчивого развития не предполагает полного возвращения нарушенной в процессе техногенеза биосферы Земли в ее первоначальное состояние, но позволяет создать условия для восстановления утраченных возможностей ее самообновления, самовосстановления, ассимиляционных способностей и регенерации возобновляемых ресурсов. Нет необходимости, да и нет ни экономических и иных возможностей для восстановления уничтоженных полностью видов животных и растений, разрушенных природных ландшафтов, но есть необходимость и возможности сокращения (и прекращения) растущего потребления невозобновляемых ресурсов, исключения разрушения сохранившихся экосистем, разработки способов частичной регенерации компонентов биосферы. Во многом Концепция устойчивого развития предполагает согласованное всеми представителями мирового сообщества разумное потребление при выравнивании уровней социально-экономического развития.

Значительные антропогенные нагрузки на окружающую среду создают теплоэнергетический комплекс, автотранспорт, промышленность, сельское хозяйство, бытовые и промышленные отходы. Среди факторов, создающих значительные антропогенные нагрузки на окружающую среду, весомую роль играет строительство, особенно градостроительная деятельность. За долгие годы строительство превратилось в природоформирующий и даже средообразующий фактор. Человечество в своем все возрастающем количестве активно застраивает территории, создавая все новые города, «выращивая» их вплоть до мегаполисов, развивает промышленные зоны, уничтожая, а в лучшем случае, существенно изменяя природные ландшафты, еще сохранившиеся экосистемы. Сверхзадачей каждого специалиста, принимающего решение о создании нового объекта, является минимизация ущерба тому, что было создано природой в процессе эволюции, а при глобально-комплексном и бережливом отношении не только уменьшение ущерба, но и содействие развитию естественных природных процессов.

Для этого необходимо максимально гармонизировать задачу строительства и воздействия на среду в результате достижения поставленной цели. При этом, продолжая рассмотрение взаимодействия феномена устойчивого развития и строительного освоения территорий и учитывая различные мнения по этой проблеме, можно, с одной стороны,

усугубить представления о все более развивающемся экологическом кризисе, а с другой — необходимо подчеркнуть настоящую необходимость повышения уровня экологичности строительства, особенно развития и реконструкции городской среды. Как пишет академик РАН А.В. Яблоков: «Необходимо осуществить экологизацию строительной индустрии, в том числе обеспечив жесткое соблюдение санитарных норм по использованию в строительстве экологически опасных материалов... Следует более широко развивать индустрию вторичного использования ресурсов, обеспечив государственную поддержку организации развития современной малоотходной и безотходной промышленности, вторичного использования отходов производства и потребления (не мусоросжигание, а комплексная многоцелевая переработка отходов)».

Поскольку сегодня стала весьма актуальной проблема устойчивого развития городов, ООН проводит специальные конференции по этой проблеме, считая ее узловой, особенно для развивающихся стран, где, как правило, отсутствует бережное отношение к окружающей среде. В настоящее время кумулятивный рост городов, недостаточное количество инвестиций в охрану окружающей среды усугубляют положение вещей. В 1994 г. на конференции в Ольборге (Дания) была принята «Хартия устойчивого развития европейских городов», в которой были сформулированы стратегические задачи перехода европейских государств к развитию, обеспечивающему достижения высокого качества окружающей среды и здорового образа жизни населения.

В связи с этим необходимо градостроительство в экологической, природосовместимой форме. Поэтому при осуществлении строительной политики городов необходимо постепенное осознание факта, что все проектируемые сооружения должны максимально «вписываться» в природную среду, в природные или в устойчиво сложившиеся вторичные ландшафты, а технологии возведения и применяемые строительные материалы зданий и сооружений, как элементов создаваемой среды обитания, должны не нарушать связей в природной среде и быть по своему составу адекватны природным материалам. Последнее является исключительно важным, т.к. определяет способность возведенных сооружений к ассимиляции природной средой после того, как в них исчезнет необходимость. Это, в частности, в значительной мере поможет решить проблему утилизации отходов, или хотя бы утилизации строительного мусора, образующегося при строительстве или при разборке зданий и сооружений.

Одним из видов строительной деятельности является выполнение инженерно-экологических изысканий для строительства, которые позволяют получить необходимые и достаточные данные о состоянии природной среды для экологического обоснования нового строительства или реконструкции старых объектов с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

При изысканиях должна быть обеспечена оценка современного экологического состояния отдельных компонентов природной среды и экосистем в целом, их устойчивости к техногенным воздействиям и способности к восстановлению, а также проведение прогноза изменений в природной и созданной природно-технической системе на протяжении ее жизненного цикла с учетом возможной экологической опасности и риска. При экологическом подходе к проектированию зданий и сооружений, их комплексов необходимо проведение изучения конкретных экосистем, характеристик абиотических и биотических факторов, принципов их функционирования.

Исходя из вышеизложенного, весьма важным представляется наличие у обучающихся студентов оптимального объема экологических знаний для формирования экологического мышления при осуществлении своей дальнейшей профессиональной деятельности. Существующий в учебных планах объем аудиторных занятий в виде лекций и практических работ предполагает освоение студентами определенных теоретических экологических знаний, а также приобретение практических навыков в расчетах и оценках различных негативных факторов в различных урбоэкосистемах при разнообразных воздействиях, в том числе возникающих при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

В настоящих методических указаниях помимо некоторых основных понятий и законов экологии представлен ряд практических задач, методов расчета по оценке загрязнений в воздушной и водной средах, а также почв городской среды, рассмотрены механизмы распространения загрязнителей в различных средах и экономический механизм взимания платы за загрязнение окружающей природной среды, необходимые при изучении курсов «Экологии» и «Экологии городской среды».

Авторы будут благодарны специалистам за недочеты, ошибки и другие возможные замечания, которые следует присылать по адресам: *mars.eko@mail.ru* и *marinamgsu@yandex.ru*.

ВВЕДЕНИЕ

В рамках дисциплины «Экология городской среды» рассматриваются условия существования человеческого сообщества в особой экосистеме — городе, объединяющем созданные человеком сооружения и их комплексы с природными компонентами. Известно, что крупный, а тем более крупнейший город не может существовать как замкнутая экосистема, и на такой урбанизированной территории природа испытывает сильное антропогенное воздействие, а это приводит к частичной, а иногда даже к полной потере способности воздуха, воды и почв к самовосстановлению, разрушению геологического строения земной коры и гидрогеологических режимов. Если бы городская среда не компенсировала эту способность, используя прилегающие зоны, то в итоге своего развития она бы деградировала.

Рост числа городов и прилегающих к ним территорий, относимых к зонам повышенного риска, чрезвычайной экологической ситуации или даже экологического бедствия, говорит о том, что из всех компонентов среды только в городах наиболее ущемленными оказались потребности человека: в составе и чистоте воздушной среды, питьевой воды, пищевых продуктов из пригородного хозяйства, полноценном отдыхе в рекреационных зонах, защищенности от вирусно-бактериальных заболеваний и др.

В связи с этим получает развитие процесс *субурбанизации** — рассредоточением городского населения за счет роста пригородов с занятием территорий бывших сельскохозяйственных угодий, лесов, рекреационных зон. Все это приводит к экологической напряженности в районе расселения, так как происходит исчерпание экологического пространства, необходимого для реабилитации и воспроизводства используемых городом природных ресурсов.

Субурбанизация (отток населения в пригородные зоны) — стихийный процесс, способствующий некоторому сокращению населения городских ядер, однако в целом не ведущий к децентрализации населения, скорее он означает «расползающуюся концентрацию». Первоначально она проявляется в возникновении вокруг крупных городов пригородов, а в итоге постепенно формируются городские агломерации — взаимосвязанные группы поселений (прежде всего городские), объединенные различными видами связей (трудовые, производственные, ре-

креационные, инфраструктурные и др.) в динамичные системы. Затем начинается более быстрое развитие пригородов (прежде всего демографическое) по сравнению с центральным городом, и наконец, пригороды начинают развиваться за счет центрального города: идет интенсивное переселение в пригородную зону жителей из центрального города, перенос туда промышленных и других функций. Численность населения в центральных городах постепенно сокращается.

Необходимым условием субурбанизации является развитие транспорта для обеспечения перевозок между местом жительства и местом работы, т.к. переселяющееся население в большинстве продолжает работать в центральном городе (в центральном деловом районе). Именно поэтому первые признаки субурбанизации появились в развитых странах после развития в них пригородного железнодорожного и трамвайного сообщения (уже в конце XIX в.), а интенсивная субурбанизация началась с массовой автомобилизацией населения (рис. 1).



Рис. 1. Города, в которых активно развивается субурбанизация

Распределение городского населения за счет роста пригородов с занятием территорий бывших сельскохозяйственных угодий, лесов, рекреационных зон, что, кстати, не противоречит ранее высказанному тезису об объемном методе освоения городской среды.

Субурбанизации также способствует повышение материальных возможностей населения и развитие современных средств коммуникаций и связи (наличие хороших дорог, личный транспорт, телефонизация, другие коммуникационные возможности). Но в результате такого процесса экологическая напряженность в районе расселения отнюдь не уменьшается, а, наоборот, возрастает. Ведь причиной напряженности является исчерпание экологического пространства, необходимого для восстановления и воспроизводства используемых городом природных ресурсов и благ, а эта часть физического пространства еще более сокращается. Происходит процесс, который можно охарактеризовать афоризмом: «все меньше окружающей природы — все больше окружающей среды».

Процесс субурбанизации может носить и позитивный социально-экологический характер при условии сбалансированности потребностей в природных ресурсах на функционирование всей техногенной системы района расселения, включая указанные виды пригородных поселений, и ресурсных возможностей природной системы этого района, т.е. при условии экологической совместимости природной и техногенной подсистем. Планирование строительства и реконструкции городских поселений, базирующееся на принципах устойчивого развития, является ключевым фактором успешного решения социально-экономических проблем современного урбанизированного общества.

Город покидают, как правило, в поисках наиболее комфортных условий для жизни достаточно обеспеченные граждане, причин тому много: свежий воздух, обилие зелени вокруг, отсутствие соседей по дому, совершенно иное качество жизни. При этом, переезжая из города в пригород, население, не меняя место работы или учебы, по сути, остается городским. Пригород же становится «тихой гаванью» для проживания и отдыха.

В настоящее время показатель автомобилизации в России составляет 240 машин на тысячу человек, следовательно, автомобиль есть у каждого четвертого россиянина, что, конечно, намного меньше, чем в США или Европе (780 и 360 машин соответственно), но это число с годами неуклонно растет. Наличие машины позволяет человеку быть более мобильным, с легкостью перемещаться после работы до места проживания на несколько десятков километров.

Начало процессу субурбанизации дало в первую очередь перемещение промышленных предприятий за городскую черту, а причиной чему послужила низкая цена на землю. К тому же, большое число работающих на данных предприятиях имеет собственные автомобили, что

требует устройства автомобильных стоянок большой площади, а это не выгодно при высоких городских ценах на землю. Но не следует забывать, что издержки предприятия варьируются по мере удаления от центра города, т.е. на определенном расстоянии выгода от покупки дешевой земли перекрывается затратами на транспортирование сырья и материалов из города на предприятие.

Положительные стороны субурбанизации — это экономия территории, а именно: большинство населения имеет одновременно несколько объектов недвижимости: квартиру, гараж, садово-огородный участок или дачу, совмещение всех этих разрозненных объектов на одной территории более экономично. Другое преимущество — развитие малоэтажного строительства, модернизация строительной базы за счет применения новых современных технологий и материалов; изменение внешнего облика городов и пригородов.

Средний класс при этом не просто переезжает в пригород, и в пригороде происходит формирование этого самого среднего класса, где совершенно другое отношение к собственности, к дому, полноправным хозяином которого он становится, к участку земли, пользу из которого он может получить, а также имеет возможность почувствовать определенную независимость и обособленность от городских властей.

Процесс субурбанизации нельзя толковать исключительно положительно. В пригородах, как правило, отсутствует общественный транспорт, население становится зависимым от автомобилей, по пути на работу и обратно возникают заторы, время, затрачиваемое на дорогу, значительно увеличивается. Страны, где субурбанизация началась значительно раньше, столкнулись с проблемой «бегства» обеспеченных людей, исправных налогоплательщиков из города, в городах растут площади трущобных районов, налоги в казну города не поступают, активизируется процесс стагнации.

Далее необходимо рассмотреть *экологическую характеристику городов*. Каждый город представляет собой сложную среду обитания, где человек взаимодействует не только с природой. В силу необходимости горожане искусственно формируют эту среду, приспособивая к своим потребностям. Возникает две подсистемы: природная и антропогенная. *Природную подсистему* делят на литосистему, гидросистему, аэросистему (атмосферу) и биоту. *Антропогенная подсистема* подразделяется на производственную, градостроительную и инфраструктурную подсистемы. Естественно, что такие понятия, как, например, градостроительная система, объединяют в себе структуры более низкого ранга, а они — уже следующие ступени ранжирования (рис. 2).

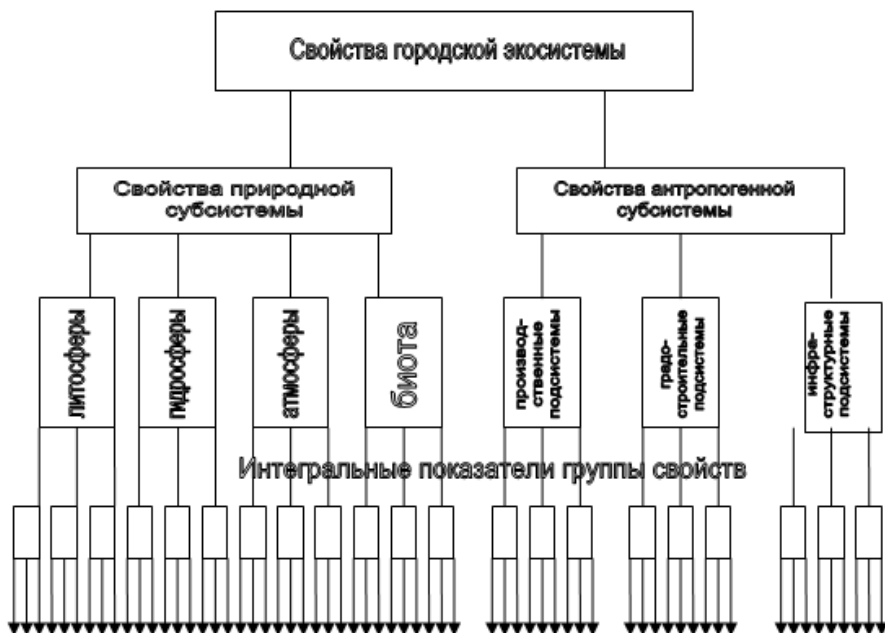


Рис. 2. Схема структуры свойств городской экосистемы

Территориальное образование — город экологически можно охарактеризовать, представив в виде многоступенчатого «дерева свойств» (рис. 2). Если последовательно, от уровня к уровню, расчленять эти свойства на частные факторы и показатели, то в результате открывается возможность исследовать их не только качественно, но и количественно. Последняя оценка является наиболее объективной, поскольку при численном выражении ограничений исключается субъективность.

Город является урбанизированным ареалом проживания. Степень экологичности этого ареала зависит от того, какие подсистемы доминируют: природные или антропогенные. В городе с экстенсивной малоэтажной застройкой преобладают природные ландшафты: естественный рельеф местности, открытые водоёмы и водотоки, парки, лесопарки и другие зелёные насаждения. Природа как бы входит в состав городских территорий. Обеспечивается пространственное единство застройки, зелёных массивов и водных поверхностей. В результате обеспечиваются экологические потребности людей.

Такие города рассматривают как *экополисы* — природно-антропогенные системы. Считается, что оптимальная плотность населения на территориях экополисов не должна превышать 100 чел/га. В этом случае можно сохранить озеленённые пространства, по площади равные территориям, занимаемым асфальтовыми покрытиями, зданиями и различными городскими сооружениями. Однако такие поселения неэкономичны, поскольку требуют протяжённых транспортных и ресурсообеспечивающих коммуникаций. Кроме того, экстенсивная застройка активно поглощает один из основных природных ресурсов — территорию суши, а на густо заселённых континентах свободных земель становится все меньше.

В настоящее время в мире прослеживается тенденция уплотнения населения. Современные города — столицы государств, центры агломераций, промышленные и хозяйственные центры, все в большей степени представляют собой скученные урбанизированные образования. Рождаются поселения, занимающие большие, интенсивно используемые территории. В мировой практике есть примеры поселений, в которых один город перетекает в другой и целые области превращаются в единый *мегаполис*.

В крупных городах антропогенные системы оказывают весьма ощутимое давление на природную среду. Урбанизация преобразовывает её радикально, нарушая природное равновесие. Возникают антропоприродные системы, где преобладают антропогенные составляющие. Экологи и градостроители считают необходимым всеми возможными средствами обеспечивать устойчивость таких систем, сохранять способность к восстановлению, хотя бы частичному и принудительному. Для этого требуется перманентная оценка состояния среды обитания, которую необходимо выполнять пофакторно, используя вышеприведенную схему (рис. 2). Далее необходимо более подробно рассмотреть анализ городской урбоэкосистемы, который приводится ниже.

Город — это динамично функционирующая экосистема, которая обладает такими развитыми подсистемами, как градообразующая база, жилищно-коммунальное хозяйство, система социально-бытового обслуживания, включая образование, здравоохранение и услуги, учреждения досуга и отдыха, транспортную инфраструктуру. Именно поэтому города имеют особую притягательную силу. По мере социально-демографических изменений городские структуры преобразовываются, подсистемы модернизируются, интенсифицируется эксплуатация этих подсистем, города развиваются.

Управление развитием таких урбоэкосистем основано на анализе градостроительной деятельности на всех стадиях: от разработки проекта до многолетнего мониторинга при эксплуатации и реконструкции. В поселениях доминируют люди, поэтому они искусственно создают и регулируют потоки вещества и энергии. В силу социального поведения человек во многом влияет на эти процессы, формирует и развивает природные трофические цепи, например, газового и теплового обмена, создавая среду своего обитания, поскольку материальная сфера и архитектура города представляют собой результат деятельности горожан, и они довлеют над природными процессами. Эта деятельность особо ощутима при эксплуатации городских структур, их функционального использования, непрерывного преобразования и развития, а потребность в этом возникает повсеместно под давлением экономической, социальной, демографической и транспортной ситуации.

Город — аккумулярующая экосистема. Баланс вредных веществ в его пределах, как правило, положительный и ведёт к накоплению всех предшествующих отходов и преобразований (достаточно отметить рост культурного слоя, толщина которого в некоторых городах достигает 10 м): нарушается природный рельеф местности, появляются возвышенности, оползни и провалы; природные поверхностные водотоки заливаются и меняют направление, часто их превращают в подземные, текущие в коллекторах; прекращается естественное самоочищение воды, и поэтому содержание вредных примесей возрастает, меняя состав воды.

Существует определённая закономерность накопления в городах следующих, не свойственных живой природе, явлений: атмосфера загрязняется выбросами, а почвы кумулируют вредные вещества. Возникают и другие негативные последствия урбанизации, с которыми природа не может справиться, поскольку теряет способность к самовосстановлению.

Город — чрезвычайно зависимая экосистема. Если все экосистемы открытые, то города сверхоткрытые. Они полностью зависят от окружения, в чём и проявляется «экологический паразитизм» урбанизированных образований: город не может прокормить своё население, дышит чужим воздухом и пьёт чужую воду, одновременно с этим выбрасывает в биосферу большое количество продуктов своей жизнедеятельности. Это видно из табл. 1, в которой приведены примерные объёмы некоторых природных ресурсов, потребляемых

городом с населением 1 млн чел. и площадью 20 тыс. га, и показаны размеры территорий, необходимых для сохранения устойчивости такой городской экосистемы и воспроизводства дефицита этих ресурсов. Из таблицы следует, что для этого необходимо порядка 8—11 млн. га территорий, т.е. в 1 тысячу раз больше, чем занимает сам город.

Таблица 1

Территория, необходимая для компенсации городской урбозкосистемы

Наименование компонента или ресурса	Потребление городом	Воспроизводство внутри города	Дефицит	Территория, необходимая для покрытия дефицита, тыс. га
Атмосферный кислород	30 млн. т	25...30 тыс. т	29,7 млн. т	5000...6000
Вода	500 млн. м ³	5 тыс. м ³	~500 млн. м ³	1500...2000
Почвенно-растительный покров для организации массового отдыха	5 тыс. га	—	1000...2000 тыс. га	1000...2000
Сырье для промышленности, строительства и др.	10...12 млн. т	—	10...12 млн. т	40...50
Условное топливо	8...9 млн. т	—	8...9 млн. т	25...30
Пищевые продукты	1 млн. т	—	1 млн. т	500...600

Помимо потреблений природных ресурсов и энергии города производят огромное количество отходов. Так, по некоторым данным, миллионный город ежегодно выбрасывает около 15 млн. т пыли, водяных паров и других токсичных веществ. Поэтому миллионы поселений на нашей планете выступают как основные очаги антропогенного возмущения в биосфере.

Город — неравновесная экосистема. На его территории нарушен естественный экологический баланс, развитие и функционирование городских структур определяется, как правило, не законами природы, а потребностью людей. Такие структуры являются результатом разрушительной и созидательной деятельности многих поколений. Природа реагирует на преобразования неоднозначно.

Ограниченное градостроительное воздействие на естественную среду обеспечивает экологическое равновесие, на местности сохраняется репродуктивность, т.е. способность воспроизводить потребляемые элементы среды. Однако если интенсивность воздействий превышает экологическую ёмкость территорий, то репродуктивность нарушается, возникает вероятность экологического риска деградации природной среды.

Город потребляет потоки вещества и энергии в значительно большей степени, чем производит. Экологическое равновесие объясняется искусственным привлечением извне огромного количества потоков вещества и энергии, поэтому экологическое равновесие экологических систем города крайне неустойчиво, на это накладывается несбалансированность биомасс. За счёт концентрации людей в городе отношение фитомассы к зоомассе иное, чем в естественной природе, пищевые цепи нарушены, сети разомкнуты в основных звеньях, процессы потребления ресурсов (включая продукты питания) и выделения отходов сильно отличаются от круговорота веществ в природе.

Продуктивность городских экосистем мала, фитомасса не обеспечивает зоомассу, и надёжность функционирования природно-градостроительных систем может быть достигнута другими средствами, чем она обеспечивается в естественных условиях. В этом случае необходимо получение дополнительного продовольствия извне, поэтому для населения крупных городов сельскохозяйственные продукты доставляются не только из пригородов, но и из других областей и регионов.

Город — конгломерат искусственных микроэкосистем: зданий и сооружений жилой, промышленной и коммунально-складской застройки. Эти архитектурные и инженерные объекты являются замкнутыми средами постоянного или временного обитания горожан.

Гигиеничность внутренних пространств зданий во многом зависит от чистоты воздуха в помещениях и воздухообмена, т.е. выведения наружу вредных веществ. Существенно влияет и тепловлажностной режим: относительная влажность воздуха, его температура в помещении и на поверхности ограждений. Особое значение имеет теплообмен с наружной средой, с точки зрения гигиены он необходим в определенных пределах, однако потери тепла ведут к неоправданному расходу энергетических природных ресурсов, поэтому эффективное содержание зданий должно основываться на энергосберегающих технологиях и конструктивных решениях ограждающих конструкций. В

современных зданиях часто применяются конструкции, отделка, мебель и другое оборудование из токсичных материалов, которые отрицательно влияют на здоровье людей.

Здания и сооружения, являясь замкнутыми, не представляют собой автономные экологические системы, они связаны с окружающей средой: газы, пыль и живые микроорганизмы переносятся в помещения из загрязненного наружного воздуха. В застройке не всегда обеспечиваются надлежащие аэрационные и инсоляционные явления.

Шумовое воздействие, электромагнитное и радиационное излучения негативно сказываются на внутренней среде обитания: здоровье горожан ставится под угрозу, и у них появляются различные опасные заболевания, часто необратимые.

1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Городские поселения существуют за счет использования ресурсов окружающей среды, прежде всего природной системы территории, а в силу ее открытости — также и ресурсов биосферы в целом. Все это определяет экологические связи городских поселений с природной средой. Необходимым условием существования таких поселений является потенциально возможное использование ресурсов природной системы на социально-производственные нужды, что обуславливает состояние экологического равновесия природной системы.

1.1. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ ГОРОДСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ

Под *экологическим равновесием* в региональном расселении и градостроительной деятельности следует понимать такое состояние природной среды района, при котором обеспечиваются саморегуляция, надлежущая охрана и воспроизводство основных ее компонентов — атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвенно-растительного покрова, животного мира (рис. 3).

В соответствии с этим неизменными условиями такого состояния должны быть: воспроизводство основных компонентов природной среды, обеспечивающее их баланс в межрайонных потоках вещества и энергии; соответствие степени геохимической активности ландшафтов (в том числе наличие условий для достаточно высоких темпов миграции продуктов техногенеза) масштабам производственных и коммунально-бытовых загрязнений окружающей среды.

Соответствие степени биохимической активности экосистемы района уровню антропогенных загрязнений, в том числе наличие условий для биологической переработки органических и нейтрализации вредного воздействия неорганических загрязнений (табл. 2); соответствие уровня физической устойчивости ландшафтов силе воздействия транспортных, инженерных, рекреационных и других антропогенных нагрузок; баланс биомассы в ненарушенных или слабо нарушенных антропогенной деятельностью участках экосистемы района расселения, достаточная сложность и возможно большее разнообразие природной среды.

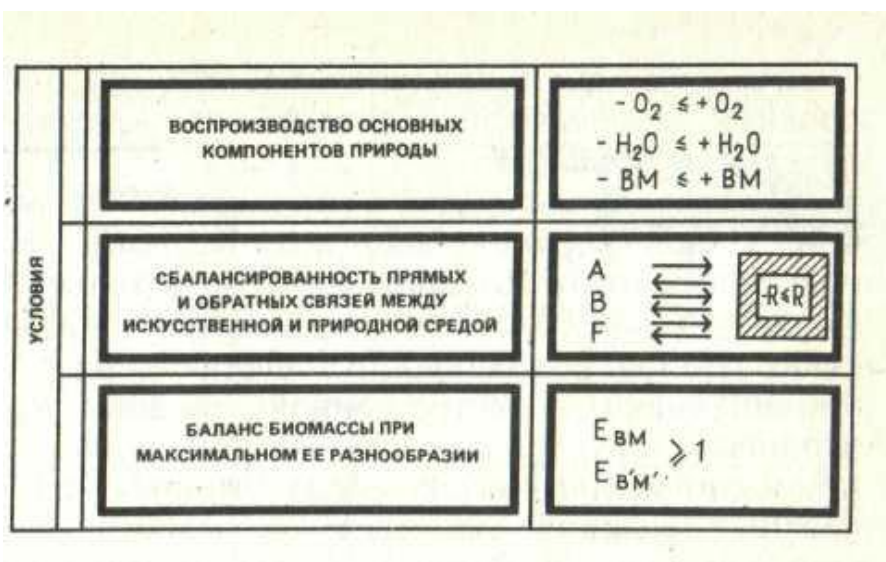


Рис. 3. Уровни экологического равновесия (кислород, вода и биомасса) по Владимирову

Таблица 2

Уровни экологического равновесия

Экологическое равновесие	Уровни	Воспроизводство компонентов	Плотность населения, S чел/км ²	Лесистость, Λ %	Индекс, Y
	Полное	$-O_2 \leq O_2$ $-H_2O \leq H_2O$ $-BM \leq BM$	$S \leq 50$	$\Lambda \geq 50$	$Y \leq 2$
	Условное	$-O_2 > O_2$ $-H_2O \leq H_2O$ $-BM < BM$	$S \leq 100$	$\Lambda \geq 30$	$Y = 2-4$
	Относительное	$-O_2 > O_2$ $-H_2O > H_2O$ $-BM > BM$	$S \leq 200$	$\Lambda < 30$	$Y \geq 4$

Главная цель районной планировки (рис. 4), официально закрепленной в законодательном порядке, наиболее рациональное решение территориально-хозяйственного устройства проектируемого района,

формирование его архитектурно-планировочной структуры и функционального зонирования в целях обеспечения оптимальных условий для развития производства, градостроительства, сохранения и улучшения природной среды, сохранения памятников материальной культуры при условии эффективного и комплексного использования естественных, экономических и трудовых ресурсов.

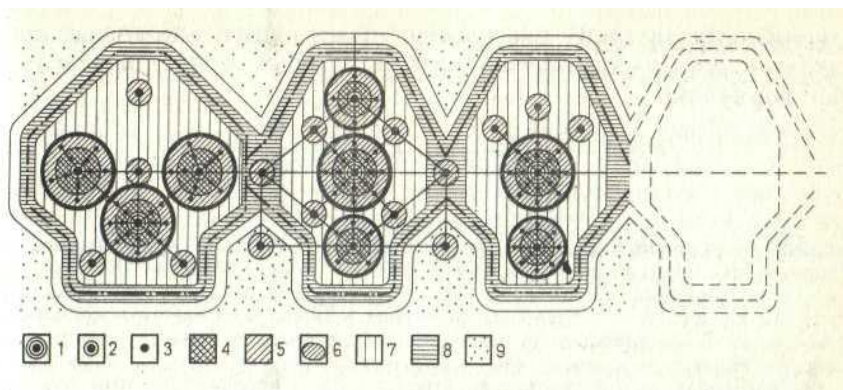


Рис. 4. Принципиальная схема экологического каркаса:

- 1 — центры региональных систем расселения; 2 — групповая система населённых мест (ГСНМ); 3 — местных систем расселения; зоны;
- 4 — ограниченного развития; 5 — преимущественного развития;
- 6 — наибольшей хозяйственной активности; 7 — экологического равновесия;
- 8 — буферная; 9 — компенсационная (по Владимирову)

Современный этап поддержания экологического равновесия в функционировании городских поселений и развития территориальной охраны природы связан с переходом от сохранения отдельных охраняемых природных территорий (ОПТ) к созданию систем, пространственно и функционально связанных между собой — особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в национальном и региональном масштабе, которые на макрорегиональном уровне в среде международного и российского природоохранного сообщества часто обозначаются как *экологические каркасы*.

В зарубежной научной литературе природной составляющей экологического каркаса соответствует понятие «*ecological nets*» — *экологическая сеть*.

Н.Ф. Реймерс приводит следующую формулировку понятия *природного каркаса*: это ранжированная по степени экологического значения система участков природы, неразрывная взаимосвязь которых создает предпосылки для формирования естественного экологического равновесия, способного противостоять антропогенным воздействиям. В этом случае каркас проектируется обычно в виде пространственной ячеистой сетки, охватывающей всю рассматриваемую территорию, и в его рамках выделяют площади с различным режимом использования и степенью природной сохранности, в том числе природные охраняемые территории.

Природный каркас близок по значению с системой ООПТ, т.е. совокупностью экологически и функционально взаимосвязанных особо охраняемых природных территорий, способных обеспечить сохранение экологического баланса на конкретной территории. Важнейшими элементами природного каркаса должны являться территории с заповедным режимом, которые полностью изъяты из эксплуатации и служат резерватами генофонда флоры и фауны, а также базой мониторинга и научных исследований.

Экологический каркас же является более широким понятием и помимо природных территорий включает в себя природно-антропогенные территории. Формирование экологического каркаса удобно начинать именно с выделения природного каркаса. Отсюда вполне справедливым будет мнение, что экологический каркас служит защитой для природного каркаса от негативного антропогенного воздействия.

Экологический каркас включает в себя все экстенсивно используемые территории (с щадящим режимом использования) региона. Таким образом, экологический каркас способствует поддержанию баланса между экстенсивно и интенсивно (населенные пункты, промышленные зоны, транспортные развязки и т.д.) эксплуатируемыми территориями.

Основной принцип: природный каркас крупного города формируется в территориальных параметрах «город плюс природное окружение», например, городская агломерация, лесопарковый защитный пояс, зеленая зона (границы уточняются заданием на проектирование). Основные принципы формирования природного каркаса городов и их агломераций, пригородных зон во многом идентичны, ибо по сути своей это единый «социально-эколого-функциональный организм».

С известной долей условности можно констатировать следующее. В городе природный каркас формирует социально и гигиенически необходимую пространственную жизненную среду проживания и отдыха

населения; содействует сохранению генофонда растений и животных, охране других природных ресурсов (включая водные и лесные), природно-культурного наследия, а также удовлетворению многих необходимых потребностей функционирования самого города.

Природный каркас городской агломерации (пригородной зоны) в наибольшей степени отвечает проявлению биосферных средоформирующих и ресурсосберегающих функций, является основой многих видов градостроительной и хозяйственной деятельности (рекреация, лесное и сельское хозяйство и др.), повышая их эффективность и содействуя оздоровлению окружающей среды города; в наибольшей мере в целом отвечает требованиям рационального природопользования (рис. 5).



Рис. 5. Природно-экологический каркас Московской области

Особенности природных каркасов обуславливаются:

1) «природным базисом» территории города, зависимым от природно-климатических зон, включая: особенности геоморфологии и рельефа, гидрогеологии и гидрографической сети, почвенно-растительного покрова, лесистости и мн. др.;

2) величиной, планировочной структурой и приоритетными функциями городов и иных поселений, их местом в системе расселения;

3) приоритетными экологическими проблемами и их остротой;

4) природоохранными, градостроительными и историко-культурными традициями и др. А потому природный каркас является абсолютно уникальным для каждого города.

Участки каркаса можно сгруппировать сразу по нескольким направлениям:

- по функциям — узлы (или ядра) и коммуникативные элементы;
- по иерархическому уровню — элементы каркаса местного, районного, регионального и межрегионального значения;
- по правовому статусу — различные формы ведомственных ограничений использования, охранных зон, ООПТ, новые предлагаемые формы статуса и т.д.;
- по экосистемному признаку — каким типом экосистемы элемент представлен;
- по степени нативности территории, находящиеся в природном состоянии, не измененные, сохранившие свою структуру.

Экологический каркас включает три типа элементов.

Первый — *природные территории* (степи, леса, луга и т.п., все, что сохранило природный облик).

Второй — *реставрационный фонд*. Это антропогенные территории (обычно пашня), но такие, на которых, с целью воссоздания единой инфраструктуры экологического каркаса, необходимо восстановить природную среду. Сюда отнесем, например, мероприятия по реставрации степных пастбищ.

Третий — *искусственные элементы*, чуждые исторически ландшафту, но нужные для поддержания экологического равновесия в условиях интенсивной хозяйственной деятельности. Таковы, например, полевозащитные лесополосы в степной зоне.

Цель формирования природного каркаса района — создание гибкой в экологическом отношении цельной системы за счет целенаправленного развития и взаимной связи ее элементов, а также контакта с соответствующими элементами природного каркаса смежных районов,

что обеспечивает беспрепятственную миграцию диких животных, создает необходимые условия для воспроизводства природных ресурсов и повышения экологического потенциала региона в целом.

Площадные элементы или ареалы экологической активности включают все виды особо охраняемых природных территорий и объектов. Их главная функция — воспроизводство основных компонентов природной среды (атмосферного кислорода, воды, растительности, животного мира и др.), сохранение природных комплексов, характерных для данного района, выполнение социальных и эстетических задач. Именно от этих элементов главным образом зависит экологический потенциал района в целом. К площадным элементам каркаса района относятся также зеленая зона города и рекреационные зоны, организуемые для кратковременного отдыха горожан. Последние могут частично располагаться в пределах лесного массива зеленой зоны.

Линейными элементами или осями экологической активности являются реки и их поймы, водоразделы (и особенно водораздельные леса), пограничные участки биотопов, озелененные коридоры транспортной и инженерно-технической инфраструктуры, защитные лесопосадки (полезащитные, водорегулирующие на склоновых землях, лесные полосы вдоль рек и водоемов и др.), специальные биотехнические коридоры и т.д. Главные задачи линейных элементов — поддержание целостности каркаса, обеспечение перемещения подвижных компонентов природной среды, выполнение хозяйственных, социальных и эстетических функций.

К *точечным* элементам (узлам экологической активности) относят отдельные охраняемые объекты живой и неживой природы (например, верховые болота, заливные луга), памятники материальной культуры с охранными зонами и др. объекты. Основные задачи этих элементов — сохранение уникальных объектов природы и материальной культуры, поддержание ресурсного потенциала территории, выполнение эстетических и социальных функций.

Методы регламентации показателей экологической совместимости городского поселения с окружающей средой. Совокупность показателей экологической совместимости городского поселения исключительно по методическим соображениям условно делится на две группы: градообразующие и природоподдерживающие. К первой группе относятся экологически регламентируемые показатели, определяющие численность населения и масштаб производственно-хозяйственной дея-

тельности на территории, которые связаны, главным образом, с городским поселением как центром территориальной организации производительных сил.

Показатели второй группы определяют систему компенсационных мер, направленных на поддержание биотического и ландшафтного разнообразия измененной в результате строительно-хозяйственной деятельности природной системы района.

Определение показателей обеих групп базируется на едином принципе — сохранении состояния динамического экологического равновесия на территории. Исходными данными для их определения являются эколого-экономические характеристики природных и техногенных экосистем территории, выявляемые на основании изучения и анализа топографических карт, аэрофотоснимков и др. информации.

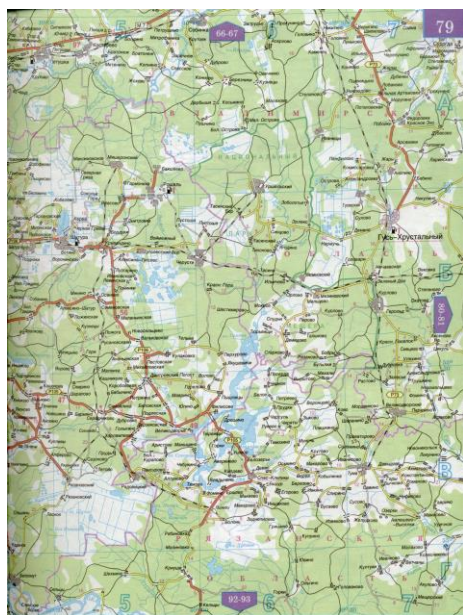
1.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ «ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Цель работы: проектирование экологически совместимого городского поселения. Проведение статистического анализа исследуемой территории, определение экологической емкости, зонирование территории проектируемого поселения, определение градообразующей деятельности и структуры поселения, нанесение осей природного каркаса.

Методика работы

№/№	Название раздела	Объем представляемого материала стр.
	Введение	1—3
1.	Статистический анализ территории	Рабочие материалы заполняются на миллиметровой бумаге — 10—12 стр. формат А13 Результат 1—2 стр. А4 таблица приложение 1
2.	Расчетная часть	Формат А4 — 6—8 стр.
3.	Графическая часть	Формат А3 — 1 стр. образец рис. 5
	Выводы по работе	Формат А4 — 1—2 стр.

На основании задания — карты природной территории, выдаваемой преподавателем, выделяется участок территории площадью около 500—600 км², масштаб 1:100000 (рис. 6, а).



а



б

Рис. 6. Пример задания: А — карта местности; Б — условные обозначения

1. *Статистический анализ территории.* Для работы с материалом необходимо исследовать территорию, с использованием условных обозначений (рис. 6, б), необходимо визуально оценить размер каждого вида территории (в %), предварительно разделив участок на квадраты, размером 2×2 см (4 км^2). Заполнить рабочие материалы (на миллиметровке, представив ее преподавателю на защите) и сводную таблицу «Природные, техногенные и инженерно-строительные характеристики участка исследуемой территории» в соответствии с табл. 3 (обе строки в % и цифрах).

2. Расчетная часть.

Регламентация численности населения и масштаба хозяйственной деятельности. Факторами, ограничивающими использование энергии на территории района, являются: допустимая плотность энергопотребления у поверхности Земли; установленная квота техногенной эмиссии углекислого газа в атмосферу; норма расхода кислорода воздуха, а также связанная с этими факторами структура

топливно-энергетического баланса. Поэтому в качестве критерия ограничения плотности энергопотребления на территории примем величину 0,3 % от значения R , которая для разных природно-климатических условий.

Таблица 3

Природные, техногенные и инженерно-строительные характеристики участка исследуемой территории

Вид территории	Признаки выделения участков территории									
	Растительный покров		Акватории	Заболоченные и затопленные территории	Горы и холмы с крутизной склона более 10° и выше	С неблагоприятными инж.-геол. условиями	Существующие техногенные образования			
	Общая площадь	В т.ч. лесные массивы					Населенные пункты	Дороги с учетом придорожной полосы	Пригородные с/х уголья	Прочие
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Площадь участка территории, км ²										
Доля общей площади территории, %										

Основными видами топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), используемых в малых городах, являются:

- 1) электрическая энергия;
- 2) природный газ и жидкое топливо, обладающее высокой тепло-творной способностью;

3) твёрдое топливо (уголь, торф и т.п.). Использование электрической энергии не сопровождается вредными выбросами в атмосферу, а её производство осуществляется на крупных энергетических объектах, располагаемых обычно вне территории, центром которой является малый город. Другие виды ТЭР используются непосредственно на территории. Причём при получении энергии в размере 1 тут за счет сжигания природного газа выделяется 1,2 т (CO₂), а при сжигании угля смешенного состава — 3,3 т (CO₂).

Здесь и в дальнейшем все энергетические величины будем учитывать в тоннах условного топлива (тут); теплотворная способность 1 тут соответствует 7×10^6 ккал или 7 Гкал. Таким образом, структура топливно-энергетического баланса на территории характеризуется величинами использования указанных видов ТЭР, выраженными в долях единицы: $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$. Очевидно, что $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 1$

Основными источниками водообеспечения планируемых малых городских поселений являются обычно малые реки.

Под *ёмкостью окружающей природной среды* (в дальнейшем — под ёмкостью среды) понимают её естественную способность претерпевать социально-экономическую нагрузку без существенного нарушения выполняемых ею жизнеобеспечивающих функций. Под *предельно допустимой нормой техногенной нагрузки* (в дальнейшем — под допустимой нагрузкой) понимается количественно выраженная нагрузка на природную среду, устанавливаемая с учетом её ёмкости и ресурсного потенциала.

Частные значения ёмкости среды и допустимой нагрузки определяются для каждого лимитирующего фактора. При этом частные допустимые нагрузки выражаются комплексным показателем — численностью населения в зависимости от уровня активности хозяйственной деятельности на территории, т.е. величиной $N_{j,i}$, чел., соответствующей разным значениям коэффициента K_j . Для каждого дискретного значения K_i допустимая численность населения N_g принимается равной наименьшей из величин $N_{j,i}$. Построенная на основании расчетных данных функция $N_g = f(K_j)$ характеризует поле взаимосвязанных параметров: численности населения и масштаба хозяйственной деятельности на конкретной территории. Вследствие общности ресурсной базы жизнеобеспечения людей и их экономической деятельности, очевидно, что допустимая численность населения на территории уменьшается по мере роста масштаба этой деятельности.

Для обоснования планируемых параметров необходимо определить следующие частные социально-экономические емкости природной среды территории района и соответствующие им допустимые нагрузки.

1. *Частная ёмкость территории по расходу энергии.* Критерием для определения этой емкости является соблюдение безопасного максимума использования энергии у поверхности Земли. С учетом сказанного выше эта емкость определяется по формуле:

$$E_1 = 4,29R \times S, \text{ тут/год}, \quad (1)$$

где R — среднегодовой радиационный баланс территории, ккал/(см²·год); S — площадь территории района, км²; 4,29 — коэффициент пересчета величины 0,003 ккал/ (см³·год) в тут/(км²·год) (тут — тонна условного топлива).

Соответствующая частная *допустимая энергетическая нагрузка на территорию*, выраженная через общее количество жителей района при разном уровне энергоемкости их хозяйственной деятельности, определяется по формуле:

$$N_{j,i} = E_1/K_1 \times \mathcal{E}_{\text{уд}}, \quad (2)$$

где $N_{j,i}$ — допустимое количество жителей района при разном уровне активности хозяйственной деятельности, чел.; K_1 — коэффициент, характеризующий уровень хозяйственной активности и принимаемый равным 1,5; 2,0 и 2,5, при минимальном, среднем и высоком уровне активности, соответственно; $\mathcal{E}_{\text{уд}}$ — нормативная величина удельного годового энергопотребления на жилищно-коммунальные нужды одного жителя в различных климатических условиях (отопление, горячее водоснабжение, электро- и газоснабжение зданий, общественный транспорт, уличное освещение), тут/(чел·год).

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = 0,65 - 0,02 (t_{\text{н.о}} + 5), \quad (3)$$

где $t_{\text{н.о}}$ — расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления зданий; $t_{\text{н.о}} \leq -5$, °С. Для данного пункта принимается по данным СП «Строительная климатология и геофизика» как средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

2. *Частная емкость территории по условиям ассимиляции нормированной эмиссии углекислого газа в атмосферу.*

Определяется с учетом ассимиляционной способности растительного покрова территории и размера региональной квоты эмиссии углекислого газа (см. выше) по следующей формуле:

$$E_2 = 0,07[\Lambda \times S \times \Psi_\Lambda + S_0\Psi_0] \times q(\text{CO}_2) \times 100, \text{ т}(\text{CO}_2)/\text{год}, \quad (4)$$

где S — площадь территории района, км²; Λ — коэффициент лесистости территории района, доли ед.; S_0 — площадь территории района за исключением территорий, занятых лесами, акваториями и техногенными образованиями (населенные пункты, дороги, пашни и т.п.), км²; $q(\text{CO}_2)$ — соответствующая типу растительного сообщества конкретной территории интенсивность ассимиляции углекислого газа, т(СО₂)/(га·год); принимается по данным табл. 1; Ψ_Λ, Ψ_0 — поправочные коэффициенты, принимаются равными соответственно: 1,3 и 0,85 — для природных зон со смешанными, широколиственными и таежными лесами; 1,4 и 0,9 — для лесостепной и степной зон.

Соответствующая частная *допустимая нагрузка по условиям эмиссии углекислого газа* в атмосферу при заданной структуре топливно-энергетического баланса на территории определяется по формуле:

$$N_{2,i} = E_2(\mathcal{E}_{\text{уд}} \times K_i(1,2\varphi_2 + 3,3\varphi_3) + 0,32)^{-1}, \quad (5)$$

где $N_{2,i}$ — допустимое количество жителей района по условиям нормированной эмиссии углекислого газа при разном уровне хозяйственной деятельности, чел.; φ_2, φ_3 — относительные величины использования 2-го и 3-го видов ТЭР в топливно-энергетическом балансе территории, доли ед.; 1,2 и 3,3 — коэффициенты перехода для подсчета выделяемого углекислого газа при сжигании 1 тут 2-го и 3-го видов ТЭР, соответственно, т(СО₂)/тут; 0,32 — среднее количество углекислого газа, выделяемого в процессе жизнедеятельности человека, т(СО₂)/(чел·год).

Величины $\mathcal{E}_{\text{уд}}$ и K_i — те же, что и в формуле (2). Если определенные по формуле (5) значения $N_{2,1}$ окажутся лимитирующими, т.е. наименьшими из всех частных значений $N_{j,i}$ (что будет ясно после определения всех частных нагрузок), то при отсутствии препятствий технико-экономического характера целесообразно рассмотреть вопрос об оптимизации топливно-энергетического баланса на территории с целью повышения интенсивности ее хозяйственного использования, при этом следует учитывать следующее.

Теоретическое максимальное значение $N_{2,i}$ будет иметь место при $\varphi_1 = 1$, т.е. при использовании на территории только электрической энергии

$$N_{2,\max} = 3,125E_2, \quad (6)$$

Если для конкретных градостроительных условий эта величина будет избыточной, т.е. будет превышать нагрузку $N_{n,i}$, обусловленную каким-либо другим (n -м) лимитирующим фактором, то следует поступить следующим образом. Приняв $\varphi_3 = 0$, надо определить минимальное значение ($\varphi_{i,\min}$), соответствующее данным условиям оптимизации:

$$\varphi_{i,\min} = 1 - (E_2 \times N_{n,i} - 0,32) \times (1,2 \text{ Э}_{\text{уд}} \times K_i)^{-1}, \quad (7)$$

Если расчетная величина окажется больше 1, то следует ограничиться условием (6).

Если же полученное значение $\varphi_{i,\min}$ существенно меньше 1, то это указывает на возможность использования на территории всех видов ТЭР. Тогда при $\varphi_1 > \varphi_{i,\min}$ оптимальное соотношение между всеми составляющими топливно-энергетического баланса определяется из условия:

$$\begin{cases} \varphi_2 + \varphi_3 = \varphi_1 \\ 1,2\varphi_2 + 3,3\varphi_3 = 1 - \varphi_{i,\min} \end{cases} \quad (8)$$

3. *Частная ёмкость территории по условиям воспроизводства кислорода атмосферного воздуха.* Определяется с учетом нормы его изъятия (см. выше) по формуле:

$$E_3 = 0,12q(\text{O}_2) [\Lambda \times S \times \psi_\Lambda + S_0\psi_0] \times 100, \text{ т}(\text{O}_2)/\text{год}, \quad (9)$$

где $q(\text{O}_2)$ — соответствующая данному типу растительного сообщества интенсивность производства кислорода в процессе фотосинтеза, $\text{т}(\text{O}_2)/(\text{га} \cdot \text{год})$. Принимается по данным табл. 1.

Частная допустимая нагрузка по расходу кислорода атмосферного воздуха определяется по формуле:

$$N_{3,i} = E_3 / 2,5 \text{ Э}_{\text{уд}} K_i (1 - \varphi_1) + 0,29, \quad (10)$$

где $N_{3,i}$ — допустимое количество жителей района по условиям воспроизводства кислорода атмосферного воздуха, используемого для жизнеобеспечения и хозяйственной деятельности, чел.; 2,5 — коэффициент перехода для подсчета изъятого из атмосферы кислорода при сжигании органического топлива разного состава, используемого стационарными и мобильными объектами, $t(O_2)/\text{тут}$; 0,29 — среднее количество кислорода, поглощаемое человеком в процессе жизнедеятельности, $t(O_2)/(\text{чел}\backslash\text{год})$; φ_1 — величина использования электрической энергии в структуре топливно-энергетического баланса территории.

4. *Частная ёмкость территории по наличию ресурсов поверхностных вод.* Определяется по формуле:

$$E_4 = \beta \times G_M \times 86400, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (11)$$

где G_M — меженный расход воды в пригодных для водопользования водотоках на входе в район, м/с; β — норматив экологически безопасного устойчивого изъятия воды из водотока всеми водопользователями, который не должен превышать 10 %. Оптимальное значение $\beta \approx 0,05$ (5 %).

Частная допустимая нагрузка по расходу воды на жилищно-коммунальные и промышленные нужды определяется по формуле:

$$N_{4,i} = E_4/P_{\text{ж}} \times \xi \times K_i, \quad (12)$$

где $N_{4,i}$ — допустимая численность населения района по условиям водообеспечения бытовых, коммунальных и производственных нужд, чел.; $P_{\text{ж}}$ — планируемая норма среднесуточного водопотребления одним жителем с учетом бытовых и коммунальных (полив зеленых насаждений, уборка улиц и др.) нужд; ориентировочно $P_{\text{ж}} \approx 0,4 \text{ м}^3/(\text{чел}\cdot\text{сут})$; ξ — повышающий коэффициент, учитывающий характер хозяйственной деятельности на территории. При отсутствии водоемких производств (электроэнергетика, горнодобывающая промышленность и т.п.) и орошаемых земель на основании статистических данных примем $\xi = 1,7$.

5. *Частная емкость территории по условию пригодности для городского строительства.* Характеризуется величиной площади компактного земельного участка S_c , км², отвечающего совокупности эколого-экономических требований к размещению городского поселения в ландшафте.

Соответствующая допустимая нагрузка определяется по формуле:

$$N_{5,i} = S_c(1/n + 3 \times 10^{-4})^{-1}, \quad (13)$$

где $N_{5,i}$ — потенциальная численность городского населения, чел.; n — планируемая плотность городского населения; принимается в диапазоне 1200—2000 чел./км²; 3×10^{-4} — ориентированная потребность на территории для промышленно-складской зоны, км²/чел., определенная из расчета 30 га на 1000 городских жителей.

Для удобства анализа результатов расчета частных нагрузок представим их значения в форме таблицы.

Минимальное из частных значений численности населения принимается за допустимую численность населения на территории N_g , чел., при соответствующем уровне (масштабе) хозяйственной деятельности.

В любом случае (даже если нагрузка $N_{5,i}$ является лимитирующей) планируемая численность городского населения должна определяться с учетом существующей структуры расселения на территории района, несмотря на возможные частичные изменения, связанные с концентрацией населения в наиболее крупном социально-экономическом образовании — городе. Эту численность можно планировать, используя следующую формулу:

$$N_r = N_g - \sum N_{н.п}, \quad (14)$$

где N_r — численность городского населения на расчетный срок, чел.; N_g — допустимая численность населения на территории района, чел.; $\sum N_{н.п}$ — общая численность жителей в сохраняемых на территории района сельских поселениях и поселках городского типа, чел.

Регламентация биотических показателей экологической совместимости. Основным признаком сохранения экологического равновесия природной экосистемы района расселения является соответствие состава и продуктивности биотической части экосистемы абиотическим условиям — почве и климату. Так как строительно-хозяйственная деятельность на территории неизбежно воздействует на оба компонента экосистемы, задачей экологического планирования является обоснование превентивных мер, направленных на предотвращение всех возможных негативных последствий такого воздействия. При обосновании природоподдерживающих мероприятий необходимо, прежде всего, подразделение всей территории района на две основные — с точки зрения эколого-экономических характеристик — категории: интенсивного хозяйственного использования и особо охраняемые.

К первой категории относятся территории, на которых находятся техногенные образования и существенно преобразованные хозяйственной деятельностью человека экосистемы (населенные места, дороги, пашни, полигоны хранения отходов и т.д.), уменьшающие экологический потенциал района (поскольку на занятых ими площадях полностью или в значительной мере нарушены естественные экологические связи) и требующие для своего поддержания расхода ресурсов окружающей среды.

Другая категория — это целенаправленно сохраняемые естественно-природные самовосстанавливающиеся образования, за счет которых в основном и поддерживается экологический баланс в районе. В их состав входят типичные, характерные, уникальные, а также ценные в рекреационном и эстетическом отношении участки ландшафта. Причем от состояния растительного мира как компонента природной среды территории в значительной мере зависит сохранение и воспроизводство других ее компонентов (почв, водных ресурсов, животного мира, состава атмосферного воздуха).

Необходимость и характер природоподдерживающих мероприятий определяются на основании анализа выполнения следующих основных условий биотической совместимости техногенной и природной подсистем:

1) соотношение площадей территорий интенсивного хозяйственного использования и особо охраняемых должно ограничиваться величиной D_0 — минимально допустимой для данных природных условий долей особо охраняемых участков на территории, принимается по нормативам;

2) на освоенной территории должна быть обеспечена оптимальная для данных природных условий биологическая продуктивность, критерием достижения которой является показатель — индекс репродукции;

3) композиция функционально-планированной структуры территорий должна отвечать принципам формирования диалогического каркаса района.

Рассмотрим методику определения биотических показателей экосовместимости применительно к указанным условиям.

Условие 1. Учитывая отличие биотических характеристик отдельных участков территории интенсивного хозяйственного использования S_x , в целях упрощения дальнейшего рассмотрения ситуации разделим

условно эту территорию на участки, относящиеся к существующим и планируемым урбо- и агроценотическим образованиям. Это условие запишем следующим образом:

$$S_x = \sum S_y + \sum S_A + S_y^r + S_A^r, \quad (15)$$

где S_x — общая площадь территорий интенсивного хозяйственного использования, км²; $\sum S_y$, $\sum S_A$ — общая площадь участков территорий, занятых соответственно существующими урбоценозами (сумма площадей, приведённых в графах) и агроценозами, км²; S_y^r , S_A^r — площадь территорий, отводимых соответственно под размещение планируемого городского поселения и создание пригородной сельскохозяйственной базы, км².

Площадь территории для размещения планируемого городского поселения определяется по формуле:

$$S_y^r = N_r (l/n + 3 \times 10^{-1}), \text{ км}^2, \quad (16)$$

где N_r — численность городского населения, определяемая по формуле (14), чел.

Остальные обозначения и величины те же, что в формуле (13).

Площадь территории для организации природной сельскохозяйственной базы (размещаемой в пределах возможного выделения земель под эти цели) может быть весьма различной, так как зависит от природных условий района, обуславливающих, в частности, удельную потребность в сельскохозяйственных землях на 1 человека, и от экономических связей района, влияющих на долю обеспеченности городского населения местной сельхозпродукцией. Намечаемая площадь территории для пригородной сельскохозяйственной базы, включающей и садово-огородные участки, определяется по формуле:

$$S_A^r = N_r \times K_{об} \times f_{cx} \times 10^{-2}, \text{ км}^2, \quad (17)$$

где $K_{об}$ — коэффициент обеспечения городских жителей продукцией пригородной сельскохозяйственной базы, который может изменяться в пределах от 0,1 до 0,9, чаще всего составляя в районах средней полосы 0,2...0,3 доли ед.; f_{cx} — удельная потребность в землях пригородной сельскохозяйственной базы, оцениваемая величиной от 0,8 до 2,0 га/чел., в зависимости от местных агроэкономических условий.

Критерием выполнения первого условия биотической совместимости является следующее соотношение:

$$(1 - S_x/S) 100 \geq D_0, \quad (18)$$

Если условие (18) не удовлетворяется, то необходим анализ причин сложившейся ситуации. Невозможность ее разрешения за счет разумного уменьшения площади агроценозов указывает на необходимость более кардинальных мер, связанных с изменением масштаба и характера деятельности на территории.

Условие 2. Необходимость и параметры дополнительных природо-поддерживающих мероприятий определяются на основании показателя индекса репродукции биотической части экосистемы района. Учитывая, что биологическая продукция фитоценозов составляет основную (не менее 95 %) часть всей биоты наземных естественных экосистем, индекс репродукции можно определить как отношение прогнозируемой биопродукции растительного сообщества экосистемы при реализации намечаемой строительной-хозяйственной деятельности на территории Π к эталонному значению биопродуктивности этой территории Π_0 при естественных условиях функционирования экосистемы и минимально необходимой (для данной природной зоны) величине лесистости, т.е.

$$I_p = \Pi/\Pi_0, \quad (19)$$

Значение этого индекса, равное или большее 1, указывает на сохранение оптимального для данных условий воспроизводства растительной биомассы, а меньшее 1 — на необходимость планирования увеличения продукции фитомассы за счет повышения лесистости территории или других мер.

При оценке ожидаемой биопродуктивности преобразуемых хозяйственной деятельностью экосистем будем исходить из следующего. От уровня суммарного потребления энергии (получаемой за счёт сжигания на территории органического топлива) зависит валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу, что обуславливает степень загрязнения окружающей среды, в том числе образующимися на солнечном свете фитохимическими окислителями, наиболее токсичными для растений. Поэтому плотность суммарного энергопотребления часто принимают в качестве определяющего степень загрязнения окружающей среды интегрального показателя антропогенных нагрузок на природную среду.

Существует непосредственная связь между плотностью энергопотребления и плотностью населения на территории, а также между этими показателями и степенью загрязнения окружающей среды и биопродуктивностью её фитоценозов. С целью придания этим взаимосвязям количественной определенности введем условный показатель — эквивалентную плотность населения на территории Π_3 , чел./км², которую в порядке первого приближения и при условии выработки электроэнергии вне территории определим по следующей формуле:

$$\Pi_3 = N_{g,i} (1 - \varphi_1) / S, \quad (20)$$

где $N_{g,i}$ — допустимая численность населения на территории, соответствующая определенному уровню хозяйственной деятельности, чел.; φ_1 — доля использования электрической энергии в топливно-энергетическом балансе территории.

С учетом этого за интегральный показатель антропогенной нагрузки на биотическую часть экосистемы следует принимать эквивалентную плотность населения на территории, которая коррелирует с показателями видового разнообразия и степенью угнетения растительного покрова, снижающей его биопродуктивность. Учитывая современные экологические представления, такую взаимосвязь можно охарактеризовать данными табл. 7.

Отметим, что введенное ограничение энергопотребления при планировании экосовместимости строительно-хозяйственной деятельности на территории обуславливает недопущение загрязнения окружающей среды. При рассмотрении сложившихся реальных ситуаций учет энергетического фактора загрязнения среды является одним из важных моментов анализа, служащего обоснованию мер по улучшению экологического состояния территории.

Эталонную биопродуктивность фитоценозов территории района можно подсчитать по формуле:

$$\Pi_3 = 100 \times C (\Psi_\Lambda \times S \times \Lambda_{\min} + \Psi_0 \times S_0), \text{ т/год}, \quad (21)$$

где C — продукция массы сухого вещества, соответствующая данному типу растительного сообщества природной экосистемы, т/(га·год); Λ_{\min} — минимально необходимая для конкретных природных условий лесистость территории, доли ед.; S — площадь территории района, км²; S_0 — площадь территории района, занятая растительным покровом без

учета площади лесов, км; принимается с учетом данных табл. 5; Ψ_{Λ} , Ψ_0 — поправочные коэффициенты к биопродуктивности для лесного сообщества и остальной части растительного покрова.

При функциональном зонировании территорий района следует стремиться к тому, чтобы планируемые урбо- и агроценозы не охватывали участки, занятые естественными лесными массивами. При соблюдении этого условия ожидаемую биопродуктивность фитоценозов территории можно определить по формуле:

$$П = 100\{B \times C[\Psi_0(S_0 - S_y^r - S_A^r) + \Psi_{\Lambda} \times S \times \Lambda] + S_y^r C_y + S_A^r C_A\}, \text{т/год}, \quad (22)$$

где C_y и C_A — продукция массы сухого вещества, соответствующая урбо- и агроценозам, т/(га·год); принимается по данным табл. 1; S_y^r и S_A^r — площади территорий (км²), отводимые под планируемые урбо- и агроценозы, которые определяются по формулам (16) и (17); Λ — фактическая лесистость территории конкретного района, доли ед.; B — коэффициент снижения биопродуктивности растительного покрова; принимается по данным табл. 7. Обозначения других величин в формуле (22) — те же, что и принятые выше.

Необходимое повышение лесистости района (в случае $I_p < 1$) достигается за счёт дополнительных лесных посадок, служащих усилению природного каркаса района. Их площадь определяется по формуле:

$$S_n = П_э (1 - I_p) / 100 C_n \text{ при } I_p < 1, \quad (23)$$

где S_n — площадь необходимых лесных насаждений, км; C_n — продукция растительной биомассы зеленых насаждений, т/(га·год); $П_э$ — эталонная продуктивность фитоценозов района, т/год.

Условие 3. Соблюдение соотношения между особо охраняемыми и интенсивно эксплуатируемыми территориями является одним из важнейших условий поддержания экологического равновесия экосистемы района. В зависимости от местных условий природопользования доля охраняемых территорий может составлять от 30 до 95 % от общей территории района. Однако для более полного выполнения экосистемой своих жизнеобеспечивающих функций охраняемые территории объединяются с другими территориями района озелененными коридорами (открытыми пространствами с поле- и ветрозащитными посадками и т.д.), формируя тем самым природный каркас района — основу его экологической устойчивости. Природный каркас района выполняет

климаторегулирующие, водо- и почвозащитные функции, способствует сохранению путей миграции животных и естественных экологических ниш и т.д.

В структуре природного каркаса района выделяют площадные, линейные и точечные (узловые) элементы.

Площадные элементы или ареалы экологической активности включают все виды особо охраняемых природных территорий и объектов. Их главная функция — воспроизводство основных компонентов природной среды (атмосферного кислорода, воды, растительности, животного мира и др.), сохранение природных комплексов, характерных для данного района, выполнение социальных и эстетических задач. Именно от этих элементов главным образом зависит экологический потенциал района в целом.

К площадным элементам каркаса района относятся также зеленая зона города и рекреационные зоны, организуемые для кратковременного отдыха горожан. Последние могут частично располагаться в пределах лесного массива зеленой зоны.

В соответствии с имеющимися нормативами общая площадь рекреаций определяется по формуле:

$$S_p^r = \eta N_r / 100 H_p \times L, \text{ км}^2, \quad (24)$$

где η — коэффициент, учитывающий возможность одновременного кратковременного отдыха горожан; обычно принимается равным 0,2...0,3 для местности с умеренным климатом (лесная и лесостепная зоны) и 0,1 — для районов с сухим и жарким климатом; N_r — численность городского населения, определяется по формуле (14); H_p — рекреационная нагрузка, чел./га; L — понижающий коэффициент.

Необходимая площадь лесов зеленой зоны города определяется по следующей формуле:

$$S_{\Lambda}^r = N_r \times H_{\Lambda} \times 10^{-5}, \text{ км}^2, \quad (25)$$

где H_{Λ} — ориентировочный норматив площади лесов зелёной зоны, га на 1000 жителей.

Линейными элементами или осями экологической активности являются реки и их поймы, водоразделы (и особенно водораздельные леса), пограничные участки биотопов, озелененные коридоры транспортной и инженерно-технической инфраструктуры, защитные лесопосадки (по-

лезащитные, водорегулирующие на склоновых землях, лесные полосы вдоль рек и водоемов и др.), специальные биотехнические коридоры и т.д. Главные задачи линейных элементов — поддержание целостности каркаса, обеспечение перемещения подвижных компонентов природной среды, выполнение хозяйственных, социальных и эстетических функций.

К *точечным* элементам (узлам экологической активности) относят отдельные охраняемые объекты живой и неживой природы (например, верховые болота, заливные луга), памятники материальной культуры с охранными зонами и др. объекты. Основные задачи этих элементов — сохранение уникальных объектов природы и материальной культуры, поддержание ресурсного потенциала территории, выполнение эстетических и социальных функций.

Цель формирования природного каркаса района — создание гибкой в экологическом отношении цельной системы за счет целенаправленного развития и взаимной связи ее элементов, а также контакта с соответствующими элементами природного каркаса смежных районов, что обеспечивает беспрепятственную миграцию диких животных, создает необходимые условия для воспроизводства природных ресурсов и повышения экологического потенциала региона в целом.

Принципиальная схема природного каркаса района приведена на рис. 7. Реализация положенных в основу его формирования указанных выше принципов позволяет создать цельную систему за счет ярко выраженных и взаимосвязанных осей экологического равновесия, соединяющих ареалы и узлы экологической активности на территории, также смыкающих их с соответствующими элементами смежных районов. Основными ареалами экологической активности являются зеленая зона города и особо охраняемые территории, распространяющиеся от нее в юго-западном и юго-восточном направлениях. Главная ось экологического равновесия проходит вдоль всей поймы реки, пересекающей район с запада на восток, другие оси — от зеленой зоны в стороны основных ареалов экологической активности, а также в сторону севера за счет создания зелёного коридора.

3. Графическая часть.

Примеры расчёта показателей экологической совместимости. Необходимые для расчёта природно-климатические и техногенные характеристики территории района получают на основе анализа топографической карты района, аэрофотоснимков, а также, используя данные, приведенные в СП «Строительная климатология и геофизика», в насто-

ящем пособии и в других источниках. В примерах не рассматриваются вопросы, связанные с обоснованием формирования природного каркаса района. Кроме того, полагается, что инженерно-геологические условия на территории благоприятны для строительства.

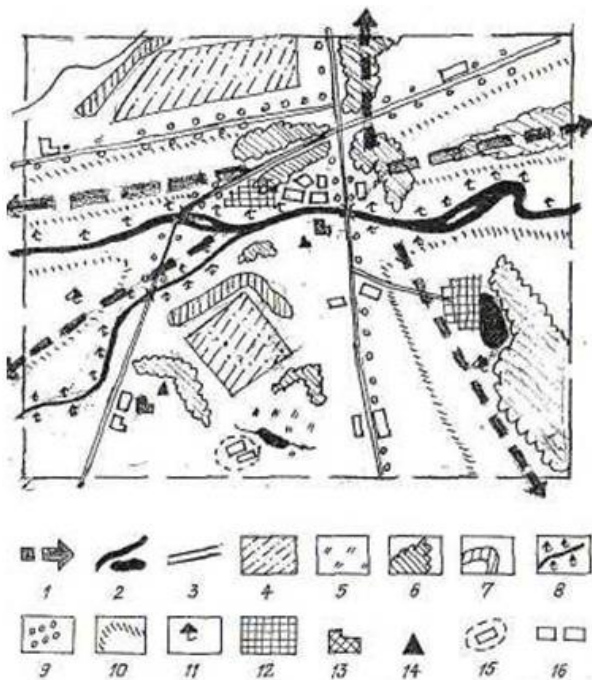


Рис. 7. Пример принципиальной схемы организации природного каркаса урбанизированной территории:

- 1 — главные оси экологического равновесия; 2 — реки водоемы; 3 — основные дороги;
- 4 — башни; 5 — пастбища; 6 — естественные леса; 7 — пылезащитные посадки;
- 8 — водоохранные посадки; 9 — рядовая посадка деревьев вдоль дорог; 10 — границы ООПТ;
- 11 — памятники природы; 12 — зоны массового отдыха;
- 13 — промышленные зоны; 14 — полигоны хранения отходов;
- 15 — животноводческий комплекс; 16 — застройка населенных мест

Пример 1. Освоение района расселения в природной зоне средней тайги. Исходные данные. Рассматриваемый район занимает территорию площадью $S = 600 \text{ км}^2$, где в настоящее время проживает 7 тыс. чел. Существующие техногенные образования занимают площадь 50 км^2 . Планируемый источник водоснабжения — малая река с расходом воды 95 %-ной обеспеченности $G_B = 10 \text{ м}^3/\text{с}$. Интенсивность газообмена для

данного типа растительного сообщества в естественных условиях $\varphi = -35$ °С. Намечаемая структура топливно-энергетического баланса: $\varphi_1 = 0,7$ (электрическая энергия), $\varphi=0,2$ (природный газ) и $\varphi = 0,1$ (уголь). По условиям хозяйственной деятельности на территории численность городского населения должна составлять не менее 75 % общей допустимой численности.

При этом должны максимально использоваться местные трудовые ресурсы. По агроэкономическим условиям удельная норма потребности в землях пригородной сельскохозяйственной базы — 1 га/чел.

Обоснование допустимой численности и масштаба хозяйственной деятельности на территории. Определим частные емкости территории по отдельным лимитирующим факторам и соответствующие им допустимые техногенные нагрузки:

1. *Частная емкость территории по расходу энергии*, определяемая по формуле (1), составит:

$$E_1 = 4,29 \times 20 \times 600 = 51480 \text{ тут/год.}$$

Соответствующие этой емкости допустимые техногенные нагрузки при разном уровне хозяйственной активности на территории определим по формуле (1). Предварительно найдем величину удельного годового энергопотребления на жилищно-коммунальные нужды одного жителя:

$$\text{Э}_{\text{уд}} = 0,65 - 0,02(-35 + 5) = 1,25 \text{ тут/(чел-год).}$$

При минимальном уровне хозяйственной активности на территории, учитываемой коэффициентом $K_i = 1,5$, допустимое количество жителей (с округлением до ста) составит:

$$N_{1,1} = 51480/1,5 \times 1,25 = 27,6 \text{ тыс. чел.}$$

Аналогично определим, что $N_{12} = 20,7$ тыс. чел. (при $K_2 = 2$) и $N_{13} = 16,6$ тыс. чел. (при $K_3 = 2,5$).

2. *Частная емкость территории по условиям ассимиляции нормированной эмиссии двуоксида углерода в атмосферу* определяется по формуле (4) с учетом того, что в рассматриваемом случае часть площади территории района — $S_0 = 310 \text{ км}^2$:

$$E_2 = 0,07(0,4 \times 600 \times 1,3 + 310 \times 0,85) \times 5 \times 100 = 20142,5 \text{ т}(\text{CO}_2)/\text{год}.$$

Допустимую нагрузку по условиям техногенной эмиссии двуокиси углерода при заданной структуре топливно-энергетического баланса на территории определим по формуле (5). При $K_i = 1,5$ получим:

$$N_{2,1} = 20142,5/1,25 \times 1,5(1,2 \times 0,2 + 3,3 \times 0,1) + 0,32 = 14,6 \text{ тыс. чел.}$$

Аналогичным образом получим $N_{2,2} = 11,6$ и $N_{2,3} = 9,6$ тыс. чел.

3. *Частная емкость территории по условиям воспроизводства кислорода атмосферного воздуха* определяется по формуле (9):

$$E_3 = 0,12 \times 3,8(0,4 \times 600 \times 1,3 + 310 \times 0,85) \times 100 = 26241,6 \text{ т}(\text{O}_2)/\text{год}.$$

Допустимую нагрузку по расходу кислорода определим по формуле (10). При $K_1 = 1,5$ получим:

$$N_{3,1} = 26241,6/2,5 \times 1,25 \times 1,5(1 - 0,7) + 0,29 = 15,5 \text{ тыс. чел.}$$

При других значениях коэффициента хозяйственной активности имеем $N_{3,1} = 12,2$ и $N_{3,3} = 10,0$ тыс. чел.

4. *Частную емкость территории по условиям водообеспечения* определим по формуле (11):

$$B_4 = 0,05 \times 10 \times 86400 = 43200 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Соответствующие допустимые нагрузки при разной степени хозяйственной активности определим по формуле (12). Для $K_1 = 1,5$ получим $N_{4,1} = 43200/ (0,4 \times 1,7 \times 1,5) = 42,4$ тыс. чел. Так же определим $N_{4,2} = 31,8$ и $N_{4,3} = 25,4$ тыс. чел. Полученные частные значения допустимых нагрузок представим в табличной форме.

Лимитирующим фактором численности населения и масштаба хозяйственной деятельности на территории является нагрузка, связанная с ограничением техногенной эмиссии углекислого газа, которая в данном случае обусловлена намеченной структурой топливно-энергетического баланса. С целью более полного использования ресурсного потенциала территории в интересах хозяйственного развития целесообразно оптимизировать структуру топливно-энергетического баланса.

При условии ($\varphi_i = 1$ имеем $N_{2,\text{мак}} = E_2 / 0,32 = 62,9$ тыс. чел. Но стремиться к такому увеличению рассматриваемой нагрузки не имеет практического смысла, поскольку другой по порядку лимитирующей нагрузкой является $N_{i,j}$, которая существенно меньше $N_{2,\text{мак}}$. Приемлемым для данных условий решением является такое изменение первоначально намеченной структуры топливно-энергетического баланса на территории, при котором $N_{2,i} = N_i$. Исходя из условия оптимизации по формуле (7) и учитывая, что $A_{2,i} = \mathcal{E}_{\text{уд}} \times K$, получим $\varphi_{1\text{мин}} = 1 - 1/1,2 (20142,5/51480,0 - 0,32/1,25 \times 1,5) = 0,82$. Таким образом, изменение структуры топливно-энергетического баланса, при которой $\varphi_1 = 0,82$ и $\varphi_2 = 0,18$, обуславливает увеличение показателей N_{2i} до уровня N_g . Использование третьего вида ТЭР допустимо только при условии, если $\varphi_1 > 0,82$; при этом соотношение между φ_2 и φ_3 может быть определено из условия оптимизации (8). Как видно из формулы (10), оптимизация топливно-энергетического баланса аналогичным образом отражается и на увеличении допустимой нагрузки N_{3i} . С учетом этого и установлены значения допустимой численности населения на территории, а также планируемой численности городского населения в зависимости от уровней хозяйственной активности — N_{gi} (табл. 4).

Обоснование биотических показателей экологической совместимости. Хозяйственное освоение района сопровождается уменьшением его экологического пространства за счет отчуждения территорий с естественным растительным покровом под урбо- и агроценозы. Определим площадь этих территорий по формулам (16) и (17), например, для условий I средней интенсивности хозяйственной деятельности, при которой $N_r = 16,0$ тыс. чел.:

$$S_y^r = 16000(1/1200 + 3 \times 10^4) = 18,1 \text{ км}^2;$$

$$S_A^r = 16000 \times 0,2 \times 1 \times 10^{-2} = 32,0 \text{ км}^2.$$

С учетом этого общая площадь интенсивно и экстенсивно используемых территорий в районе, рассчитанная по формуле (15), составит: $50 + 18,1 + 32 = 101,1 \text{ км}^2$. Требуемая общая площадь лесных рекреаций существенно меньше площади имеющихся лесных массивов.

Таким образом, под особо охраняемые территории в районе может быть отведено $600 - 101,1 = 500 \text{ км}^2$, что составляет 83,3 % общей площади территории района.

Таблица 4

Определение планируемой численности населения

Показатель хозяйственной активности, K_1	Частные значения допустимых нагрузок, тыс. чел.				Допустимая численность населения на территории (при $\phi_1 \geq 0,82$) Ng_1 , тыс. чел	Планируемая численность населения N_p , тыс. чел
	$N_{1,1}$	$N_{2,1}$	$N_{3,1}$	$N_{4,1}$		
1,5	27,6	14,6	15,5	42,4	28,0	21,0
2,0	20,7	11,6	12,2	31,8	21,0	16,0
2,5	16,6	9,6	10,0	25,4	17,0	13,0

Таблица 5

Определение допустимой численности населения

Показатель хозяйственной активности, K_1	Частные значения допустимых нагрузок, тыс. чел.				Допустимая численность населения на территории (при $\phi_1 \geq 0,82$) Ng_1 , тыс. чел
	$N_{1,1}$	$N_{2,1}$	$N_{3,1}$	$N_{4,1}$	
1,5	66,4	53,4	55,5	42,4	48,3
2,0	49,8	43,2	44,0	31,8	36,2
2,5	39,8	36,3	36,5	25,4	29,0

Первым условием сохранения экологического равновесия на территории данной природной зоны является выделение под охраняемые территории не менее 80 % площадей, занятых естественными образованиями (табл. 4). Как видим, оно выполнено.

Необходимо проверить, выполняется ли второе условие сохранения равновесия — репродуктивность растительного покрова. С этой целью определим индекс репродукции для тех же условий социально-экономической деятельности. Так как планируемая плотность населения на территории, определяемая по формуле (20), меньше 50 чел/км², то снижением биопродуктивности растительного покрова можно пренебречь.

При минимально необходимой лесистости $\Lambda_{\text{мин}} = 0,25$ и $S_0 = 310$ км² (площадь растительного покрова без лесов) эталонную биопродуктивность фитоценозов территории района для данной природной зоны определим по формуле (18):

$$П_3 = 100 \times 3 (1,3 \times 600 \times 0,2 + 0,85 \times 310) = 125850 \text{ т/год.}$$

Ожидаемую биологическую продуктивность растительного покрова преобразованной экосистемы района определим по формуле (22), учитывая, что при сохранении фактической лесистости ($\Lambda = 0,4$) величина $S_0 = 260 \text{ км}^2$, а $C_y = 0,3$ и $C_a = 1,5 \text{ т/(га-год)}$:

$$П = 100\{3 [0,85(260 - 18,1 - 32) + 1,3 \times 600 \times 0,4] + 18,1 \times 0,3 + 32 \times 1,5\} = 152468 \text{ т/год.}$$

На основании полученных значений индекс репродукции $I_p = П/П_3 = 1,2$ что указывает на сохранение оптимального баланса биопродукции растительного покрова — второго условия экологического равновесия. Такой результат для рассматриваемой ситуации объясняется существенно большей лесистостью территории по сравнению с минимально необходимой и относительно небольшим допустимым масштабом социально-экономической деятельности на территории при данных природных условиях.

Пример 2. Освоение района расселения в природной зоне широколиственных лесов. Исходные данные принимаются те же, что и в примере 1, за исключением следующих природно-климатических характеристик: $q(\text{CO}_2) = 14,5 \text{ т/(га-год)}$, $q(\text{O}_2) = 10,5 \text{ т/(га-год)}$, $C = 9,0 \text{ т/(га-год)}$, $R = 35 \text{ ккал/(см}^2\text{-год)}$, $t_{н.о} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Кроме того, дополнительным источником водоснабжения могут являться подземные воды с эксплуатационным модулем стока $M = \text{ОД м}^3\text{/(га-сут)}$.

Расчет частных емкостей территории и соответствующих им допустимых техногенных нагрузок производится в следующей последовательности.

1. Частная емкость по расходу энергии $E_i = 4,29 \times 35 \times 600 = 90090 \text{ тут/год}$.

Удельное годовое энергопотребление на жилищно-коммунальные нужды одного жителя:

$$Э_{уд} = 0,65 - 0,02(-18 + 5) = 0,91 \text{ тут/(чел. год).}$$

Допустимые нагрузки при разном уровне хозяйственной активности на территории при $K_1 = 1,5$:

$$N_{1.1} = 90090 / 0,91 \times 1,5 = 66,4 \text{ тыс. чел.}$$

Аналогично определим $N_{1,2} = 49,8$, $N_{i,3} = 39,8$ тыс. чел.

2. Частная емкость по условиям ассимиляции нормированной эмиссии двуокиси углерода:

$$E_2 = 0,07(0,4 \times 600 \times 1,3 + 310 \times 0,85) 14,5 \times 100 = 58413 \text{ т}(\text{CO}_2)/\text{год}.$$

Допустимая нагрузка по условиям техногенной эмиссии в атмосферу двуокиси углерода при заданной структуре топливно-энергетического баланса:

$$N_{2,1} = 58413/0,91 \times 1,5(1,2 \times 0,2 + 3,3 \times 0,1) + 0,32 = 53,4 \text{ тыс. чел.}$$

Аналогичным образом получим: $N_{2,2} = 43,2$ тыс. чел;
 $N_{2,3} = 36,3$ тыс. чел.

3. Частная емкость по условиям воспроизводства кислорода:

$$E_3 = 0,12 \times 10,5 \times 575,5 \times 100 - 72513 \text{ т}(\text{O}_2)/\text{год}.$$

Допустимая техногенная нагрузка по расходу кислорода:

$$N_{3,1} = 72513/[(2,5 \times 0,91 \times 1,5 \times 0,3) + 0,29] = 55,5 \text{ тыс. чел.}$$

Другие показатели: $N_{3,2} = 44,0$; $N_{3,3} = 36,5$ тыс. чел.

4. Так как условия водообеспечения из поверхностного водостока в рассматриваемом примере приняты те же, что в примере 1, то, как емкость территории, так и величина допустимых нагрузок по этому показателю аналогичны приведенным выше.

Результаты расчета сведены в табл. 5, из рассмотрения которой видно, что в данных условиях лимитирующим фактором допустимой численности населения и уровня хозяйственной деятельности на территории является обеспеченность водными ресурсами поверхностного водостока.

В связи с этим целесообразно воспользоваться ресурсами подземных вод. С учетом эксплуатационного модуля подземного стока эти ресурсы оцениваются величиной:

$$G_{n,B} = M \times S \times 100 = 0,1 \times 600 \times 100 = 6000 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Соответствующая ей дополнительная нагрузка по условиям водообеспечения составит $AN_{4.i} = 6000 / (0,4 \times 1,7 \times 1,5) = 5,9$ тыс. чел., $AN_{4.2} = 4,4$ и $AN_{4.3} = 3,5$ тыс. чел. Этот фактор и учитывается при обосновании допустимой численности населения на территории.

Алгоритм дальнейшего анализа, связанного с определением биотической совместимости, тот же, что и в примере 1.

2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ НА ГОРОДСКУЮ ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Одним из основных негативных техногенных воздействий на окружающую среду и здоровье населения является загрязнение. Загрязнение — это внесение в окружающую среду новых, нехарактерных для нее физических, химических или биологических агентов (компонентов), или превышение в контролируемое время предельно допустимого среднесуточного уровня этих агентов в среде, приводящее к негативным последствиям. Непосредственным объектом загрязнения служит место обитания биотического сообщества: атмосферный воздух, водная среда, почва и грунты. Но жертвой загрязнения становятся организмы — растения, животные, микроорганизмы, сам человек. Загрязнения окружающей среды делятся на *природные*, вызванные какими-либо естественными, как правило, катастрофическими причинами, и *антропогенные*, возникшие в результате деятельности человеческого сообщества. Природные загрязнения носят, как правило, распределительный или кратковременно стихийный характер и сравнительно мало влияют на общий уровень загрязнений.

Среди антропогенных загрязнений выделяют: химические (проникновения в среду веществ, обычно отсутствующих в ней или в концентрациях, превышающих норму); физические (воздействия на среду какого-либо физического фактора: теплового, светового, шумового, радиоактивного, электромагнитного); биологические (случайные или возникшие из-за деятельности человека); механические (засорение среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие, без физико-химических последствий).

Загрязнение окружающей среды современными промышленными предприятиями, как правило, носит комплексный характер, поскольку в технологиях существующих производств присутствуют физико-химические, физико-механические и химико-биологические процессы. Выявление и определение их качественных и количественных характеристик позволяет определить функционирование природно-промышленных систем и по экологическим показателям, воздействующим на природную среду.

Далее будут рассмотрены различные загрязнения городской окружающей среды, которые в настоящее время в значительной мере являются определяющим фактором, оказывающим серьезное влияние на экологическую безопасность жизнедеятельности населения.

2.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Воздействие загрязняющих веществ на окружающую среду зависит от их физических и химических свойств, свойств продуктов деструкции и концентрации тех и других в выбросах и окружающей среде. Важнейшим параметром, определяющим масштаб распространения вредного вещества в атмосфере, является время его жизни в атмосфере. Исходя из этого, выбросы загрязняющих веществ делятся на три типа:

- приводящие к загрязнению в глобальном масштабе. Это выбросы веществ с большим временем жизни в атмосфере, способные распространяться в окружающей среде в глобальном масштабе независимо от места выброса (углекислый газ, фреоны, радионуклиды);
- приводящие к загрязнению в региональном масштабе (регион может охватывать территорию нескольких государств). К ним относятся выбросы веществ с ограниченным (несколько суток) временем жизни в атмосфере, способные приводить к загрязнению крупного региона (оксиды серы и азота, тяжелые металлы, пестициды);
- приводящие к загрязнению в локальном масштабе (на небольшой территории). Сюда относятся выбросы загрязняющих веществ с малым временем жизни в атмосфере, которые приводят к локальному загрязнению окружающей среды (грубодисперсные аэрозоли, сероводород и др., а также оксиды серы и азота, если они выбрасываются из низких источников).

Выпуск сточных вод в водоемы может быть сосредоточенным в одной точке или рассеивающим, т.е. разбитым на большое число струй, а также поверхностным или подводным, прибрежным или вынесенным на некоторое расстояние от берега. Подводный рассеивающий выпуск на значительном удалении от берега наиболее оптимален, так как приводит к максимальному разбавлению.

Рассеяние загрязнителей в атмосфере и в водной среде зависит от воздушных течений, скорости ветра, скорости движения водного потока и происходит по механизму турбулентной диффузии. Распределение загрязнителей в почве и на границе раздела фаз (воздух — вода, воздух — почва, вода — почва), где перемешивание практически отсутствует, подчиняется законам молекулярной диффузии.

Ниже приводятся примеры рассеяния загрязнителей в различных средах.

Молекулярная диффузия в атмосфере и водной среде. Рассеяние загрязнителей в газовой и жидкой фазе при отсутствии перемешивания фаз (ветра, течений и т.п.) происходит за счет молекулярной диффузии. Диффузия — самопроизвольный процесс переноса вещества за счет беспорядочного движения атомов, молекул, ионов, коллоидных частиц в газах, жидкостях и твердых веществах в направлении меньшей концентрации. Количественно диффузия описывается законами Фика:

$$1\text{-й закон Фика: } dn = -DS \cdot (dC/dx) \cdot dt, \quad (26)$$

$$2\text{-й закон Фика: } \partial c/\partial t = D \cdot \partial^2 C/\partial x^2, \quad (27)$$

где n — количество диффундирующего вещества; S — сечение, перпендикулярное потоку вещества; D — коэффициент диффузии; C — концентрация диффундирующего вещества; t — время; x — координата в направлении диффузии.

Коэффициенты диффузии загрязнителей в различных средах в большинстве случаев могут быть найдены в справочниках, но их можно рассчитать по уравнению Эйнштейна:

$$D = (RT/A) \cdot (1/6\pi\eta r), \quad (28)$$

где R — универсальная газовая постоянная; A — число Авогадро; T — абсолютная температура; η — вязкость среды; r — радиус диффундирующей частицы.

Эйнштейн и Смолуховский показали также, что в коллоидных растворах среднее смещение частиц в процессе диффузии (Δx) можно найти из выражения:

$$\bar{\Delta x} = \sqrt{2Dt}, \quad (29)$$

По уравнению (29) можно приближенно рассчитывать среднее смещение границы загрязнения в различных средах за определенный промежуток времени, а время прохождения фронтом загрязнителя пути находить по уравнению:

$$\bar{t} = \Delta x^2 / 2D, \quad (30)$$

Естественно, что отсутствие перемешивания (ветра, водных течений и т.п.) в природных средах явление достаточно редкое, поэтому и расчеты по вышеприведенным уравнениям с использованием коэффициентов молекулярной диффузии имеют ограниченное значение. На практике применяют другие, значительно более сложные расчеты, приводимые далее.

Основы расчета распространения загрязнителей в атмосфере из дымовых труб. Газообразные загрязнители и аэрозоли выбрасываются в атмосферу через дымовые трубы, аэрационные фонари и разные вентиляционные устройства. В зависимости от их высоты различают следующие виды источников выброса:

- высокие ($H > 50$ м);
- средней высоты ($H = 10 \dots 50$ м);
- низкие ($H = 2 \dots 10$ м);
- наземные ($H < 2$ м).

Распространение выбрасываемой от источника загрязненной газовой смеси в атмосфере определяется в самой нижней части атмосферы. Потoki газовой смеси вблизи земли могут быть турбулентными или ламинарными. В солнечный день почва и воздух вблизи нее теплее верхних слоев воздуха, в этом случае поднимающиеся потоки теплого воздуха поддерживают атмосферу в состоянии турбулентности. В ясную ночь почва охлаждается быстрее, и холодный воздух вблизи земли плохо перемешивается с более теплыми верхними слоями, ветер у земли стихает. В период зимнего антициклона, особенно в облачную погоду, такое устойчивое состояние может наблюдаться в течение всего дня. Турбулентность в воздухе в значительной мере зависит от ветра и рельефа поверхности земли.

Если температура выбрасываемой из трубы газовой смеси значительно выше окружающего воздуха, над трубой наблюдается восходящий столб дыма и вместо истинной высоты трубы следует брать эффективную высоту, которая учитывает этот эффект.

Кроме того, на рассеяние загрязнителей из дымовых труб влияет характер рельефа местности и высота строений и сооружений в окрестностях трубы. За счет этих факторов может происходить размыв струи, подсос дыма в низины или пространства между зданиями, возникновение застоя загрязнителя в складках местности и между строениями.

На практике часто необходимо решать задачу: как по единовременному замеру состава газо-воздушной смеси, выходящей из источника загрязнения (трубы), определить, какова будет максимальная концентрация вредных веществ в приземных слоях воздуха и на каком расстоянии от источника загрязнения эта концентрация будет наблюдаться.

По методике, изложенной в нормативном документе (ОНД-86) Росгидромета, максимальная приземная концентрация загрязнителя C_m на расстоянии X_m от трубы рассчитывается по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M_x \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (31)$$

где M_x — количество какого-либо вредного вещества, выбрасываемого в воздух из источника загрязнения, мг/м³; H — высота источника выброса, (м); для наземных источников H принимается равной 2м; A — коэффициент стратификации, зависящий от гидрометеорологических условий и рельефа местности (берется по таблице ОНД-86). Смысл коэффициента в том, что над равнинным районом вертикальное перемещение воздуха минимально, при увеличении степени расчленения рельефа оно возрастает и достигает максимума в горах; F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ. Для газообразных веществ, скорость упорядоченного оседания которых равна 0, коэффициент принимается равным 1. Для мелкодисперсных аэрозолей (зола, пыль, V₂O₅) при степени очистки более 90 % $F = 2$, при степени очистки 75—90 % $F = 2,5$, при степени очистки менее 75 % $F = 3$; m , n — безразмерные коэффициенты, определяемые условиями выхода газо-воздушной смеси из источника. При круглом устье и конусной трубе m и n близки к 1; при другой форме устья (прямоугольной, щелевой, решетчатой) коэффициенты увеличиваются (до 4); η — коэффициент, учитывающий влияние рельефа. При перепаде высот менее 50 м $\eta = 1$. Если рельеф расчленен, т.е. перепад высот более 50 м, то $\eta > 1$, и его величина зависит от соотношения ширины и высоты трубы, высоты препятствия (H/h_0) и от соотношения ширины и высоты препятствия (a_0/h_0); V_1 — расход газовой смеси, м³/с;

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0, \quad (32)$$

где w_0 — скорость истечения газа из трубы, м/с; ΔT — разница температуры выбрасывания газовоздушного потока и окружающего воздуха ($\Delta T = T_r - T_b$). За T_r принимается средняя температура самого жаркого месяца. В отопительный сезон за T_b принимается среднемесячная температура самого холодного месяца.

Расстояние от источника загрязнения, на котором будет наблюдаться максимальная концентрация C_m , определяется по формуле:

$$X_m = \frac{(5 - F) \cdot \alpha \cdot H}{4}, \quad (33)$$

где $\alpha = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{800 \cdot (1,3 \cdot W_0 \cdot D/H)^3})$ при горячих выбросах, т.е. при $\Delta T > 0$ °С и при неблагоприятных метеоусловиях — штиле (при скорости ветра $V_H \leq 0,5$ м/с).

Для расчета концентраций вредных веществ на любых других расстояниях от источника выбросов (на расстоянии, отличном от X_m) применяется формула:

$$C_x = C_m \times S, \quad (34)$$

$$S_{0-x} \left(nпу \frac{X}{X_m} < 1 \right) = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{X}{X_m} \right)^2, \quad (35)$$

$$S_{1-x} \left(nпу 1 < \frac{X}{X_m} \leq 8 \right) = \frac{1,13}{0,13 \cdot \left(\frac{X}{X_m} \right)^2 + 1}, \quad (36)$$

После получения поля значений C_m и C_x можно построить кривую распределения концентраций загрязнения по оси факела. Расчет кривой распределения концентраций вредных веществ и расстояния, на кото-

ром будет наблюдаться максимальная концентрация, производится для случая неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), т.е. почти полного отсутствия ветра. Обычно принимается, что НМУ наступает при скорости ветра 0,5 м/с и менее. Естественно, что при больших скоростях ветра кривая распределения загрязнения растянется в длину.

На кривой распределения концентраций вредных веществ выделяется три основных зоны: зона выброса факела, характеризующаяся относительно небольшими концентрациями загрязнения, зона максимального задымления и зона постепенного снижения уровня загрязнения (зона релаксации). Зона максимального задымления должна располагаться внутри санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ).

Используя уравнение (31), можно решать и обратную задачу, т.е. находить максимальную мощность выброса или оптимальную высоту трубы, приравнивая максимальную концентрацию к предельно допустимой (ПДК) или некоторой ее доле.

Основы расчета распространения загрязнителей в водной среде. Состояние водной среды меняется под действием ряда факторов: внешних источников (сбросов, притоков), внешних стоков (изъятие воды, грунта, биоты), разных взаимодействий (химических, биохимических, экологических) и перемещений (течений, молекулярной и турбулентной диффузии, осаждения). При оценке распространения загрязнителей в водной среде практически невозможно осуществить полного учета всех этих факторов.

Сбросы являются источником загрязнителей, требующих учета. Изъятия имеют значение, если их объемы сопоставимы с объемом водоема (например, с речным потоком). Взаимодействия трудно учесть количественно. При перемещении веществ основное внимание уделяется течениям и турбулентной диффузии, поскольку молекулярная диффузия мало характерна для водных потоков, а осаждение — только в случае высокой концентрации твердой фазы (что бывает крайне редко). Течения играют существенную роль в переносе загрязнителей в реках и отдельных районах морей и океанов, но более значимым фактором все-таки является турбулентная диффузия.

Экспериментальные определения коэффициентов турбулентной диффузии показали, что в морях они зависят от масштаба длины (для 0,1 км ориентировочно 10^3 см²/с, для 1 км — 10^4 см²/с, для 10 км — $(3 \div 5) \cdot 10^5$ см²/с) и уменьшаются с глубиной. Все приведенные величины относятся к поверхностному слою, а на глубине порядка 60 м они меньше примерно на один порядок.

Используя значения коэффициентов турбулентной диффузии, можно оценивать рассеяние загрязнителей в различных водоемах. Например, концентрация загрязнителя в реке (C), если его поступление во времени постоянно и равно A , определяется выражением:

$$C = A/Q + C_{\phi},$$

где Q — расход воды в реке в единицу времени, $\text{м}^3/\text{с}$; C_{ϕ} — фоновая концентрация загрязнителя, $\text{мг}/\text{л}$.

Для оценки распространения загрязнителей в водном потоке необходимо определить степень (кратность) разбавления сточных вод. Кратность разбавления сточных вод (n) в реке можно рассчитать по уравнению:

$$n = (\alpha Q + q) / q, \quad (37)$$

где α — коэффициент смешения стоков, учитывающий степень полноты смешения и разбавления сточных вод; q — количество сбрасываемой воды из источника загрязнения, $\text{м}^3/\text{с}$.

Для того чтобы определить степень разбавления сточных вод перед их отведением в водный объект, необходимо рассчитать коэффициент смешивания стоков по уравнению Фролова — Родзиллера:

$$\alpha = \frac{1 - e^{-\beta \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\beta \sqrt[3]{l}}}, \quad (38)$$

где β — коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешивания, определяется по формуле:

$$\beta = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q}}$$

где φ — коэффициент извилистости реки: $\varphi = l_0/l$; l_0 — расстояние между местом сброса и местом водопользования по фарватеру, м ; l —

расстояние между местом сброса и местом водопользования по осям, м; ξ — коэффициент, зависящий от места сброса, при поверхностном выпуске сточных вод $\xi=1$, а при выпуске над водой $\xi = 1,5$; E — коэффициент турбулентной диффузии для равнинных рек:

$$E = \frac{V_{cp} \times H_{cp}}{200}, \quad (39)$$

где V_{cp} — средняя скорость течения реки на участке смешения, м/с; 200 — эмпирический коэффициент; H_{cp} — средняя глубина русла реки, м.

После определения коэффициента смешения можно рассчитать кратность разбавления сточных вод по формуле (38). Зная кратность разбавления сточных вод, можно определить концентрацию вредного вещества в поверхностном водотоке на заданном расстоянии от их сброса и соответствие качества воды нормативным показателям.

Теоретической основой вышеприведенного метода расчета являются законы диффузии Фика. Поэтому детальное рассмотрение рассеяния загрязнителей требует решения трехмерного варианта уравнения (27), а это связано со многими трудностями, хотя такие решения в литературе описаны и используются (например, в моделировании трансграничного переноса загрязнителей).

Распространение загрязнителей в почве и донных отложениях. Почва и донные осадки являются твердыми фазами, поэтому перемешивание в них практически всегда отсутствует. Поэтому распространение загрязнителей в этой среде происходит по механизму молекулярной диффузии, которая количественно описывается законами Фика.

Согласно большому количеству экспериментальных данных коэффициенты молекулярной диффузии различных веществ в твердой фазе составляют примерно $n \cdot 10^{-10}$ см²/с, при этом среднее смещение границы загрязнения в почвах и донных осадках за несколько суток будет определяться долями миллиметров.

Почвы часто не являются истинными твердыми фазами, поскольку они являются влажными, и в этой жидкой составляющей почв диффузия загрязнителей протекает со скоростями, которые определяются коэффициентами молекулярной диффузии в жидкостях, на несколько порядков большими, чем коэффициенты диффузии в твердой фазе.

Поэтому коэффициент молекулярной диффузии, не реагирующего с твердой основой загрязнителя в почве, может определяться по уравнению:

$$D = D_0 \cdot \frac{\varphi}{\theta^2}$$

где D — коэффициент диффузии в почве; D_0 — коэффициент диффузии в свободном растворе, наполняющем почву; φ — пористость, θ — извилистость почвы; либо по уравнению:

$$D = D_0 \frac{L_s}{L_w}$$

где L_s — электропроводность водонасыщенного грунта; L_w — электропроводность паровой воды.

Поскольку электропроводность экспериментально определяется быстрее и проще, чем пористость и извилистость, использование последнего уравнения является предпочтительным. Зная коэффициент молекулярной диффузии в почве, можно рассчитать распространение загрязнителя в литосфере.

2.2. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Атмосфера является зоной распространения биосферы, необходимой для возникновения и существования жизни на Земле. Атмосфера участвует в формировании климата, регулирует тепловой режим Земли, способствует распространению тепла у ее поверхности. Часть энергии Солнца поглощается атмосферой, остальная же энергия, достигая поверхности Земли, частично уходит в литосферу и гидросферу, а частично отражается обратно в атмосферу. Атмосфера предохраняет нашу планету от резких колебаний температуры (без атмосферы поверхность Земли нагревалась бы днем до 100 °С, а ночью охлаждалась бы до -100 °С). Благодаря наличию кислорода атмосфера служит источником дыхания живых организмов, участвует в обмене и круговороте веществ в биосфере.

Атмосферный воздух представляет собой смесь различных газов. Кроме азота и кислорода, образующих основную массу воздуха, в его состав входят инертные газы, диоксид углерода, водород, водяной пар и др. Состав атмосферы не постоянен по высоте, а меняется в достаточно широких пределах. Причинами этого изменения являются земное притяжение, диффузия, действие космических и солнечных лучей. Под влиянием земного притяжения более тяжелые атомы и молекулы опускаются в нижнюю часть атмосферы, а в ее верхней части остаются более легкие. В табл. 6 представлен состав сухого воздуха в приземном слое.

Таблица 6

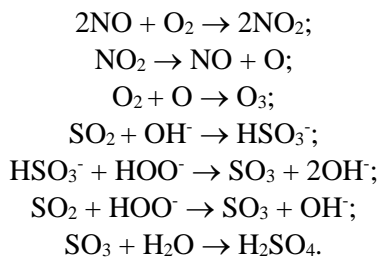
Состав атмосферного воздуха, %

Компонент	Содержание, % (по объему)
Азот N ₂	78,11
Кислород O ₂	20,95
Аргон Ar	0,934
Диоксид углерода CO ₂	0,034
Неон Ne	18,18 · 10 ⁻⁴
Гелий He	5,24 · 10 ⁻⁴
Криптон Kr	1,14 · 10 ⁻⁴
Метан CH ₄	1,6 · 10 ⁻⁴
Водород H ₂	0,5 · 10 ⁻⁴
Оксид азота NO	0,3 · 10 ⁻⁴
Ксенон Xe	0,087 · 10 ⁻⁴

Загрязнение атмосферного воздуха наносит огромный ущерб биосфере, оказывает сильное влияние на развитие живых организмов и здоровье людей. Наличие в воздухе различных загрязнителей ускоряет процессы коррозии металлов, постепенно разрушает здания и сооружения, памятники истории и культуры, ухудшает качество сельскохозяйственной продукции, питьевой воды, промышленных изделий и материалов.

Наиболее опасными источниками загрязнения атмосферы являются антропогенные. Человечество в результате своей хозяйственной деятельности ежегодно выбрасывает в атмосферу более 19 млрд т загрязняющих веществ, в том числе более 15 млрд т углекислого газа, 200 млн т окиси углерода, более 500 млн т углеводов, 120 млн т золы и др.

Антропогенные выбросы в атмосферу подразделяются на первичные и вторичные. *Первичные* — это выбросы, поступающие в атмосферу непосредственно от различных источников. *Вторичные* являются продуктом образования вследствие взаимодействия в атмосфере первичных выбросов с различными веществами (кислородом, аммиаком, водой и др.), они могут быть более опасными и токсичными, чем первичные загрязнители. Например, в результате процессов горения в атмосферу выбрасываются первичные загрязнители: оксид азота NO и оксид серы SO₂. В результате химических реакций эти загрязнители превращаются во вторичные:



Вещества, загрязняющие атмосферу, могут быть *твердыми, жидкими и газообразными* и оказывать вредное воздействие непосредственно или после химических превращений в атмосфере, а также при реакциях с другими веществами.

Промышленная пыль образуется в результате механической обработки различных материалов (дробление, размол, взрывание и др.), тепловых процессов (сжигание, прокаливание, сушка), транспортировки сыпучих материалов и при их складировании. Увеличение запыленности атмосферного воздуха ведет к ухудшению микроклимата города: увеличению числа туманных дней, уменьшению прозрачности атмосферы, а, следовательно, — к снижению видимости, освещенности, увеличению ультрафиолетовой радиации.

Жидкие загрязняющие вещества образуются при конденсации паров, распылении и разливе жидкостей, в результате химических реакций, газообразные загрязнители — в результате различных химических реакций (окисления, восстановления, обжига руд и нерудного минерального сырья). При сжигании топлива образуются огромные количества газообразных соединений: оксиды серы, азота, углерода, тяжелых и радиоактивных металлов. Крупным источником газообразных выбро-

сов является химическая промышленность: производство фосфорных удобрений, электрохимические процессы (производство алюминия), процессы выпаривания и дистилляции.

Из всей массы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от антропогенных источников, 90 % составляют газообразные, 10 % — твердые и жидкие вещества. В табл. 7 приводится доля различных техногенных выбросов в загрязнении атмосферы.

Таблица 7

Источники загрязнения городской атмосферы

Вид деятельности	Доля в суммарном выбросе загрязняющих веществ за год, % (по массе)
Транспорт	50...60
Теплоэнергетический комплекс	10...15
Промышленные технологии и процессы горения	15...20
Коммунально-бытовое хозяйство (ТБО)	5

В качестве наиболее распространенных и опасных можно выделить восемь категорий загрязнителей:

- пыль и взвеси, представляющие собой мельчайшие частицы и аэрозоли, находящиеся в воздухе в дисперсном состоянии;
- углеводороды и другие летучие органические соединения;
- угарный газ (CO);
- оксиды азота (NO и NO₂);
- оксиды серы, в основном диоксид серы (SO₂);
- свинец и другие тяжелые металлы;
- озон и другие фотохимические окислители;
- кислоты, в основном серная и азотная, присутствующие в виде аэрозолей жидкости, образующие кислотные дожди и туманы.

Следует заметить, что в последнее время в качестве загрязнителя стали рассматривать диоксид углерода (CO₂), так как его количество, поступающее в атмосферу, так велико, что не может быть поглощено биосферными процессами.

Уровень загрязнений в атмосфере определяется тремя факторами:

- поступлением загрязнителей в атмосферу;
- объемом пространства, в котором они рассеиваются;
- механизмами удаления загрязнителей из воздуха.

Основным количественным показателем, используемым в нашей стране для контроля качества биосферы (в том числе и атмосферы), являются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ — это максимальная концентрация, до достижения которой не проявляются свойства вредного вещества, т.е. верхний предел лимитирующих факторов, при котором концентрация вещества выходит за допустимые границы экологической ниши человека. Существует раздельное нормирование содержания примесей вредных веществ в атмосфере. Необходимость раздельного нормирования обусловлена условиями восприятия вредных веществ людьми: на промышленных предприятиях их вдыхают здоровые люди, проходящие регулярно медицинский осмотр, а в населенных пунктах, расположенных вблизи этих предприятий, вредные вещества вдыхают как взрослые, так и дети, пожилые и больные люди, беременные женщины и др.

Для санитарной оценки воздушной среды используют следующие показатели (мг/м³):

ПДК_{р.з} (рабочей зоны). Это концентрация вредных веществ при ежедневной (кроме выходных) работе в пределах 8-часового (или другой продолжительности) рабочего дня, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа, не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья работника.

ПДК_{м.р} (максимально разовая). Эта концентрация вещества, при вдыхании которого в течение 30 мин не должны проявляться рефлекторные реакции в организме человека. ПДК_{м.р} используется в экстремальных (аварийных) ситуациях.

ПДК_{сс} (среднесуточная). Эта среднесуточная концентрация вещества, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного при длительном (многие годы) вдыхании. ПДК_{сс} используется для нормирования качества воздуха в населенных пунктах.

В табл. 8 представлены ПДК различных веществ в воздушной среде.

Таблица 8

Предельно допустимые концентрации различных загрязнителей в атмосферном воздухе (мг/м³)

Вещества	ПДК_{сс}	ПДК_{м.р}
Твердые вещества: пыли, взвеси	0,15	0,50
Двуокись серы	0,05	0,50
Двуокись азота	0,04	0,085

Вещества	ПДК _{сс}	ПДК _{м.р}
Окись углерода	3,00	5,00
Аммиак	0,04	0,20
Хлористый водород	0,20	0,20
Цианистый водород	0,01	—
Окись кадмия	0,001	—
Свинец	0,0003	—
Сероуглерод	0,005	0,03
Бензопирен	0,000001	0,001
Фенол	0,003	0,01
Формальдегид	0,003	0,035
Фтористый водород	0,005	0,02

Для оценки уровня загрязнения в атмосфере применяют индекс качества J , %:

$$J = \frac{C}{\text{ПДК}}$$

где C — концентрация загрязнителя в атмосфере (рис.8).

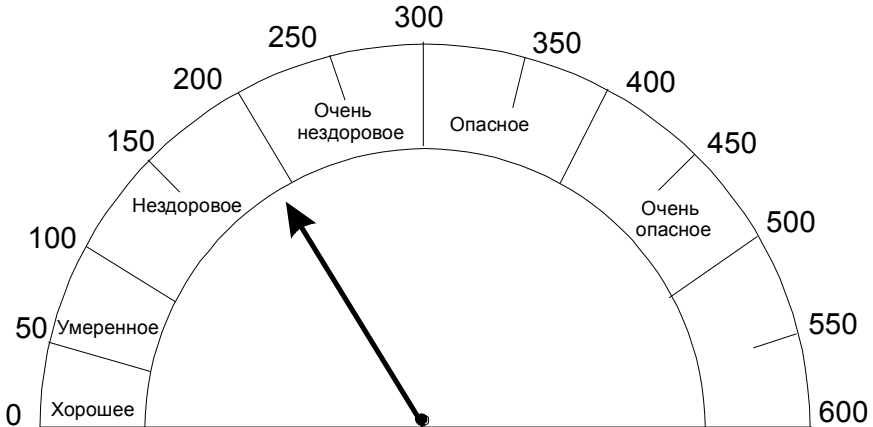


Рис. 8. Стандартный индекс загрязнения J

При одновременном присутствии в воздухе вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их безразмерная суммарная концентрация должна удовлетворять условию:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

где $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ — концентрации вредных веществ.

Однонаправленное действие вредных веществ или даже усиленное действие одного вещества в присутствии другого называется эффектом суммации.

Из наиболее распространенных загрязнителей эффектом суммации обладают:

- фенол — сернистый газ — ацетофенон;
- окись углерода — цементная пыль;
- озон — двуокись азота — формальдегид — сернистый ангидрид — серный ангидрид — аммиак;
- сернистый газ — двуокись азота — сероводород — метанол;
- сероводород — фтористый водород;
- этанол — метанол;
- соляная кислота — серная кислота — азотная кислота;
- этилен — бутилен — серная кислота — ацетофенон.

Следовательно, если предприятие выбрасывает в воздух одно из вышеперечисленных веществ, то норматив требует определять концентрацию веществ, входящих в данную группу суммации.

Для того чтобы обеспечить загрязнение атмосферы на уровне, меньшем, чем ПДК, по каждому виду выбрасываемого в воздух загрязняющего вещества предприятию устанавливаются *предельно допустимые выбросы (ПДВ)**.

2.2.1. Методические указания к расчетно-практической работе «Определение санитарно-защитной зоны предприятия»

Загрязнение воздуха в пределах городских территорий (особенно крупных городов) связано с выбросом промышленностью и автотранспортом в атмосферу большого количества вредных веществ. При достижении высоких концентраций пероксиацилнитрата (ПАН) и озона

* ПДВ – предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу, при котором обеспечивается соблюдение гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных условиях для рассеивания.

(O₃) образуется фотохимический смог, а у человека нарушается механизм переноса гемоглобином кислорода, и может прерываться дыхание. Особенно часто фотосмог формируется в холодное время при высокой влажности и безветренной погоде. Поэтому в промышленных городах установление на длительное время (несколько суток) безветренной погоды (скорость ветра менее 0,5 м/с) считается чрезвычайной ситуацией в атмосфере, о которой сообщается в метеосводках. Значительную долю загрязнения воздушного бассейна в городах и поселках дают ТЭЦ и котельные. Так, при использовании котельными в качестве топлива мазута и особенно угля в воздух выбрасываются следующие вещества (табл. 9).

Таблица 9

Класс опасности веществ, выбрасываемых в воздух, при использовании в качестве топлива мазута и угля

Вещество	Класс опасности
CO	4
NO и NO ₂	2
SO ₂ и SO ₃	3
V ₂ O ₅	1
C _x H _x , в том числе C ₂₀ H ₁₂	2
Бенз(α)пирен	1
Пыль, зола, сажа	3

При этом наиболее токсичными и опасными являются выбросы сернистого ангидрида, которые, смешиваясь с водяными парами воздуха, образуют растворы серной и сернистой кислот (эффект кислотных дождей).

Для контроля за уровнем загрязнения окружающей среды и, в частности, воздуха Минздравом России устанавливаются величины ПДК для всех загрязняющих веществ. Так, основное законодательное требование по охране воздуха гласит: «Концентрация любого загрязняющего вещества в воздухе (C_x) должна быть меньше или равна предельно допустимой величине ($C_x \leq \text{ПДК}$)». В зонах отдыха городов, на курортах, в зонах санитарной охраны $C_x \leq 0,8\text{ПДК}$.

Для того чтобы загрязнение воздуха не превышало ПДК, каждому предприятию для каждого вида выбрасываемого в воздух загрязняющего вещества устанавливаются предельно допустимые выбросы (ПДВ). Величина ПДВ определяется из условия:

$$\frac{C_{\text{вещ. от п редп}} + C_{\text{ф}}}{\text{ПДК}} = 1$$

где $C_{\text{ф}}$ — фоновая концентрация вещества.

Таким образом, предельно допустимые выбросы предприятия — это такие выбросы вредных веществ, которые создают их приземную концентрацию (т.е. концентрацию на высоте 1,5 м) большую, чем ПДК. При множественных источниках загрязнения (крупные комбинаты, промышленные зоны) или для неорганизованных источников (транспорт, передвижные установки) устанавливается суммарный ПДВ.

Величина ПДВ для каждого предприятия по каждому веществу определяется расчетом и утверждается органами Санэпиднадзора. До тех пор, пока выбросы предприятия укладываются в ПДВ, оно платит налоги только за использование природных ресурсов. Как только замеры на санитарном посту показали, что выбросы превысили ПДВ, предприятие платит крупные штрафы, эти штрафы тем выше, чем больше величина превышения утвержденных ПДВ. Это и есть законодательно утвержденный механизм охраны воздушного бассейна. В связи с этим становится очевидной необходимость уметь определить и рассчитать ПДВ.

Расчет величины ПДВ для одиночного источника (с крупным устьем источника выброса), в соответствии с нормативным документом ОНД-86, для неблагоприятных метеорологических условий рассеяния, т.е. при скорости ветра $v_n = 0,5$ м/с, производится по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T} \quad (40)$$

где $C_{\text{ф}}$ — фоновая концентрация вредного вещества, принимаемая только по официальному документу органов Минприроды, мг/м³; все остальные обозначения указаны выше (после формулы 32).

Таким образом, может быть рассчитана величина ПДВ для любого одиночного источника по любому вредному компоненту. Но на практике чаще необходимо решать другую задачу: как по единовременному замеру состава газовой смеси, выходящей из источника (трубы) загрязнения, определить, какова будет максимальная концентрация вредных веществ в приземных слоях воздуха и на каком расстоянии от источника загрязнения эта концентрация будет наблюдаться.

Максимальная концентрация вредного вещества C_m в приземном слое воздуха при заданных (измеренных) выбросах определяется по формуле (32).

Расстояние от источника загрязнения, на котором будет наблюдаться максимальная концентрация C_m , определяется по уравнению (33).

Для расчета концентраций вредных веществ на любых других расстояниях от источника выбросов (на расстоянии, отличном от X_m) применяется формулы (33—36). После получения поля значений C_m и C_x можно построить кривую распределения концентраций загрязнения по оси факела (как было описано в п. 3.2.1). Максимальная концентрация вредных веществ в любой точке в направлении, перпендикулярном направлению факела, может быть рассчитана по формуле:

$$C_y = S_z \times C_x,$$

$$S_z = \frac{1}{(1 + 5 t_y + 12,8 t_y^2 + 17 t_y^3 + 45 t_y^4)^{0,5}}$$

где:

$$t_y = \frac{U \cdot y^2}{X^2}$$

при $U \leq 5$ скорость ветра можно принять 0,5 м/с.

Расчет кривой распределения концентраций вредных веществ и расстояния, на котором будет наблюдаться максимальная концентрация, производится для случая неблагоприятных метеорологических

условий (НМУ), т.е. почти полного отсутствия ветра. Обычно принимается, что НМУ наступает при скорости ветра 0,5 м/с и менее. Естественно, что при больших скоростях ветра кривая распределения загрязнения растянется в длину.

На кривой распределения концентраций вредных веществ выделяется три основных зоны: зона выброса факела, характеризующаяся относительно небольшими концентрациями загрязнения, зона максимального задымления и зона постепенного снижения уровня загрязнения (зона релаксации). Зона максимального задымления должна располагаться внутри санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ).

Используя уравнение (31), можно решать и обратную задачу, т.е. находить максимальную мощность выброса или оптимальную высоту трубы, приравнивая максимальную концентрацию к предельно допустимой (ПДК) или некоторой ее доле.

Вокруг каждого промышленного предприятия, имеющего выбросы вредных веществ в воздух, устанавливается СЗЗ, внутри которой запрещено размещение жилой застройки, детских, медицинских и культурных учреждений. Размеры СЗЗ регламентируются СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 в зависимости от класса предприятия (табл. 10).

Таблица 10

Размеры СЗЗ в зависимости от класса предприятия

I	- СЗЗ 1000 м;
II	- СЗЗ 500 м;
III	- СЗЗ 300 м;
IV	- СЗЗ 100 м;
V	- СЗЗ 50 м.

Перечень предприятий, относящихся к тому или иному классу, содержится в приложении к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Например, к I классу предприятий относятся предприятия по производству азота, анилиновых красителей, целлюлозы, использующие способы производства, основанные на сжигании серы или серосодержащих материалов, искусственного и синтетического волокна, по переработке нефти и природного газа, горючих сланцев, полимерных материалов, искусственного и синтетического каучука, битума, минеральных удобрений, химико-фармацевтических препаратов, пестицидов, комбинаты черной металлургии с объемом производства более 1 млн т в год, комбинаты

по переработке цветных металлов и производству глинозема, цемента, асбеста, санкционированные свалки ТБО, поля фильтрации с объемом стоков более 50 тыс. м³/сут, мусоросжигательные и мусороперерабатывающие заводы мощностью более 40 тыс. т/год и некоторые другие.

ТЭЦ, ТЭС и крупные объекты теплоэнергетики эквивалентной электрической мощностью 600 мВт и выше, использующие в качестве топлива уголь и мазут, относятся к предприятиям I класса и должны иметь СЗЗ не менее 1000 м, работающие на газовом и газо-мазутном топливе относятся к предприятиям II класса и должны иметь СЗЗ не менее 500 м. При установлении минимальной величины санитарно-защитной зоны от всех типов котельных тепловой мощностью менее 200 Гкал, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе, необходимо определение расчетной концентрации в приземном слое и по вертикали — с учетом высоты жилых зданий, в зоне максимального загрязнения атмосферного воздуха от котельной (10—40 высот трубы котельной), а также акустических расчетов. СЗЗ при расчетных значениях ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха в пределах ПДК в приземном слое и на различных высотах прилегающей жилой застройки не должна быть менее 50 м.

Основным условием определения размеров СЗЗ является то, что максимальная концентрация всех вредных веществ за ее границей не должна превышать ПДК. Следует иметь в виду, что санитарно-защитная зона, определяемая по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, имеет круговую форму (относительно источников выбросов). Поэтому ее размеры должны быть откорректированы с учетом розы ветров по формуле:

$$L_{\text{(длина СЗЗ по румбу)}} = L_0 \frac{P}{P_0}$$

где L_0 — размер СЗЗ по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, м; P — повторяемость ветров данного румба по действительной розе ветров, %; P_0 — повторяемость ветров при круговой розе ветров; $P_0 = 12,5$ %; 12,5 % потому, что расчет ведется обычно по 8 румбам ($100:8 = 12,5$).

В настоящее время природоохранные органы требуют, чтобы карты распределения загрязнений и расчеты СЗЗ для предприятий со значительными выбросами вредных веществ в воздух выполнялись по компьютерным программам «Интеграл», «Эколог» и др.

Цель работы: расчет предельно допустимых выбросов вредного вещества промышленного предприятия и максимальной концентрации вредного вещества в приземном слое воздуха и определение размеров санитарной зоны защиты этого предприятия.

Задание 1. Рассчитать предельно допустимые выбросы вредного вещества котельной, работающей на мазуте. Ниже приводится пример расчета.

Вредные выбросы котельной: оксид углерода (CO); оксид азота (NO₂); двуокись серы (SO₂); пятиокись ванадия (V₂O₅); зола.

Высота дымовой трубы 35 м, диаметр устья трубы D — 1,4 м, скорость выхода газовой смеси w_0 — 7 м/с. Температура газовой смеси — 125 °С, средняя температура самого жаркого месяца — 25 °С. Местность, на которой расположена котельная, ровная, с перепадом высот менее 25 м (Москва). ПДК: CO — 5 мг/м³; NO₂ — 0,085 мг/м³; SO₂ — 0,5 мг/м³; V₂O₅ — 0,002 мг/м³; зола — 0,5 мг/м³.

Фоновые концентрации C_{ϕ} указанных веществ, по данным санитарно-эпидемиологической службы, составляют соответственно 2; 0,03; 0,2; 0,0005; 0,01 мг/м³; степень очистки пылегазоочистного оборудования — 80 %; коэффициент стратификации A — 140; m и n — безразмерные коэффициенты, определяемые условиями выхода газовой смеси из источника. В случае трубы с круглым устьем m и n равны 1.

Пример расчета ПДВ проводится по выбросам CO, а т.к. CO — летучий газ, следовательно, $F = 2,5$.

$$\text{ПДВ}_{\text{CO}} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}$$

;

$$\text{ПДВ}_{\text{CO}} = \frac{(5 - 2) \cdot 35^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{140 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} ;$$

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0 = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 7 = 10,8 \text{ м}^3/\text{с} ;$$

$$\Delta T = 125 - 25 = 100;$$

$$\text{ПДВ}_{\text{CO}} = \frac{(5-2) \cdot 35 \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 100}}{140 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 107,1 \text{ мг}/\text{с}.$$

Коэффициент пересчета мг/с в т/год = 0,000864. ПДВ_{CO} = 0,1071 г/с или ПДВ_{CO} = 0,0925 т/год.

Ниже в табл. 5 приводятся исходные данные для различных вариантов задания.

Задание 2. Рассчитать максимальную концентрацию (M_x) вредного вещества в приземном слое воздуха и построить кривую распределения концентрации загрязнения по оси факела. M_x – замеренное количество какого-либо вредного вещества, выбрасываемого из источника загрязнения в граммах за 1 секунду — 0,214 г/с.

Максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое рассчитывается по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M_x \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} ;$$

$$C_m = \frac{140 \cdot 0,214 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 100}} = 0,00477 \text{ мг}/\text{м}^3$$

Расстояние от источника загрязнения, на котором наблюдается C_m , определяется по газо-воздушной формуле:

$$X_m = \frac{5 - F}{4} \cdot \alpha \cdot H ,$$

где:

$$\alpha = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{800 \cdot (1,3 \cdot \frac{W_0 \cdot D}{H})^3}) = 2,48;$$

$$(1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{800 \times (1,3 \cdot \frac{7 \cdot 1,4}{35})^3}) = 3,15;$$

$$X_m = \frac{5 - 2,5}{4} \cdot 3,15 \cdot 35 = 68,9$$

Для построения эпюры распределения загрязняющего вещества по факелу следует определить концентрацию вредных веществ на расстояниях $0,25X_m$; $0,5X_m$; $0,75X_m$; $2X_m$; $4X_m$; $6X_m$.

$X_1 = 17,2$ м.

$$S_{17,2} = 3 \frac{(17,2)^4}{68,9} - 8 \frac{(17,2)^3}{68,9} + 6 \frac{(17,2)^2}{68,9} = 0,012 - 0,125 + 0,375 = 0,262$$

;

$X_2 = 34,45$ м;

$$S_{34,45} = 3 \frac{(34,45)^4}{68,9} - 8 \frac{(34,45)^3}{68,9} + 6 \frac{(34,45)^2}{68,9} = 0,187 - 1,0 + 1,5 = 0,687$$

;

$X_3 = 51,7$ м;

$$S_{51,7} = 3 \frac{(51,7)^4}{68,9} - 8 \frac{(51,7)^3}{68,9} + 6 \frac{(51,7)^2}{68,9} = 0,948 - 3,377 + 3,376 = 0,949$$

;

$X_4 = 137,8$ м;

$$S_{137,8} = \frac{1,13}{0,13 \times 2^2 + 1} = 0,743$$

;

$$S_{275,6} = \frac{1,13}{0,13 \times 4^2 + 1} = 0,367$$

$X_5 = 275,6$ м ;

;

$$S_{413,4} = \frac{1,13}{0,13 \times 6^2 + 1} = 0,119$$

$X_6 = 413,4 \text{ м}$;

;

Следовательно:

- $Cx_1 = 0,00477 \cdot 0,262 = 0,00125 \text{ мг/м}^3$; $Cx_2 = 0,00477 \cdot 0,687 = 0,00328 \text{ мг/м}^3$;
- $Cx_3 = 0,00477 \cdot 0,949 = 0,00453 \text{ мг/м}^3$; $Cx_4 = 0,00477 \cdot 0,367 = 0,00354 \text{ мг/м}^3$;
- $Cx_5 = 0,00477 \cdot 0,367 = 0,00175 \text{ мг/м}^3$; $Cx_6 = 0,00477 \cdot 0,199 = 0,00095 \text{ мг/м}^3$.

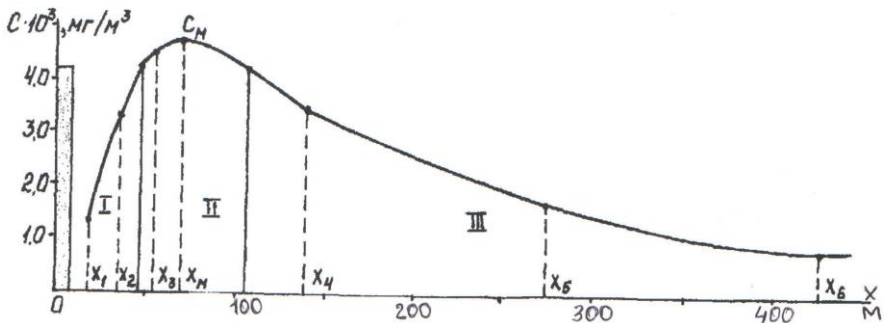


Рис. 9. График затухания загрязнения с расстоянием от оси факела $C_x = C_m \cdot S_x$.

Затем следует построить эпюру распределения концентраций (лучше на миллиметровке) и на графике (рис. 9) выделить зоны загрязнения:

I — зону выброса;

II — зону максимальной концентрации;

III — зону релаксации. Затем по заданной розе повторяемости ветров (табл. 11) необходимо рассчитать длину санитарной зоны защиты L по каждому румбу и построить кривую розы ветров по 8 румбам. После этого с учетом построенной кривой релаксации загрязняющего вещества от оси факела и рассчитанных L каждого румба следует сделать вывод о размере СЗЗ данного предприятия (с учетом ПДК).

Исходные данные к заданиям № 1 и № 2

Перечень данных	Вариант																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Вещество	CO	CO	NO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	SO ₂	SO ₂	SO ₂	SO ₂	SO ₂	V ₂ O ₅	V ₂ O ₅	V ₂ O ₅	V ₂ O ₅	V ₂ O ₅	сода	сода	сода	CO	CO
ПДК, мг/м ³	3	3	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,002	0,002	0,002	0,002	0,5	0,5	0,5	0,5	3	3	3
C ₀ , мг/м ³	2	2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,1	0,1	0,1	0,1	2	2	2
H, м	40	30	35	30	32	25	35	30	40	37	35	35	40	30	42	45	37	30	37	42	42
Температура газо-воздушной смеси T, °C	125	104	125	100	115	130	120	102	120	130	120	130	120	110	100	125	115	120	100	113	113
F, т	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2,5	2,5	3	2	2,5	2,5	3	1,0	1,0	1,0
m	1,18	1,13	1,18	1,11	1,17	1,0	1,17	1,05	1,05	1,0	1,15	1,12	1,05	1,11	1,0	1,12	1,2	1,05	1,0	1,05	1,05
n	1,0	1,0	1,0	1,02	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,01	1,05	1,0	1,04	1,0	1,02	1,0	1,01	1,01
M ₀ , в % от ПДВ	180	180	160	170	220	190	120	120	180	270	140	150	180	280	170	130	190	140	190	175	175
Температура воздуха T _в , °C	-18	-20	-15	-15	-18	22	-16	-18	-15	20	-18	-16	-15	22	-16	-10	-15	21	18	18	18
Диаметр трубы D, м	1,4	1,2	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2	1,3	1,4	1,0	1,1	1,2	1,4	1,0	1,1	1,2	1,0	1,4	1,4	1,4
W ₀ , м/сек	7,0	7,0	7,0	6,5	7,5	7,0	6,5	7,0	6,5	6,0	7,5	6,5	7,0	7,0	7,5	7,0	6,5	7,0	7,0	6,5	6,5
Поворотность ветров P, %	13	13	10	12	17	27	17	10	9	12	12	5	12	15	8	16	10	3	15	12	12
C3	46	36	25	20	16	14	17	15	10	10	12	10	12	16	10	12	46	36	30	32	32
3	12	6	15	18	10	9	16	17	11	12	12	8	12	15	12	10	12	6	15	8	8
ЮЗ	7	7	11	9	4	5	12	17	14	12	12	10	12	12	15	9	7	7	6	7	7
Ю	9	11	9	11	0	3	10	14	16	11	12	16	10	10	16	7	9	11	9	11	11
ЮВ	6	15	4	18	7	6	7	12	16	14	12	17	12	8	15	11	6	15	4	18	18
В	3	7	6	5	11	12	9	7	15	15	16	17	16	11	13	18	3	7	6	5	5
СВ	4	5	20	7	35	24	12	8	9	14	12	17	14	13	11	17	7	15	15	15	7

2.2.2. Методические указания к практической работе «Оценка загрязнения воздуха выбросами от движущегося автотранспорта»

Как известно, автотранспорт является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в городах. Кроме того, автотранспорт относится к категории наиболее опасных источников загрязнения воздушной среды вблизи автомагистралей. Это связано с тем, что отработанные газы автомобилей поступают в нижний слой атмосферы, при этом процесс их рассеяния значительно отличается от процесса рассеяния выбросов из высоких стационарных источников, а вредные вещества практически находятся в зоне дыхания человека.

Вредные вещества при эксплуатации подвижных транспортных средств поступают в воздух с отработанными газами, испарениями из топливных систем и при заправке, а также с картерными газами. Выбрасываемые в атмосферу газы двигателей представляют собой смесь из более двухсот компонентов, среди которых немало канцерогенных веществ.

Значения выбросов вредных веществ в отработанных газах автотранспорта зависят от различных факторов: соотношения в смеси воздуха и топлива, режимов движения автотранспорта, рельефа местности и качества дорог, технического состояния автомобиля, типа двигателя и др. Например, рельеф дороги и режим движения автомашин оказывают значительное влияние на выбросы оксида углерода (СО). При ускорении и торможении в отработанных газах содержание СО увеличивается в 8 раз; при медленном движении или стоянии автомобиля с включенным двигателем также резко увеличивает содержание СО в выбрасываемых газах (что характерно для автомобильных пробок). Минимальное количество угарного газа выделяется при равномерном движении автомобиля со скоростью 60 км/ч. Выбросы основных загрязняющих веществ (оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, бенз(а)пирен) существенно ниже в дизельных двигателях по сравнению с карбюраторными. Однако дизельные двигатели отличаются повышенными выбросами сажи (при плохой регулировке двигателя и систем подачи топлива), которая насыщена канцерогенными углеводородами и микроэлементами, выбросы которых в атмосферу недопустимы.

Нормирующим показателем выбросов загрязняющих веществ является также ПДК. Концентрация загрязняющих веществ вдоль магистралей зависит от их массового выброса, величина которого в свою

очередь определяется видом автотранспорта, типом двигателя и уровнем его технического состояния, плотностью автомобильного потока (интенсивностью движения) и средней скоростью. Последний из перечисленных параметров может меняться путем принятия градостроительных решений, позволяющих избежать задержки движения автотранспорта на светофорах, например, строительство эстакад и тоннелей на перекрестках, расширение проезжей части улиц и др.

Масса выбросов от автомагистралей рассчитывается в соответствии с методикой Минтранса РФ, которая может быть использована для оценки показателей экологического воздействия и обоснования необходимости применения экологически ориентированных мероприятий по организации дорожного движения (ОДД).

Влияние условий движения автомобилей в транспортном потоке на выброс загрязняющих веществ, прежде всего, проявляется через обусловленное ОДД соотношение установившихся и неуставившихся режимов движения. Поэтому в общем виде величина выброса автомобилей i -го загрязняющего вещества M , на участке магистрали длиной l , за единицу времени определяется по формуле:

$$M_i = M_{li} + D_i, \quad (41)$$

где M_{li} — выброс i -го загрязняющего вещества при непрерывном движении транспортного потока, г/ч (или г/с); D_i — дополнительный выброс i -го загрязняющего вещества, связанный с задержкой транспортных средств, г/ч (г/с).

Величина M_{li} отражает неизбежную часть выброса, определяемую техническим уровнем и состоянием транспортных средств, скоростью движения, интенсивностью движения и дорожными условиями. Величина D_i отражает увеличение выброса, вызванное торможением и разгоном транспортных средств, а также работой двигателя на холостом ходу.

В соответствии с методикой Минтранса РФ учитывается выброс следующих загрязняющих веществ: оксид углерода — CO; углеводороды — C_mH_m ; оксиды азота — NO_x ; диоксид серы — SO_2 ; сажа — C.

При расчетах следует учитывать, что в г. Москве автомобильные двигатели работают на бензине высокого качества, не содержащем сернистых соединений (выбросы SO_2 отсутствуют), и не разрешается проезд автотранспорта с плохой регулировкой дизельного двигателя и системы подачи топлива.

Для расчета выброса i -го загрязняющего вещества при непрерывном транспортном потоке (M_{li}) используется расчетная формула:

$$M_{li} = \sum_{k=1}^5 m_{lik} \cdot L_n \cdot N_{kn}, \text{ г/час}, \quad (42)$$

где m_{lik} — пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества автомобилем k -й расчетной группы, г/км; L_n — длина n -го перегона входного или выходного направления, км; N_{kn} — интенсивность движения автомобилей k -й расчетной группы на n -ом перегоне входного или выходного направления, авт/час.

При этом надо учитывать, что транспортный поток подразделяется на пять групп расчетных автомобилей:

1) *расчетный легковой автомобиль (РЛА)* — усредненная модель легкового автомобиля, отражающая существующее распределение легковых автомобилей с двигателями различного литража в потоке;

2) *расчетный грузовой автомобиль с бензиновым двигателем (РГАБ)* — усредненная модель грузового автомобиля с бензиновым двигателем, отражающая существующее распределение грузовых автомобилей различной грузоподъемности в потоке;

3) *расчетный грузовой автомобиль с дизельным двигателем (РГАД)* — усредненная модель грузового автомобиля с дизельным двигателем, отражающая существующее распределение грузовых автомобилей различной грузоподъемности в потоке;

4) *расчетный автобус с бензиновым двигателем (РАБ)* — усредненная модель автобуса с бензиновым двигателем, отражающая существующее распределение автобусов различного класса в потоке;

5) *расчетный автобус с дизельным двигателем (РАД)* — усредненная модель автобуса с дизельным двигателем, отражающая существующее распределение автобусов различного класса в потоке.

Кроме того, для расчета массового выброса M каждого из загрязняющих веществ, содержащихся в отработанных газах, необходимо с помощью введения соответствующих коэффициентов учитывать уровень технического состояния автомобиля, его возраст и среднетехническую скорость. В результате формула (42) будет иметь следующий вид:

$$M = \frac{m_i \cdot L_n \cdot N_{kn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{3600} \quad (43)$$

где 3600 — коэффициент пересчета единицы массового выброса из г/ч в г/с; K_1 — коэффициент уровня технического состояния автотранспорта (табл. 6); K_2 — коэффициент влияния возраста автотранспорта (табл. 13); K_3 — коэффициент среднетехнической скорости, учитывающий отличие средней скорости транспортного потока в городе (V) от скорости по европейскому циклу. Коэффициент K_3 для разных загрязняющих веществ определяется по формулам:

- для оксида углерода $K_3 = 1,268 \dots 0,015$;
- для углеводородов $K_3 = 1,2 \dots 0,0116$;
- для оксидов азота $K_3 = 1,0$.

Зависимость плотности автомобильного потока (P) от интенсивности движения автотранспорта (N_{kn}) определяется по выражению $P = N_{kn}/V$.

Цель работы: расчет величин массового выброса загрязнителей для определенных групп автомобилей разного года выпуска, двигающихся на известном участке дороги длиной L (км) в транспортном потоке с плотностью P (авт./км) со средней скоростью V (км/ч).

Пример задания. Рассчитать величину массового выброса загрязнителя для определенной группы автомобилей, двигающихся в транспортном потоке. Ниже приводится пример расчета.

Легковые автомобили двигаются на участке дороги длиной 15 км в транспортном потоке с плотностью движения 100 авт./км со средней скоростью 50 км/ч. Расчет проводится по выбросам CO, NO и углеводородов (C_mH_m).

$$N_{kn} = P \cdot V = 100 \cdot 50 = 5000 \text{ авт./ч};$$

$$K_{3(CO)} = 1,268 - 0,015 \cdot 50 = 1,268 - 0,75 = 0,518;$$

$$M_{CO} = \frac{m_i \cdot L_n \cdot N_{kn} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{3600} = \frac{8,7 \cdot 15 \cdot 5000 \cdot 1,25 \cdot 1,28 \cdot 0,518}{3600} = 150,22 \text{ авт. г/с};$$

$$K_{3(CmHm)} = 1,2 - 0,0116 \cdot 50 = 1,2 - 0,58 = 0,62;$$

$$M_{C_m H_m} = \frac{0,5 \cdot 15 \cdot 5000 \cdot 1,3 \cdot 1,17 \cdot 0,65}{3600} = 10,30 \text{ авт. г/с};$$

$$K_{NO} = 1,0;$$

$$M_{NO} = \frac{0,9 \cdot 15 \cdot 5000 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{3600} = 16,88 \text{ авт. г/с}.$$

Ниже в табл. 12 приводятся исходные данные для различных вариантов расчета.

Таблица 12

Исходные данные к заданию практической работы

Хар-ка Вариант	Группа автомобилей	P , авт/км	V , км/ч	L , км
1	РГАБ	50	18	2,5
2		100	40	10
3		120	60	20
4		165	80	30
5	РГАД	85	18	3
6		165	40	10
7		160	60	20
8		190	80	30
9	РАД	45	18	2
10		80	40	10
11		75	60	20
12		100	80	30
13	РАБ	40	18	3
14		100	40	10
15		120	60	20
16		140	80	30
17	РЛА	100	18	4
18		190	40	10
19		170	60	25
20		200	80	35

Коэффициенты влияния и расчетные параметры выбросов загрязняющих веществ (г/км)

Группа автомобилей	Загрязнитель	Коэффициент K_1				Коэффициент K_2				Расчетные параметры пробеговых выбросов (г/км) загрязнителей (без учета коэффициентов)									
		1983... 1989	1990	1995	2000	1983... 1990	1995	2000	1987	1988	1989	1990	1995	2000	2005	2010			
Легковой автомобиль (РПА)	CO	1,62	1,50	1,38	1,25	1,28	1,28	1,28	17,2	16,4	15,6	16,1	14,5	12,8	10,2	8,7			
	NO	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,4	0,9			
	C_{max}	1,78	1,55	1,40	1,30	1,17	1,17	1,17	1,90	1,80	1,60	1,57	1,30	0,80	0,60	0,50			
Грузовой автомобиль с бензиновым двигателем (РТАБ)	CO	1,69	1,65	1,51	1,25	1,33	1,28	1,22	59,8	57,9	56,1	55,5	49,9	44,9	38,9	31,4			
	NO	0,80	0,85	0,87	0,90	1,0	1,0	1,0	7,8	7,6	7,4	6,8	6,0	5,5	4,2	2,7			
	C_{max}	1,86	1,55	1,40	1,30	1,20	1,17	1,14	12,5	11,67	10,7	12,0	8,2	5,1	5,0	5,0			
Грузовой автомобиль с дизельным двигателем (РТАД)	CO	1,80	1,80	1,51	1,25	1,33	1,32	1,30	15,0	15,0	15,0	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0			
	NO	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	8,5	8,5	8,5	9,4	8,6	7,1	6,7	6,1			
	C_{max}	2,0	1,50	1,40	1,30	1,20	1,19	1,19	5,98	5,60	5,20	6,40	5,60	4,70	3,90	3,0			
Автобус с бензиновым двигателем (РАБ)	CO	1,69	1,65	1,51	1,25	1,32	1,28	1,22	55,74	53,74	52,0	51,5	50,5	49,2	47,0	38,0			
	NO	0,80	0,85	0,87	0,90	1,0	1,0	1,0	7,7	7,4	7,05	6,4	6,1	5,6	5,0	3,3			
	C_{max}	1,86	1,55	1,40	1,30	1,20	1,17	1,14	10,1	9,4	8,6	9,6	8,4	7,2	6,0	6,0			
Автобус с дизельным двигателем (РАД)	CO	1,80	1,80	1,51	1,25	1,27	1,27	1,27	15,0	15,0	15,0	15,0	12,9	11,0	8,6	5,7			
	NO	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	8,5	8,5	8,5	9,4	8,9	7,98	7,7	7,0			
	C_{max}	2,00	1,50	1,40	1,30	1,17	1,17	1,17	6,0	5,6	5,2	6,4	5,8	5,2	4,5	3,4			

2.2.3. Методические указания к практической работе «Оценка распространения загрязнения воздушного бассейна на территории застройки выбросами от движущегося автотранспорта»

Выбрасываемые в атмосферу отработанные газы и испарения топливных систем автотранспорта представляют собой смесь, состоящую из более чем 200 компонентов, среди которых немало канцерогенных веществ.

Значения выбросов вредных веществ в отработанных газах автотранспорта зависят от различных факторов: соотношения в смеси воздуха и топлива, режимов движения автотранспорта, рельефа местности и качества дорог, технического состояния автомобиля, типа двигателя и др. Например, рельеф дороги и режим движения автомашин оказывают значительное влияние на выбросы оксида углерода (СО). При ускорении и торможении в отработанных газах содержание СО увеличивается в 8 раз. При медленном движении или стоянии автомобиля с включенным двигателем также резко увеличивает содержание СО в выбрасываемых газах (что характерно для автомобильных пробок). Минимальное количество угарного газа выделяется при равномерном движении автомобиля со скоростью 60 км/ч. Выбросы основных загрязняющих веществ (оксид углерода, оксид азота, углеводороды, бенз(α)пирен) существенно ниже в дизельных двигателях по сравнению с карбюраторными. Однако дизельные двигатели отличаются повышенными выбросами сажи (при плохой регулировке двигателя и систем подачи топлива), которая насыщена канцерогенными углеводородами и микроэлементами, выбросы которых в атмосферу недопустимы.

Нормативной характеристикой выбросов загрязняющих веществ является ПДК. Концентрация загрязняющих веществ вдоль магистралей зависит от их массового выброса, величина которого в свою очередь определяется видом автотранспорта, типом двигателя и уровнем его технического состояния, плотностью автомобильного потока (интенсивностью движения) и средней скоростью. Последний из перечисленных параметров может меняться путем принятия градостроительных решений, позволяющих избежать задержки движения автотранспорта на светофорах, например, строительство эстакад и тоннелей на перекрестках, расширение проезжей части улиц и др.

Масса выбросов от автомагистралей рассчитывается в соответствии с методикой, изложенной выше (п. 3.2.2), которая может быть использована для оценки показателей экологического воздействия и обоснования необходимости применения экологически ориентированных мероприятий по организации дорожного движения (ОДД).

Большое значение имеет оценка уровня концентрации загрязнителей в приземном слое городской среды. Отработавшие газы от автотранспорта составляют многокомпонентную смесь — до 280 вредных ингредиентов. Наиболее опасными для человека являются окись углерода, оксиды азота, углеводороды и различные соединения свинца. Все горячие газы при смешении с окружающим воздухом быстро охлаждаются, и их плотность быстро приближается к плотности воздуха, поэтому он быстро рассеивается по территории как некий средний газ. В градостроительной практике за представительный показатель уровня загрязнения атмосферного воздуха принимается концентрация в приземном слое территории и по высоте здания окиси углерода (СО), у которой $\text{ПДК}_{\text{СС}} = 3 \text{ мг/м}^3$ и $\text{ПДК}_{\text{МР}} = 5 \text{ мг/м}^3$.

Двигаясь со скоростью 80-90 км/ч, в среднем автомобиль превращает в углекислоту столько же кислорода, сколько 300—350 человек. Но дело не только в углекислоте, годовой выхлоп одного автомобиля — это 800 кг окиси углерода, 40 кг окислов азота и более 200 кг различных углеводородов. В этом наборе весьма коварна окись углерода (СО), из-за высокой токсичности которой допустимая концентрация в атмосферном воздухе не должна превышать 1 мг/м^3 .

Известны случаи трагической гибели людей, запускавших двигатели автомобилей при закрытых воротах гаража. В одноместном гараже смертельная концентрация окиси углерода возникает уже через 2—3 мин после включения стартера. В холодное время года, остановившись для ночлега на обочине дороги, неопытные водители иногда включают двигатель для обогрева машины, а из-за проникновения СО в кабину такой ночлег может оказаться последним.

Уровень загазованности магистралей и примагистральных территорий зависит от интенсивности движения автомобилей, ширины и рельефа улицы, скорости ветра, доли грузового транспорта и автобусов в общем потоке и других факторов. При интенсивности движения 500 транспортных единиц в час концентрация СО на открытой территории на расстоянии 30—40 м от автомагистрали снижается в 3 раза и достигает нормы. Затруднено рассеивание выбросов автомобилей на тесных улицах. В итоге практически все жители города испытывают на себе вредное влияние загрязнённого воздуха.

Градостроительные мероприятия, улучшающие условия рассеивания выхлопных газов автотранспорта в жилой застройке и позволяющие снижать концентрации до предельно допустимых значений, — важный фактор в борьбе за чистоту воздушного бассейна в городе.

Значения фоновых концентраций загрязняющих веществ типичны для многих районов Москвы, как соседствующих с территориями производственного назначения, так и находящихся от них на относительном удалении.

Исходным моментом анализа загрязнения воздушной среды является определение концентрации окиси углерода на бордюре проезжей части, которая определяется по эмпирической формуле, предложенной В.Ф. Сидоренко (ВолГАСУ):

$$C_p = \frac{7,38 + 0,026N}{\left(V_s \times \frac{H}{30}\right)^{0,33}} \times K_{mex.} \times K_{pv} \times K_{пер} \quad (44)$$

где C_p – расчетная концентрация СО на бордюре проезжей части; N — количество автомобилей в час в обоих направлениях (получено экспериментально); V_s — скорость ветра на улице, м/с, при штиле $V_s = 1$ м/с; H — ширина улицы в линиях регулирования застройки, м; $K_{тех}$ — коэффициент, учитывающий конструкцию двигателей, уровень технического обслуживания машин, вид топлива и т.д. В настоящее время $K_{тех} = 0,35$; $K_{p,v}$ — коэффициент, учитывающий долю общественного и грузового транспорта в потоке и его среднюю скорость (табл. 14); $K_{пер}$ — коэффициент, учитывающий повышение уровня концентрации СО, вследствие прерывистости движения транспорта из-за наличия перекрестков (табл. 15).

Таблица 14

Значения $K_{p,v}$ при разных автотранспортных потоках

ρ до 25 %	Средняя скорость транспортного потока, км/ч					
	10...20	30	40	50	60	70
Значения $K_{p,v}$	1,05	0,9	0,75	0,7	0,6	0,55

Таблица 15

Значения $K_{пер}$, учитывающие прерывистость транспортного потока

Значения $K_{пер}$					
Расстояние между перекрестками, м	100	200	400	600	≥ 800
$K_{пер}$	2,0	1,5	1,25	1,1	≈ 1

Расчет концентрации СО у бордюра перекрестка проводится по формуле:

$$C_{\rho бт} = C_p \times \left[1,5 \times \left(1 + \frac{N_2}{N_1} \right) \right], \text{ мг(СО)/м}^3, \quad (45)$$

где $N_1 > N_2$.

Расчет концентрации СО за границей экранирующих сооружений проводится по формуле, полученной на основании теоретических и экспериментальных исследований:

$$C_{ЭК} = A \cdot e^{-0,169/K} / 0,35K, \quad (46)$$

где $C_{ЭК}$ — концентрация загрязнителя на поверхности земли, мг/м³; $A = 2000 M_{Л} / \sqrt{\pi} V_0 H$; $M_{Л}$ — мощность линейного источника на высоте экрана, г/сек·м; V_0 — скорость ветра, м/сек; H — высота выброса газа, м; $K = x/H$ — кратность высот экрана, (x — расстояние от источника до расчетной точки, м).

Изменение концентрации СО по высоте экранирующего сооружения зависит от мощности источника на бордюре проезжей части, высоты экрана и отвечает полученной на основании экспериментальных данных формуле:

$$M_{Л} = M_{Л0} / \sqrt[3]{1 - H/14}, \quad (47)$$

где $M_{Л0}$ — мощность источника на бордюре проезжей части, г/сек·м.

По формулам (17) и (18) возможно определить концентрацию выхлопных газов автотранспорта в любой точке селитебной зоны за экранирующими сооружениями.

Изменение концентрации СО за счет удаления от проезжей части дороги осуществляется по формуле:

$$\bar{c} = \frac{c_x}{c_p},$$

где c_x — концентрация СО на расстоянии x от бордюра, c_p — концентрация СО на бордюре проезжей части. При этом снижение концентрации СО в зависимости от расстояния можно определить по графику (рис. 10).

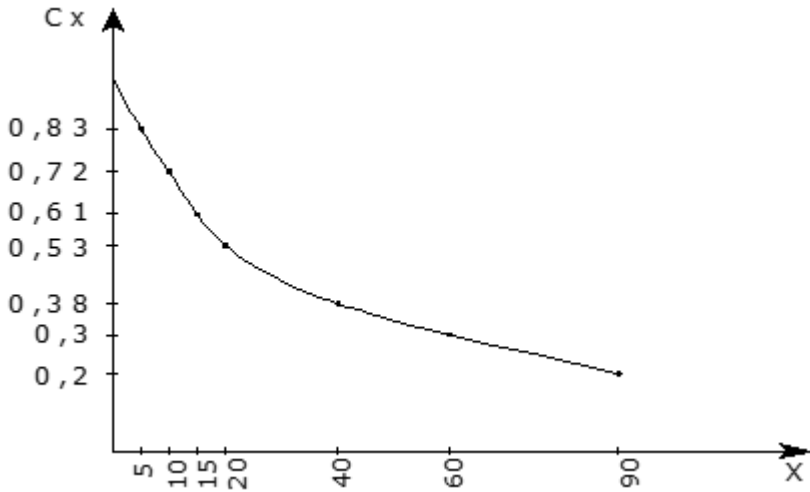


Рис. 10. Изменение загазованности (CO) в зависимости от расстояния

Определение уровня загазованности в расчетных точках. Изменение концентрации оксида углерода CO в расчетных точках перед зданием и за ним определяется в зависимости от ширины и этажности здания по табл. 16.

Таблица 16

Концентрация CO (мг/м³) в зависимости от этажности и ширины здания

Перед зданием (T ₁)			
кол-во секций	n _{эт} — этажность		
	5	9	16
2 (50 м)	0,5	0,5	0,5
4 (100 м)	0,2	0,15	0,12
8 (200 м)	0,12	0,08	0,07
За зданием (T ₂)			
кол-во секций	n _{эт} — этажность		
	5	9	16
2 (50 м)	0,5	0,5	0,5
4 (100 м)	0,2	0,15	0,12
8 (200 м)	0,12	0,08	0,07

Расчет загрязнения атмосферного воздуха на территории застройки. Существующая загазованность СО на фасаде здания $C_{т1}$ оценивается по формуле:

$$C_{т1} = (C_p - Д) \times \bar{C} \times K_1, \quad (48)$$

где $C_x = \bar{C} \times C_p$; C_x — концентрация СО на расстоянии x от бордюра; C_p — концентрация СО на бордюре проезжей части; \bar{C} — снижение концентрации выхлопных газов (СО) по территории застройки; $Д$ — снижение концентрации СО зелеными насаждениями; K_1 — изменение концентрации СО перед зданием в зависимости от его ширины и этажности.

Концентрация СО за фасадом здания $C_{т2}$ рассчитывается по формуле:

$$C_{т2} = C_{m1} \times K_2,$$

где K_2 — изменение концентрации СО за зданием в зависимости от его ширины и этажности.

Цель работы: расчет величин массового выброса оксида углерода СО от автотранспорта, движущегося на известном участке дороги длиной L (км) в транспортном потоке с плотностью P (авт./км) со средней скоростью V (км/ч).

Пример расчета. Рассчитать величины массового выброса оксида углерода (СО) от движущегося потока автотранспорта на бордюре проезжей части, на перекрестке и на территории застройки, движущегося с известной скоростью V (км/ч) и плотностью потока N (авт./км).

Расчет концентрации СО

При условии:

$$\frac{H}{H_{30}} \leq 2 \Rightarrow V_6 = 3 \text{ м/с};$$

$$\frac{H}{H_{30}} > 2 \Rightarrow V_6 = 4 \text{ м/с}$$

Если $H = 25,44$ м, $H_{30} = 13,5$ м, тогда

$$\frac{H}{H_{30}} = \frac{25,44}{13,5} = 1,8 < 2 \Rightarrow V_g = 3 \text{ м/с}$$

Расчет концентрации СО на бордюре. При ветре $V_g = 4$ м/с расчетная концентрация СО на бордюре проезжей части составит:

$$C_p = \frac{7,38 + 0,026 \times 576}{\left(4 \times \frac{39,9}{30}\right)^{0,33}} \times 0,35 \times 0,6 \times 1,5 = 4,0 \text{ мг (СО)/м}^3.$$

При ветре $V_g = 3$ м/с расчетная концентрация СО на бордюре проезжей части:

$$C_p = \frac{7,38 + 0,026 \times 2200}{\left(3 \times \frac{25,44}{30}\right)^{0,33}} \times 0,35 \times 0,6 \times 1,175015 = 11,7 \text{ мг (СО)/м}^3.$$

Расчет концентрации СО у бордюра перекрестка:

$$C_{p6} = C_p \times \left[1,5 \times \left(1 + \frac{N_2}{N_1} \right) \right], \text{ мг(СО)/м}^3, \text{ при } N_1 > N_2;$$

$$C_{p6} = 11,7 \times \left[1,5 \times \left(1 + \frac{576}{2200} \right) \right] = 22,14 \text{ мг(СО)/м}^3.$$

Изменение концентрации СО за счет удаления от проезжей части рассчитывается с учетом формулы:

$$C = c_x / c_p,$$

где c_x — концентрация СО на расстоянии x от бордюра, c_p — концентрация СО на бордюре проезжей части.

В результате:

$$c_x = c_p \cdot \bar{C},$$

где \bar{C} берется из данных табл. 6.

Определение уровня загазованности в расчетных точках

Изменение концентрации окиси углерода перед зданием и за ним в зависимости от его ширины и этажности (табл. 17, 18).

Таблица 17

Перед зданием (Т₁)

Количество секций	Этажность, $n_{эт}$		
	5	9	16
2 (50 м)	1,0	1,05	1,1
4 (100 м)	1,2	1,25	1,3
8 (200 м)	1,5	1,4	1,35

Таблица 18

За зданием (Т₂)

Количество секций	Этажность, $n_{эт}$		
	5	9	16
2 (50 м)	0,5	0,5	0,5
4 (100 м)	0,2	0,15	0,12
8 (200 м)	0,12	0,08	0,07

После проведенных расчетов загазованности необходимо нанести картограмму распространения загрязнителя (СО) от движущегося автотранспорта на заданную территорию микрорайона в масштабе 1:500 или 1:1000 на лист формата А3 (можно А2), содержащем ситуационный план заданной территории. На картограмме обязательно должна быть выделена зона с нормативными значениями уровня ПДК (менее 3 мг/м³). При выполнении практической работы необходимо предложить обоснованные варианты мероприятий по уменьшению загазованности рассчитываемой территории. В заключении работы необходимо сделать вывод об оценке загазованности рассматриваемой территории микрорайона.

2.2.4. Методические указания к лабораторной работе

«Определение запыленности воздушной среды жилых помещений»

Атмосферная пыль состоит в основном из частиц диаметром от 0,01 до 100 мкм. Химический состав мелкой фракции пыли, как правило, очень сложен, при анализе обычно выявляют присутствие соединений углеводорода, парафина и ароматических веществ, а также мышьяка, свинца, меди, никеля, кобальта, асбеста, марганца, цинка, титана, олова, хрома, ванадия и ртути. Более крупные частицы представлены, как правило, соединениями SiO_2 , CaCO_3 , сульфатами, нитратами и т.д. Эпидемиологические исследования выявили однозначную зависимость между концентрацией пыли в воздухе и хроническими заболеваниями астмой, бронхитом и эмфиземой легких.

Установлено, что запыленность жилых помещений в значительной степени зависит от запыленности наружного воздуха.

Цель работы: определение запыленности воздушной среды жилых помещений различных микрорайонов города.

Методика работы

Образцы ткани из пористого материала, размером 5x5 см, разместить горизонтально в разных точках жилого помещения, предварительно взвесив их на аналитических весах с точностью 0,001 г. По истечении 10 суток образцы взвесить с той же точностью, и результаты исследования записать в табличной форме (табл. 19)

Таблица 19

Результаты исследования

№ п/п	Место отбора (район, этаж)	Время испытания, сутки	Масса образца до испытаний, г	Масса образца после испытаний, г	Масса пыли, мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7

Массу пыли рассчитать по формуле:

$$m = \frac{(b - a) \times 1000}{V \times \tau},$$

где b — масса образца после испытания, г; a — масса образца до испытания, г; τ — время, в течение которого проводятся испытания, сут.; V — объем помещения, м³.

Полученные результаты сравнить с ПДК (табл. 3) и сделать выводы о загрязнении воздушной среды жилого помещения в зависимости от микрорайона и этажа помещений, в которых анализировался воздух.

2.3. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ

Гидросфера — это совокупность всех вод Земли: материковых, океанических и атмосферных. Она является составной частью биосферы. Значение гидросферы настолько многогранно и уникально, что привести все случаи использования воды практически невозможно. Воды гидросферы находятся в постоянном движении и циркуляции. Если не обращать внимания на разность во временных интервалах, то укрупненно схема круговорота воды выглядит следующим образом: испарение воды из мирового океана с последующим выпадением осадков и появлением поверхностного стока, который идет тремя путями:

1) стекание в открытые водоемы и далее в мировой океан, после чего следует вновь испарение — конденсация и т.д.;

2) инфильтрация капиллярных вод с последующим испарением (транспирацией) и т.д.;

3) инфильтрация гравитационных вод в грунты и подземные воды, которые попадают через ключи, источники, реки и далее в мировой океан, из которого вновь происходит перенос водяного пара в атмосферу, после чего — конденсация пара с последующим повторным выпадением осадков.

Вода — химическое соединение водорода и кислорода. Природная вода по своему составу весьма разнообразна: в ней присутствуют неорганические соли в виде молекул, ионов, комплексов, органические вещества в виде молекул и гидратированных соединений, диспергированные примеси, гидробионты (фитопланктон, бентос и др.), бактерии, вирусы.

Качество воды в природных водах определяется совокупностью физико-географических условий (климат, рельеф местности, почвенный покров, растительный покров прибрежной территории, строение и площадь стока), биологических процессов, протекающих в водоеме, и деятельностью человека (сброс сточных вод в водоемы, строительство различных гидротехнических сооружений, судоходство). При этом под

качеством воды понимают совокупность ее свойств, обусловленных характером содержащихся в воде примесей в ионном, молекулярном, комплексном, коллоидном и взвешенном состоянии, а также изотопный состав радионуклидов в воде.

Основными источниками загрязнения природных вод являются:

- атмосферные воды, несущие массы вымываемых из воздуха загрязнителей промышленного происхождения и образующие поверхностный сток. При стекании по склонам атмосферные и талые воды увлекают с собой массы загрязняющих веществ; особенно опасны стоки с городских улиц, промышленных площадок, несущие массы нефтепродуктов, мусора, фенола, кислот и др. Большую опасность представляют и сельскохозяйственные стоки, несущие в водную среду загрязнения с ферм, конюшен, а также с полей — химические удобрения и ядохимикаты;
- городские сточные воды, включающие преимущественно бытовые стоки, содержащие фекалии, детергенты (поверхностно-активные моющие средства), микроорганизмы;
- промышленные сточные воды, образующиеся в самых разнообразных отраслях производства, среди которых наиболее активно потребляют воду черная металлургия, химическая, лесохимическая, нефтеперерабатывающая, текстильная и пищевая промышленность.

Наибольшую опасность представляют поверхностные стоки, т.к. городские и промышленные сточные воды попадают в водную среду после очистных сооружений.

Загрязнение природных водоемов часто происходит за счет естественно развивающегося процесса *эвтрофикации*, т.е. обогащения водоема биогенами, стимулирующими рост фитопланктона (растительность на поверхности водоема). В результате этого роста уменьшается проникновение солнечного света в глубь водоема, из-за чего приостанавливаются процессы фотосинтеза у бентосных (глубинных) растений, которые гибнут, прерывается трофическая цепь, сокращается концентрация растворенного кислорода, гибнут обитающие на глубине рыбы и моллюски, вода в водоеме мутнеет. К биогенам, вызывающим эвтрофикацию, относятся NO_3^- , $(\text{PO}_4)^{-3}$, K^+ , которые, прикрепляясь к частицам глины и гумуса, постепенно вместе с наносами попадают в водоем. Кроме того, в результате антропогенной деятельности большие количества биогенов в водоемы несут:

- удобрения, вымываемые с полей, садов и газонов;
- отходы животноводства, смываемые с пастбищ, ферм, конюшен, и отходы домашних животных, смываемые из городов, пригородов и других населенных пунктов;
- фосфатсодержащие deterгенты и кислотные дожди.

Для безопасного водопотребления и защиты населения от угрозы загрязнения питьевой воды вредными и ядовитыми веществами установлены ПДК загрязняющих веществ в воде, необходимо также проведение мониторинга муниципальных источников водоснабжения.

Основное нормативное требование к качеству воды в водных объектах — соблюдение установленных ПДК. Как нормативный показатель ПДК исключает неблагоприятное влияние вредных веществ на живые организмы и возможность ограничения или нарушения нормальных условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и других видов водопользования. Таким образом, предельно допустимая концентрация вредных веществ в водном объекте — это такая концентрация, при превышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования. В Российской Федерации установлено раздельное нормирование качества воды, этот принцип разделения связан с категорией водопользования:

- 1) для целей и нужд населения;
- 2) для рыбохозяйственных целей.

В соответствии с этим применяют два вида предельно допустимых концентраций: ПДК_в и ПДК_{в.р}. При этом, ПДК_{в.р} всегда значительно меньше ПДК_в. Например, если ПДК_в аммиака составляет 2 мг/л, то ПДК_{в.р} того же вещества в 40 раз ниже. Ниже, в табл. 20, приводятся ПДК_в и ПДК_{в.р} различных веществ.

Таблица 20

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в водоемах (мг/л)

Вещество	ПДК_в	ПДК_{в.р}
Аммиак	2,0	0,05
Бериллий	0,0002	—
Ванадий (V)	0,1	—
Висмут (V)	0,1	—
ДДТ	0,1	Отсутствие
Свинец	0,03	0,03
Ртуть	0,005	—
Нефть и нефтепродукты	0,1	0,05

Вещество	ПДК _в	ПДК _{в.р.}
Медь (II)	1,0	0,01
Фенол	0,001	0,001
Цианиды	—	0,05
Хром (VI)	0,1	—

Различные вещества, содержащиеся в сточных водах, способны подвергаться окислению в природных водах, что связано с потреблением растворенного в воде кислорода. Поэтому важнейшим нормативным показателем качества воды является химическое потребление кислорода (ХПК), определенное бихроматным методом, т.е. ХПК — это количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде. Для характеристики качества воды определяют также биохимическое потребление кислорода (БПК) — это количество кислорода, израсходованного в определенный промежуток времени на аэробное (без доступа кислорода воздуха) биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в исследуемой воде, причем промежуток времени может быть различным: 2, 5, 10, 20 сут (БПК₂ — за 2 суток, БПК₅ — за 5 суток и т.д.).

Ниже приводятся основные требования к составу и качеству вод (табл. 21).

Нормы качества воды и водных объектов обычно включают:

- общие требования к составу и свойствам воды для различных видов водопользования;
- перечень ПДК нормированных веществ в воде объектов, предназначенных для хозяйственно-питьевых и коммунально-бытовых нужд;
- перечень ПДК нормированных веществ в воде объектов, используемых для рыбохозяйственных целей.

В этих перечнях ПДК должны быть приведены: наименование вещества (его синонимы), лимитирующий признак вредности, класс опасности, нормативное числовое значение с указанием единицы измерения.

При отсутствии ПДК на какое-либо вещество на стадии предупредительного контроля временно устанавливаются ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) содержания этих веществ в воде, разработанные на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов. По мере изучения токсикологических характеристик данных веществ ОДУ заменяется на ПДК.

Требования к составу и свойствам воды

Показатели	Цели водопользования	
	Хозяйственно-питьевые нужды	Коммунально-бытовые нужды
1	2	3
Взвешенные вещества*	При сбросе сточных вод содержание взвешенных веществ в контрольном створе не должно увеличиваться (по сравнению с естественными условиями) более, чем (мг/дм ³)	
	0,25	0,75
Температура, T	Летняя температура при сбросе сточных вод не должна повышаться более, чем на 3 °С (по сравнению со среднемесячной T воды самого жаркого месяца за последние 10 лет)	
pH	Не должен выходить за пределы 6,5...8,5	
Растворенный кислород, мг/дм ³	Не менее 4 (в любой период)	
Хлориды, мг/дм ³	< 350	Не должны быть по органолептическому определению
Сульфаты, мг/дм ³	< 500	
Химические вещества	Нормируются по ПДК	
БПК, мгО ₂ /дм ³ (при 20°С)	< 3	< 6
ХПК, мгО ₂ /дм ³	< 15	< 30

*Примечание.** Содержание в воде антропогенных взвешенных веществ (хлопья гидроксидов металлов, частицы асбеста, стекловолокна, базальта, капрона и др.) нормируется по ПДК этих веществ.

2.3.1. Методические указания к практической работе «Оценка качества речной воды для хозяйственно-питьевого использования»

Составным элементом мероприятий по охране водного бассейна является нормирование качества воды. Под качеством воды понимают степень соответствия химических, физико-химических и санитарно-гигиенических характеристик потребностям людей или технологическим требованиям промышленности.

Нормирование качества состоит в установлении для воды допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое равновесие водного объекта. Основные нормативные требования к качеству воды в водных объектах — соблюдение установленных ПДК, т.е. группы нормативных стандартов, оценивающих состояние водной экосистемы в целом.

В случае проточного водоема состав и свойства воды водных объектов должны соответствовать нормативам в створе, заложенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования.

Цель работы: определение концентрации вредного вещества в поперечном водотоке на заданном расстоянии от выпуска.

Методика работы

Для того чтобы определить степень разбавления сточных вод перед их отведением в водный объект (рис. 11), необходимо рассчитать коэффициент смешения стоков по уравнению Фролова-Родзиллера:

$$\alpha = \frac{1 - e^{-\beta \sqrt[3]{l}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\beta \sqrt[3]{l}}},$$

где Q — расход воды в искомом створе реки у места выпуска, м³/с; q — количество сбрасываемой воды источников загрязнения, м³/с; β — коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения; определяется по формуле:

$$\beta = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q}},$$

где φ — коэффициент извилистости реки; $\varphi = l_0 / l_1$ (l_0 — расстояние между местом сброса и местом водопользования по фарватеру, м; l_1 — расстояние между местом сброса и местом водопользования по осям, м;

ξ — коэффициент, зависящий от места сброса: при поверхностном выпуске сточных вод $\xi = 1$, а при выпуске над водой $\xi = 1,5$; E — коэффициент турбулентной диффузии, для равнинных рек определяется по формуле 39.

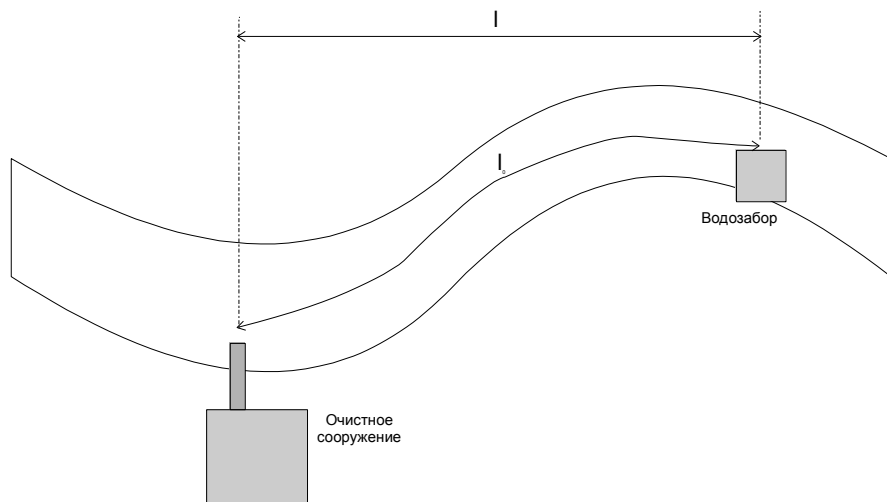


Рис. 11. Схема распространения загрязнений в речной воде

После определения коэффициента смешения необходимо рассчитать кратность разбавления сточных вод по формуле:

$$n = \frac{aQ + q}{q}.$$

После проведенных расчетов определить:

- во сколько раз уменьшается концентрация загрязняющего вещества C ;
- соответствует ли вода водного объекта нормам ПДК.

Затем необходимо сделать вывод о соответствии воды, отводимой для водопользования, нормативу. Если концентрация в месте водозабора выше ПДК, то необходимо повторять все расчеты, постепенно увеличивая l на 500-1000 м, до тех пор, пока качество воды не будет соответствовать нормативу (но не более 2500—3000 м).

Исходные данные для различных вариантов приведены в табл. 22.

В заключение работы необходимо сделать вывод о пригодности водопользования в соответствии с нормативом.

Пример задания. Определить пригодность воды в реке для хозяйственно-питьевого водопользования. Ниже приводится пример расчета.

Расход воды в створе реки у места выпуска $Q = 50 \text{ м}^3/\text{с}$; концентрация загрязнителя (свинца) $0,84 \text{ мг/л}$; количество сбрасываемой предприятием воды $q = 1,1 \text{ м}^3/\text{с}$; расстояние между местом сброса и местом водопользования $\ell = 2500 \text{ м}$; средняя скорость течения реки $V_{cp} = 0,7 \text{ м/с}$; средняя глубина русла реки $H_{cp} = 1,5 \text{ м}$; коэффициент извилистости реки $\varphi = 1,14$; коэффициент выпуска $\xi = 1,5$.

Коэффициент турбулентной диффузии определяется по формуле (39):

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{0,7 \cdot 1,5}{200} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Затем рассчитывается коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1,5 \cdot 1,14 \sqrt[3]{\frac{3,4 \cdot 10^{-3}}{1,1}} = 0,25.$$

Коэффициент смешения стоков определяется по уравнению (9):

$$\alpha = \frac{1 - e^{-0,25\sqrt[3]{2500}}}{1 + \frac{50}{1,1} \cdot e^{-0,25\sqrt[3]{2500}}} = 0,086.$$

Далее рассчитывается кратность разбавления загрязненных вод в предполагаемом месте водозабора:

$$n = \frac{\alpha Q + q}{q} = \frac{0,086 \cdot 50 + 1,1}{1,1} = 4,91.$$

Концентрация свинца в месте водозабора равна:

$$\frac{c}{n} = \frac{0,84}{4,91} = 0,17 \text{ мг/л} < \text{ПДК}_{\text{рв}} = 0,03 \text{ мг/л}$$

Таблица 22

Исходные данные к практической работе «Оценка качества речной воды для хозяйственно-питьевого использования»

Варианты	Перечень данных										
	H, м	V _{ср} , м ³ /с	ξ	l, м	q, м ³ /с	Q, м ³ /с	φ	ПДК	Концентрация веществ в сточных водах, С	Загрязнитель	Размерность
1	1,2	0,6	1,0	3500	0,6	35	1,41	< 100	8000	микро-организмы	ко-литр
2	1,2	0,7	1,0	4000	0,7	50	1,42	< 500	40000	сульфаты	мг/л
3	1,2	0,6	1,0	3000	1,0	90	1,40	< 350	4800	хлор	мг/л
4	1,3	0,7	1,0	3500	1,1	75	1,35	< 3	124	кишечные палочки	ко-линдекс
5	1,3	0,6	1,0	4000	0,9	65	1,41	< 0,3	8,4	железо	мг/л
6	1,3	0,5	1,0	3000	0,8	60	1,38	< 0,7—1,5	18,8	фтор	мг/л
7	1,3	0,7	1,0	3500	0,7	90	1,39	< 0,03	2,24	свинец	мг/л
8	1,2	0,6	1,0	3500	1,2	80	1,42	< 5	40	медь	мг/л
9	1,2	0,5	1,0	4000	1,2	35	1,20	< 0,03	2,24	нитраты	мг/л
10	1,3	0,6	1,0	4000	1,1	25	1,31	< 3,5	4,8	цинк	мг/л
11	1,4	0,6	1,0	2000	0,9	40	1,32	< 1000	8000	сухой остаток	мг/л
12	1,4	0,6	1,0	3000	1,2	55	1,33	< 1000	12000	сухой остаток	мг/л

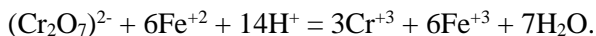
Варианты	Перечень данных										
	$H, м$	$V_{ср}, м^3/с$	ξ	$l, м$	$q, м^3/с$	$Q, м^3/с$	φ	ПДК	Концентрация веществ в сточных водах, С	Загрязнитель	Размерность
13	1,3	0,5	1,5	3500	1,2	70	1,34	< 350	3500	хлор	мг/л
14	1,5	0,7	1,5	4000	1,0	90	1,35	< 1000	15000	сухой остаток	мг/л
15	1,5	0,7	1,5	2500	1,1	50	1,37	< 0,03	0,84	свинец	мг/л
16	1,3	0,6	1,5	3500	1,2	50	1,38	< 5	52	медь	мг/л
17	1,1	0,7	1,5	4000	1,0	60	1,40	< 0,03	0,64	нитраты	мг/л
18	1,3	0,6	1,5	2000	0,8	30	1,41	< 500	10000	сульфаты	мг/л
19	1,4	0,8	1,5	3000	0,9	70	1,36	< 0,7— 1,5	10,5	фтор	мг/л
20	1,4	0,7	1,0	3000	0,9	60	1,37	6—9	56	pH	—

Следовательно, в предполагаемом месте на расстоянии 2500 м от сброса сточных вод водозабор не может быть осуществлен из-за превышения ПДК в 5,7 раз.

2.3.2. Методические указания к лабораторной работе «Определение химического потребления кислорода (ХПК) воды»

Цель работы: определение загрязнения воды с помощью окислителя органических примесей — бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$).

В ходе определения ХПК бихромат калия восстанавливается до хрома (3^+). Концентрацию $K_2Cr_2O_7$ в растворе определяют при помощи соли Мора ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$) в кислой среде. При этом протекает следующая окислительно-восстановительная реакция:



Индикатором этой реакции является N-фенилантрапиновая кислота, которая в присутствии иона $(Cr_2O_7)^{2-}$ придает раствору окраску бурого цвета, а в восстановленной форме бесцветна.

Методика работы

Отобрать пипеткой 2 мл, куда затем прилить 1 мл 0,25 N раствора бихромата калия, после чего прибавить на кончике шпателя сульфата ртути HgSO_4 (для связывания ионов Cl^-) и 0,1 г катализатора сульфата серебра Ag_2SO_4 . Затем при медленном перемешивании прилить 6 мл концентрированной H_2SO_4 . Через 2 минуты колбу охладить под струей воды и прилить 1—2 капли раствора *N*-фенилантраниловой кислоты, после перемешивания раствор оттитровать 0,25 N раствором соли Мора до появления ярко зеленой окраски.

Параллельно провести холостой опыт, для чего взять 2 мл дистиллированной воды и повторить все те же операции анализа.

Величину ХПК рассчитать по формуле:

$$\text{ХПК} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 8 \times 1000}{V} \text{ мг } O_2 / \text{л} ,$$

где V_1 — объем раствора соли Мора, израсходованный на титрование пробы в холостом опыте, мл; V_2 — объем раствора соли Мора, израсходованный на титрование пробы исследуемой воды, мл; N — нормальность раствора соли Мора, г-экв/л; V — объем анализируемой воды, взятой для определения, мл.

Полученные результаты ХПК сравнить с данными табл. 8 и сделать вывод о возможном водопотреблении анализируемой воды.

2.4. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВ И ГРУНТОВ

Почва — это уникальный элемент литосферы, имеющий природное происхождение, сформировавшийся в поверхностном слое земной коры в результате длительного воздействия биотических и абиотических факторов. Почва состоит из твердой, жидкой, газообразной и живой фаз, имеет специфические генетико-морфологические признаки и свойства, создающие благоприятные условия для роста и развития растений.

Наиболее интенсивное техногенное воздействие на литосферу оказывает градостроительная деятельность, горнодобывающая, перерабатывающая, транспортная, энергетическая промышленность и сельское хозяйство. В результате происходит изменение и гибель ландшафтов, а также загрязнение и деградация почв.

Ландшафт — природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, климат, вода, растительность, животные) взаимосвязаны. Ландшафты непрерывно развиваются под действием природных и антропогенных факторов. Ландшафты по существу представляют аналоги экосистем, наблюдая и фиксируя изменения (происходящие при антропогенных воздействиях), с помощью которых можно оценить степень техногенных влияний на литосферу.

Среди антропогенных ландшафтов для городской среды важно изучение территориально-производственных ландшафтов (ТПЛ), которые представляют собой совокупность природных и искусственных объектов, совмещенных в пространстве и во времени в результате строительной деятельности и эксплуатации производственных и гражданских комплексов, взаимодействующих с природными компонентами (рельеф, атмосфера, гидросфера, растительный покров и т.п.). Поэтому процессы, протекающие при функционировании ТПЛ, должны рассматриваться в последовательности: пространство — время — интенсивность техногенного воздействия.

Антропогенные факторы определяют развитие ТПЛ, но у них есть одна особенность, зависящая от природной составляющей: цикличность функционирования ТПЛ, связанная с цикличностью годовых сезонов (например, энергопотребление, выбросы ТЭЦ, использование химикатов и техники при уборке снега и др.). Таким образом, реакции, протекающие при движении вещества и энергии в природной и техногенной составляющей, характеризуются сложностью взаимодействия. Человек, конечно, сам формирует ТПЛ, но иногда не способен обеспечить их устойчивое развитие по следующим причинам:

- невозможность полностью предвидеть все нежелательные изменения в окружающей среде, которые возникают под влиянием функционирующих производственных и гражданских комплексов: загрязнение воздушного бассейна, водоемов и территорий с отходами производства и потребления, подземная урбанистика, изменение рельефа местности, а также природного режима грунтовых вод и гидравлического режима рек и других открытых водных источников;
- недооценка масштаба и глубины нежелательных изменений в биосфере;
- временный разрыв причин и вызывающих их последствий. Это означает, что даже при существующих прогнозах нежелательных последствий они не учитываются при решении природоохранных

проблем, что связано с отсутствием грамотного восприятия возникающих экологических проблем у специалистов, принимающих управляющие и технические решения по развитию производства. Необходимость финансовых вложений в развитие производства возникает в настоящее время, а негативные последствия этого развития возникнут в будущем, когда отвечать за них будет некому из принимавших эти решения.

В результате воздействие природных и техногенных факторов может привести к деградации почвенного покрова — ухудшению свойств почвы, которое выражается уменьшением содержания гумуса, разрушением структуры и снижением плодородия.

Основными и наиболее опасными загрязнителями почв являются пестициды, нитраты, тяжелые металлы, фтор, радионуклиды. В некоторых случаях происходит биологическое загрязнение почв патогенными микроорганизмами, бактериями и другими возбудителями инфекционных заболеваний.

При этом принципы нормирования химических веществ в почве значительно отличаются от принципов, положенных в основу нормирования их в воздушной и водной средах. Попавшие в почву химические вещества поступают в организм человека главным образом опосредованно — через контактирующие с ней среды: воздух — воду — растения, в последнем случае — по биологической цепочке (почва — растение — человек). Поэтому при нормировании содержания химических веществ в почве учитываются не только опасность, которая возникает при непосредственном контакте, но и последствия вторичного загрязнения контактирующих с почвой сред. Опробование почв и грунтов при инженерно-экологических изысканиях для строительства следует выполнять для их экотоксикологической оценки как компонента окружающей среды, способного накапливать значительные количества загрязняющих веществ и оказывать как непосредственное влияние на состояние здоровья населения, так и опосредованное — через потребляемую сельскохозяйственную продукцию.

Основной нормирующей характеристикой загрязняющих веществ в почве является предельно допустимая концентрация этих веществ. Обоснование ПДК химических веществ в почве базируется на 4-х основных показателях вредности:

1) транслокационным, характеризующим переход вещества из почвы в растение;

2) миграционным водным, характеризующим способность перехода вещества из почвы в водоисточники;

3) миграционным воздушным, характеризующим переход вещества из почвы в атмосферный воздух;

4) общесанитарным, характеризующим влияние загрязнителя на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

При этом каждый из путей воздействия оценивается экспериментально с обоснованием допустимого уровня содержания вещества по каждому показателю вредности; наименьший из обоснованных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК. Примеры величины ПДК некоторых химических веществ и их лимитирующие показатели вредности представлены в табл. 23.

Таблица 23

**Предельно допустимые концентрации
и показатели вредности некоторых веществ в почве**

Вещество	ПДК, мг /кг	Лимитирующий показатель
Бенз(α)пирен	0,02	Общесанитарный
Бензин	0,1	Воздушно-миграционный
Ванадий (V)	150,0	Общесанитарный
Мышьяк (As)	2,0	транслокационный
Ртуть (Hg)	2,1	-----«-----
Свинец (Pb)	32,0	Общесанитарный
Кобальт (Co)	5,0	-----«-----
Медь (Cu)	3,0	-----«-----
Полихлорбифенилы (суммарно)	0,06	-----«-----

Оценка степени опасности загрязнения вредными веществами проводится по каждому веществу с учетом следующих закономерностей.

Опасность загрязнения тем выше, чем больше фактическое содержание загрязнителей почвы превышает ПДК, что выражается коэффициентом опасности (K_o):

$$K_o = C/\text{ПДК},$$

где C — фактическая концентрация загрязнителя, мг/кг. Таким образом, опасность загрязнения тем выше, чем больше K_o превышает единицу.

Опасность загрязнения тем больше, чем выше класс опасности контролируемого вещества, его персистентность, растворимость в воде, подвижность в почве, глубина загрязненного слоя.

Опасность загрязнения тем больше, чем меньше буферная способность почвы, которая зависит от механического состава, содержания органического вещества, кислотности почвы. Чем ниже содержание гумуса, рН почвы и легче механический состав, тем опаснее ее загрязнение химическими реагентами.

При загрязнении почвы одним веществом неорганической природы оценка степени загрязнения проводится в соответствии с табл. 24 с учетом класса опасности загрязнителя, его ПДК и максимального значения допустимого уровня содержания вредного вещества C_{max} по одному из 4-х показателей вредности.

Таблица 24

Критерии оценки загрязнения почв неорганическими веществами

Содержание в почве, мг/кг	Класс опасности вещества		
	1 класс	2 класс	3 класс
C_{max}	очень сильная	очень сильная	сильная
От ПДК до C_{max}	очень сильная	сильная	средняя
От 2-х фоновых значений до ПДК	слабая	слабая	слабая

При загрязнении почвы несколькими веществами оценка степени опасности загрязнения допускается по наиболее токсичному элементу с максимальной концентрацией в почве.

Оценка уровня химического загрязнения почв и грунтов как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по специально разработанным показателям. Такими показателями являются:

1. Коэффициент концентрации химического вещества (K_c), который определяется как отношение фактической концентрации определяемого вещества в почве (C , мг/кг) к региональному фоновому значению (C_f , мг/кг):

$$K_c = C/C_f.$$

2. Суммарный показатель загрязнения (Z_c), который характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых тер-

риторий вредными веществами различных классов опасности и определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле:

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

где n — число определяемых компонентов; K_{Ci} — коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента.

Оценка степени опасности загрязнения почв по показателю Z_c , отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов, как металлами, так и другими наиболее распространенными ингредиентами (пыль, оксиды углерода, азота и серы, углеводороды), проводится по оценочной шкале, приведенной в табл. 25.

Таблица 25

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

Категория загрязнения почв	Значение Z_c	Изменение показаний здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16...32	Увеличение уровня общей заболеваемости
Опасная	31...128	Увеличение уровня общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушением функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	более 128	Увеличение уровня общей заболеваемости детского населения, женщин, с нарушением репродуктивной функции

Очень важна оценка санитарного состояния почвы. Санитарное состояние почвы — это совокупность санитарно-химических и биологических свойств почвы, определяющих качество и степень ее безопасности в санитарно-эпидемиологическом отношении. Санитарное состоя-

ние оценивается по данным экспериментальных исследований проб почвы и сопоставления полученных значений с нормативными данными, представленными в табл. 26.

Таблица 26

Оценка санитарного состояния почвы

Санитарное состояние почв	Бактерии группы кишечной палочки		Яйца гельминтов, экз./кг почвы	Патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонеллы
	Титр	Индекс		
Чистая	1,0 и выше	1...10	0	Отсутствуют
Слабо загрязненная	0,1...0,01	10...100	1...10	Отсутствуют
Умеренно загрязненная	0,01...0,001	100...1000	10...100	Отсутствуют
Сильно загрязненная	0,001 и ниже	1000 и выше	100 и выше	Отсутствуют

**2.4.1. Методические указания к практической работе
«Оценка загрязнения почвы на обследуемой территории»**

Как указывалось выше, химическое загрязнение почв и грунтов оценивается по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c), являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв приведена в табл. 20.

Суммарный показатель химического загрязнения (Z_c) характеризует степень химического загрязнения почв и грунтов обследуемых территорий вредными веществами различных классов опасности и определяется как сумма коэффициентов концентрации отдельных компонентов загрязнения по формуле: $Z_c = \sum K_{Ci} - (n - 1)$. Фоновое содержание в почвах химического вещества — это уровень содержания вещества, установленный по данным многолетних наблюдений и исследований. Предельно допустимые концентрации и фоновые концентрации веществ, установленные по данным многолетних исследований НИиПИ Экологии города и ИМГРЭ для территорий Москвы и Московской области, приведены в табл. 27.

**ПДК и фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов
и мышьяка в почвах (грунтах) Москвы и Московской области, мг/кг**

Химический элемент	ПДК	Почвы, грунты	
		Песчаные и супесчаные	Суглинистые и глинистые
Zn	220,0	28,00	45,00
Cd	2,0	0,05	0,12
Pb	32,0	6,00	15,00
Cu	132,0	8,00	15,00
Co	5,0	3,00	7,20
Ni	80,0	6,00	20,00
As	2,0	1,50	2,20
Hg	2,1	0,05	0,10

Для загрязняющих веществ природного происхождения коэффициенты концентрации определяются отношением его реального содержания в почве (C_i) к фоновому значению (C_{if}):

$$K_{Ci} = C_i / C_{if} , \quad (49)$$

Цель работы: оценка уровня химического загрязнения почвы по данным обследования территории.

На основании данных обследования территории, полученных у преподавателя (табл. 23), рассчитывается следующее содержание тяжелых металлов в суглинистых почвах в трех точках отбора проб.

Для оценки степени загрязнения необходимо определить суммарный показатель химического загрязнения (Z_c), который вычисляется по формуле (1), число определенных компонентов равно 8. Для этого следует вычислить значения коэффициентов концентрации каждого вещества по формуле (49). Результаты расчетов заполняются в следующей табличной форме (табл. 28).

Результаты расчетов

№ точки	Коэффициент концентрации элемента, K_{Ci}								Zc
	Cd	Pb	Cu	Zn	Co	Ni	As	Hg	
1									
2									

Таблица 29

Исходные данные к заданию «Оценка загрязнения почвы»

Номер варианта	Химический элемент							
	Cd	Pb	Cu	Zn	Co	Ni	As	Hg
1	0,81	42,6	44,9	89,0	1,93	17,1	1,30	0,09
2	0,9	25,8	90,8	108,6	2,10	37,5	0,35	0,71
3	1,0	56,3	81,9	122,6	1,47	33,7	0,82	0,92
4	1,1	19,1	18,3	62,4	2,71	18,2	1,41	0,08
5	1,2	22,3	21,7	53,7	3,12	21,9	1,52	0,12
6	1,3	27,8	25,4	68,1	4,3	27,3	1,67	0,15
7	1,35	24,5	28,2	74,5	4,09	29,5	0,95	0,21
8	1,25	31,2	33,5	79,8	5,10	31,2	1,05	0,23
9	1,15	34,7	37,1	92,4	5,07	39,0	1,72	0,27
10	1,4	32,3	47,8	97,8	2,35	16,2	1,85	0,31
11	0,95	37,4	51,3	111,2	2,97	24,6	1,62	0,36
12	1,5	38,9	56,4	118,0	3,4	35,2	1,13	0,42
13	1,42	43,7	59,2	126,1	4,71	23,5	0,88	0,51
14	1,38	46,1	62,6	56,2	5,35	12,7	0,91	0,67
15	1,45	49,2	72,7	59,5	1,51	36,3	1,19	0,64
16	1,54	53,5	78,1	110,1	4,65	15,4	1,23	0,59
17	1,56	57,9	84,5	82,3	3,73	32,4	1,27	0,14
18	1,59	62,1	89,0	87,5	5,18	20,1	1,32	0,17
19	0,85	21,9	93,5	92,3	2,82	19,6	1,38	0,18
20	1,7	64,5	20,1	103,2	6,1	14,2	2,54	0,19

На основании вычисленного индекса загрязнения Z_c необходимо сделать вывод о качестве почвенного покрова в соответствии с табл. 25.

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗДЕРЖКИ И УЩЕРБЫ ОТ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В экономике природопользования прежде всего ставится вопрос об экологических издержках. Сначала рассматриваются издержки, которые возникают в обществе из-за деятельности, оказывающей вредное воздействие на природу. Затем ставится вопрос о том, кто несет ответственность за издержки и каким образом они распределена в обществе. Конечно, следующей проблемой является вопрос о том, как сделать эти издержки меньше. И, наконец, как сделать так, чтобы каждый природопользователь учитывал эти издержки, принимая решение о том или ином виде деятельности.

Экономика охраны окружающей среды вовсе не сводится к тому, чтобы строить природоохранную деятельность, исходя только из экономической выгоды. *Природная среда* — самостоятельная ценность, и общество, особенно то, которое имеет определенный уровень развития, готово платить за это. При этом рассматриваются побудительные мотивы и демонстрируются побуждения, формирующие природоохранную стратегию общества. Если стратегия сформирована, то возникает вопрос о ее реализации, для чего нужно сделать внешние издержки загрязнения внутренними для каждого предприятия, ответственного за загрязнение окружающей среды. Сначала такие инструменты, как плата за загрязнение, налоги, торговля правами на загрязнение, рассматриваются самостоятельно, а затем — в контексте экономического механизма в целом.

Функционирование любого производственного процесса (в том числе и строительного производства) обязательно связано с воздействием на окружающую природную среду, при этом такое воздействие может быть большим или меньшим. Наряду с тем, что различная деятельность приводит к неодинаковому загрязнению, сами масштабы вредного воздействия могут быть сокращены, если производитель предпринимает какие-то меры по борьбе с ним.

С точки зрения экономики в целом, данный производственный процесс приводит к возникновению издержек двух видов: с одной стороны, это экономический ущерб, вызываемый выбросами вредных веществ в окружающую среду, с другой — издержки предотвращения

загрязнения, т.е. затраты на реализацию природоохранных мероприятий. Экономя на затратах, на реализации природоохранных мероприятий, мы терпим убытки из-за того, что природная среда стала хуже. Предотвращая ущерб, мы несем затраты по природоохранной деятельности, и, таким образом, две составляющие издержек взаимно заменяют или дополняют друг друга. С точки зрения экономиста, необходимо научиться отвечать на вопрос, каково рациональное соотношение двух видов затрат. Именно с этой точки зрения рассматривается деятельность строительного предприятия. Сначала рассмотрим природоохранные издержки, затем экономический ущерб от загрязнения окружающей среды. Зная, как определять эти две составляющие экологических издержек, мы определим их относительное соотношение, а потом рассмотрим экологическую составляющую как элемент затрат на производство.

По своему содержанию *экономический ущерб* от загрязнения окружающей среды представляет экономическую составляющую общественно необходимых затрат, т.е. издержки общества, вызванные негативным воздействием на различные элементы среды процессов производства и потребления продукции. Это издержки, связанные с влиянием загрязнения на здоровье людей (дополнительные затраты на лечение, профилактику заболеваний, выплаты из социальных фондов, недопроизводство национального дохода), а также дополнительные затраты на компенсацию износа основных фондов промышленных предприятий, жилищно-коммунального хозяйства и обусловленные этим различные потери, уменьшение производства продукции сельского и лесного хозяйства и др.

Таким образом, под экономическим ущербом, наносимым воздействием на окружающую среду, следует понимать выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые природопользователю загрязнением окружающей среды, или дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

При определении затрат учитывается самый широкий спектр последствий: от ухудшения здоровья человека до убытков, вызванных ускорением коррозии металла и бетона, снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий и т.д.

Необходимо различать затраты на предотвращение загрязнения и затраты на компенсацию убытков. Затраты на предотвращение загрязнений производятся в целях снижения уровня вредных воздействий (например, строительство очистных сооружений, разработка новых и

изменение существующих технологических процессов, осуществление контроля за выбросами загрязнителей в окружающую среду и т.д.). Эти издержки в целом снижают экономический ущерб, и поэтому не могут быть отнесены к категории самого ущерба. Затраты же на компенсацию убытков, наряду с самими убытками, составляют экономический ущерб.

Таким образом, общие издержки природопользователя (предприятия) на охрану ОС складываются из текущих затрат на природоохранную деятельность и экономического ущерба.

Текущие затраты на природоохранную деятельность складываются из затрат: на содержание и обслуживание основных фондов природоохранной деятельности; на мероприятия природоохранной деятельности, связанные с разработкой новых и совершенствованием существующих технологических процессов, а также осуществлением экологического контроля за выбросами, сбросами вредных веществ в окружающую среду.

Экономический ущерб предприятию представляет собой:

1) затраты, вызываемые воздействием загрязненной ОС на предприятие:

- компенсация потерь продукции из-за снижения производительности труда, связанного с повышенной заболеваемостью работников от воздействия вредных веществ;
- компенсация потерь продукции, сырья, полуфабрикатов в виде выбросов с отходящими газами или сбросами со сточными водами;
- компенсация повышенного износа фондов технологического назначения из-за воздействия загрязненной ОС (увеличение затрат на текущий и капитальный ремонт).

2) затраты на предотвращение воздействия загрязненной окружающей среды:

- эксплуатация систем воздухоочистки для производственных помещений;
- создание санитарно-защитных зон;
- разбавление сточных вод и предварительная очистка воды для производственных целей;
- перенос водозабора к более чистым источникам;
- обеспечение защиты основных фондов от воздействия загрязняющих веществ (например, антикоррозионные покрытия).

При этом, чем больше текущие затраты на природоохранную деятельность, тем меньше экономический ущерб предприятию, и наоборот. В то же время увеличение текущих затрат не означает роста общих затрат, связанного с тем, что на величину общих затрат уменьшается и экономический ущерб предприятию (который на самом деле также включен в себестоимость выпуска готовой продукции).

Оценка экономического ущерба состоит в следующем:

- 1) определение выбросов (сбросов, захоронений отходов) вредных примесей из источников их образования;
- 2) определение концентрации примесей в атмосфере, гидросфере и литосфере;
- 3) определение натурального ущерба;
- 4) определение экономического ущерба.

На первой стадии осуществляется анализ объемов и структуры выбросов; для измерения концентрации загрязнителей проводят расчеты по рассеиванию вредных примесей, а зная концентрацию вредных веществ, можно сделать оценку натурального воздействия (ущерба) на окружающую среду и хозяйственную деятельность.

Все виды ущерба по степени дифференциации могут быть выделены, если только ущерб выражен в стоимостной форме. Таким образом, ущерб классифицируется следующим образом: потенциальный, возможный, фактический и предотвращенный.

Потенциальный ущерб — это экономический ущерб, который существует, но дополнительные затраты на его ликвидацию в настоящее время не требуются.

Возможный ущерб — это экономический ущерб, который существует в случае отсутствия природоохранных мероприятий, уменьшающих выброс вредных загрязнителей в окружающую среду.

Фактический ущерб — это фактические потери, урон, отрицательные изменения в народном хозяйстве, в живых организмах, которые возникают от загрязнения окружающей среды и могут быть оценены в стоимостном выражении.

Предотвращенный ущерб равен возможному ущербу за вычетом фактического за определенный момент времени.

Кроме того, ущерб можно разделить на возполнимый и невозполнимый.

Возполнимый ущерб — это процесс локального загрязнения окружающей среды в небольшом масштабе с обратимыми последствиями.

Невосполнимый ущерб — может случиться при превышении некоторого количества лимитирующего уровня окружающей среды, в результате чего в ней прекращается процесс самовосстановления.

Основной расчетный принцип оценки ущерба (Y) выражается формулой:

$$Y = \sum y(x_i) R_i K_i,$$

где $y(x_i)$ — величина i -го ущерба, наносимого единице расчетных факторов восприятия (1 чел. — для ущербов от ухудшения здоровья населения; 1 га — для ущерба сельскому и лесному хозяйству; 1 млн. руб. основных фондов — ущербов промышленности) при среднегодовой концентрации x_i соответствующего i -го ингредиента; R_i — количество единиц факторов восприятия, попадающих в зону загрязнения (численность населения, гектаров угодий, тыс. руб. основных фондов); K_i — коэффициент, учитывающий региональные особенности территории, для которой выполняются расчеты.

В общем виде оценка экономического ущерба, причиняемого годовыми выбросами (сбросами) вредных веществ в различные природные компоненты от отдельных источников загрязнения, определяется следующим образом.

Экономическая оценка ущерба, причиняемого годовыми выбросами загрязнений в атмосферный воздух (Y_a), для отдельных источников определяется по формуле:

$$Y_a = \gamma \sigma f M_s,$$

где Y_a — оценка ущерба (руб./год); γ — стоимостная оценка ущерба от единицы выброса загрязняющего вещества (руб./условная тонна); σ — безразмерный коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферы над территориями различных типов (городские поселения, зоны отдыха, курорты, леса, пашни и т.д.); f — безразмерный коэффициент, характеризующий рассеивание примесей (высота выброса, температурный режим, скорость ветра и т.п.); M_s — приведенная масса годового выброса загрязнений от источника (условная тонна/год).

Последняя величина определяется по формуле:

$$M_s = \sum_{i=1}^n a_i m_i,$$

где m_i — масса годового выброса i -го загрязнителя в атмосферу (т/год); a_i — показатель относительной агрессивности i -го загрязнителя (условная т/год); n — общее количество примесей, выбрасываемое источником в атмосферу.

Показатели σ , f , a_i задаются во «Временной методике определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды» таблично для различных ситуаций, а γ определяется как скалярная величина.

Экономическая оценка ущерба от сброса загрязняющих примесей в j -й водохозяйственный участок источником (предприятием, населенным пунктом) определяется по уравнению:

$$Y_a = \gamma \sigma_j M_c,$$

где σ_j — коэффициент относительной опасности загрязнения различных водохозяйственных участков; M_c — приведенная масса годового сброса примесей данным источником в j -й водохозяйственный участок (усл. т/год), определяемая по формуле:

$$M_c = \sum_{i=1}^n a_i m_i,$$

где a_i — показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоемы (усл. т/год). Показатели σ_j и a_i задаются по «Временной методике...» таблично для разных ситуаций, а γ — определяется как скалярная величина.

Коэффициент γ служит для измерения стоимостной оценки приведенных выбросов в атмосферу и водные объекты. Этот коэффициент должен отражать все изменения, происходящие в экономике, и корректироваться в соответствии с протекающими инфляционными процессами. Кроме того, этот коэффициент должен отражать воздействие на природную среду объемов выбросов (сбросов) загрязнителей, превышающих их предельные величины для определенной территории.

Значение γ для атмосферного загрязнения и загрязнения водоемов не совпадают. Значения этого коэффициента для выбросов (сбросов), не превышающих их предельно допустимые величины, равны:

- воздушная среда $\gamma'_a = 3,3$ руб./усл. т;

- водные объекты $\gamma'_в = 443,5$ руб./усл. т .

Для выбросов (сбросов), превышающих их предельные значения:

- воздушная среда $\gamma''_а = 15,8$ руб./ усл. т;
- водные объекты $\gamma''_в = 2346,7$ руб./усл. т.

3.1. ПЛАТА ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА СРЕДЫ

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (2002 г.) негативное воздействие на окружающую среду является платным и представляет собой форму компенсации ущерба, наносимого окружающей среде. К видам негативного воздействия относятся:

- выбросы в атмосферный воздух;
- сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов в поверхностные и подземные водные объекты, а также на водосборные площади;
- загрязнение недр и почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитным, ионизирующим и другими видами физического воздействия.

Плата за загрязнение окружающей среды выражается в денежной компенсации предприятиями социального, экономического и экологического ущерба, наносимого природе и здоровью людей. Плата за загрязнение окружающей среды взимается со всех предприятий (организаций), юридических и физических лиц, занимающихся хозяйственной деятельностью, наносящей ущерб природной среде и здоровью людей.

Плата взимается за следующие виды вредного воздействия на окружающую среду:

- 1) выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- 2) сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- 3) санкционированный и несанкционированный вывоз отходов производства и потребления;
- 4) шум, вибрацию, электрические и магнитные поля, радиационные воздействия и т.д.

Определены 3 вида платежей за загрязнение ОС:

1) в размерах, не превышающих установленные природопользователю ПДВ и ПДС загрязняющих веществ, предельно допустимые объемы размещения отходов (плата за природопользование);

2) в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов);

3) за сверхлимитное загрязнение окружающей среды (штрафы).

Введение механизма платного природопользования призвано решить две взаимосвязанные задачи:

- создать постоянно действующую систему экономических отношений в природопользовании и охране окружающей среды;
- вписать процессы природопользования и охраны окружающей среды в общий процесс экономического регулирования.

Решение поставленных задач обеспечивается введением системы лимитов (временно согласованных нормативов) на использование природных ресурсов и окружающей природной среды и системы платежей за все виды использования природных ресурсов. Система лимитов — это важнейший элемент прямого государственного экономического регулирования.

Установлены следующие виды лимитов:

- лимиты выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух (водные объекты);
- лимиты на размещение отходов;
- лимиты предельно допустимого уровня изъятия природных ресурсов.

Механизм взимания платы за загрязнение ОС основан на ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002 г.). Расчет платы за негативное воздействие на ОС производится согласно «Инструктивно-методическим указаниям по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды», утвержденным Минприроды РФ (1993 г.) и согласованным с Минфином РФ и Минэкономики РФ (с изменениями от 15.02.2000 г.). Расчет платы базируется на Порядке, установленном Правительством РФ № 632 от 28.08.1992 г. «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» (с последующими изменениями), и базовых ставках, утвержденных постановлением Правительства РФ № 344 от 12.06.2003 г. «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».

Все указанные и большинство перспективных методик оценки ущерба подразумевают использование базового подхода, заключающегося в суммировании стоимостных характеристик ущерба по различным видам воздействия, определенных методом прямого счета.

Нормативы платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов рассчитываются исходя из токсичных свойств каждого вещества через показатель его относительной опасности, обратно пропорциональный ПДК в воздушной или водной среде.

Установлены базовые нормативы для исчисления платы (руб./т) по 210 наиболее распространенным веществам, загрязняющим воздушную среду, и 142 веществам, сбрасываемым в водные объекты. При этом базовые нормативы установлены 2-х видов: в границах предельно допустимых нормативов и временно согласованных нормативов (лимитов).

В экономическом отношении платежи за загрязнение ОС представляют собой особый вид косвенного налогообложения. В этом случае облагаемой величиной является масса выбросов или сбросов, а также размещаемых отходов. При этом платежи за загрязнение не следует рассматривать как компенсацию за наносимый экологический ущерб.

Неучет негативного влияния отходов производства на ОС в виде наносимого экологического ущерба позволяет производить больше продукции (и дешевле), т.к. нет затрат на уменьшение отходов и загрязнения окружающей среды. В случае учета антропогенного фактора в затратах производства — это приведет к удорожанию продукции. Поскольку в настоящее время не существует рынка, экономически связывающего производство и отходы производства, то плата за загрязнение позволяет решить этот вопрос экономическими методами. При этом необходимо понимать, что платежи за загрязнение — это убыток для экономики природопользователя, но государство может регулировать отрицательный эффект антропогенного воздействия такими экономическими методами, т.к. рыночные механизмы в этом случае не срабатывают. Поэтому государство должно установить оптимальные размеры налога или платы за загрязнение, которые не должны снижать объемов экономической деятельности природопользователя и мотивацию его работы.

Регулирование платы за загрязнение ОС должно проводиться с учетом изменения уровня цен. Поэтому базовые ставки платежей за выбросы и сбросы, а также размещение отходов должны постоянно корректироваться и успевать за темпами инфляции в стране.

Согласно постановлению Правительства РФ № 344 (2003 г.) устанавливаются два вида базовых нормативов оплаты: платежи за выбросы (сбросы) в пределах установленных предельных нормативов и платежи в пределах установленных временно согласованных нормативов (табл. 30 и 31).

Таблица 30

Нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками

Наименование загрязнителя	Нормативы платы за выброс 1 т загрязняющих веществ, руб.	
	в пределах установленных предельно допустимых нормативов выбросов	в пределах установленных лимитов выбросов
Оксид углерода (CO)	0,6	3
Сернистый ангидрид (SO ₂)	40	200
Сероводород	257	1985
Серная кислота	21	105
Оксиды азота (в пересчете по массе на NO ₂)	52	260
Аммиак	52	260
Летучие углеводороды	1,2	6
Ацетон	6,2	31
Фенол	683	3415
3,4-бенз(а)пирен	2049801	10249005
Взвешенные твердые вещества	13,7	68,5
Пятиокись ванадия (V ₂ O ₅)	1025	5125
Зола	103	5

Таблица 25

Нормативы платы за сбросы в поверхностные и подземные водные объекты загрязняющих веществ

Наименование загрязняющего вещества	Нормативы платы за сброс 1 т загрязняющих веществ, руб.	
	в пределах установленных предельно допустимых сбросов	в пределах установленных лимитов сбросов
Сульфаты	2,5	12,2
Хлориды	0,9	4,5

Наименование загрязняющего вещества	Нормативы платы за сброс 1 т загрязняющих веществ, руб.	
	в пределах установленных предельно допустимых сбросов	в пределах установленных лимитов сбросов
Взвешенные вещества	366	1830
Нитриты	13775	68875
Нитраты	31	155
Азот аммонийный	689	3445
Фосфаты	1378	6890
Железо	55096	275480
Цинк	27548	137740
Никель	27548	137740
Висмут	2755	13775
Свинец	2755	13775
Цианиды	5510	27750
Ртуть	27548091	137740455
Мышьяк	5510	27750
Метанол	2755	13775
Медь	275481	1377405
Нефть и нефтепродукты	5510	27750
Пестициды	55096	275480
Сухой остаток	0,2	1,0

Плата за сверхлимитный выброс (сброс) загрязняющих веществ определяется путем умножения соответствующих за загрязнение в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы выбросов (сбросов) над установленными лимитами, суммирования полученных произведений и умножения этих сумм на пятикратный превышающий коэффициент.

В случае отсутствия у природопользователя оформленного в надлежащем порядке разрешения на выброс (сброс) загрязняющих веществ и размещение отходов вся масса загрязнений засчитывается как сверхлимитная.

В соответствии с порядком определения платы за загрязнения ОС размеры платежей определяются следующим образом:

$$S = K_3 [\sum \Pi_{ni} M_{ni} + \sum \Pi_{li}(M_{li} - M_{ni}) + 5 \sum \Pi_{fi}(M_{fi} - M_{li})],$$

где S — сумма платежей, руб.; K_3 — коэффициент экологической ситуации; Π_{ni} , Π_{li} — дифференцированные ставки платы в пределах установленного предельного норматива и временно согласованного лимита

соответственно; M_{ni} , $M_{ли}$, $M_{фи}$ — массы загрязняющего вещества в пределах установленного норматива (ПДВ, ПДС), лимита и фактическая соответственно.

В случае, если $M_{фи} < M_{ли}$, то размеры платежей определяются по формуле:

$$S = K_3 [\sum \Pi_{ni} M_{ni} + \sum \Pi_{ли} (M_{ли} - M_{ni})].$$

Коэффициент экологической ситуации учитывает природно-климатические особенности территорий, а также значимость природных и социально культурных объектов. Для воздушной среды в России выделено 11 регионов с соответствующими коэффициентами K_3 . Для Центрального региона (куда входит Москва) коэффициент $K_3 = 1,9$, для Восточной Сибири — 1,4, для Урала — 2,0, а в среднем для территорий РФ коэффициент $K_3 = 1,9$. Для водных источников предложены коэффициенты K_3 для 99 различных регионов. Например, для водных источников Московского региона принимается равным 1,24, для бассейна Белого и Баренцова морей — 1,0, а для Ростовской области — 1,26...1,85.

Коэффициенты экологической ситуации могут повышаться:

1) для природопользователей, располагающихся в зонах экологического бедствия, районов Крайнего Севера, территорий национальных парков и территорий, включенных в международные конвенции, — в 2 раза;

2) для природопользователей, осуществляющих выбросы загрязнителей в атмосферу больших городов и крупных промышленных центров, — на 20 % (т.е. для Московского региона $K_3 = 2,28$).

Расчет платы за загрязнение атмосферы ведется отдельно по стационарным и передвижным источникам загрязнения. Расчет платы за выбросы загрязнителей в атмосферу от стационарных источников осуществляется по формуле (52).

Плата за выбросы загрязняющих веществ от *передвижных источников* подразделяется на плату за допустимые выбросы и плату за выбросы, превышающие допустимые. Удельная плата за допустимые выбросы i -загрязняющих веществ, являющаяся основой для расчета платежей за такие загрязнения от передвижных источников, определяется:

$$Y_i = \sum_{i=1}^n H_i M_i ,$$

где H_i — базовый норматив платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества (не превышающего норматив), руб./т; M_i — масса загрязняющего вещества, которая содержится в выхлопных газах исправного автомобиля, т.

В качестве основных загрязнителей атмосферного воздуха в этом случае рассматриваются: оксид углерода (СО), оксиды азота, углеводороды, сажа, соединения свинца, диоксид серы, бенз(a)пирен.

Общая плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников определяется по формуле:

$$P_{\text{общ}} = (P_n + P_n'), \quad (50)$$

где P_n — плата за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ, руб.; P_n' — плата за превышение допустимых выбросов загрязнителей от передвижных источников, руб. Плата за допустимые выбросы вредных веществ в атмосферный воздух рассчитывается по уравнению:

$$P_n = \sum_{l=1}^n y_l T_l, \quad (51)$$

где l — вид топлива, y_l — удельная плата за допустимые выбросы от l -го вида топлива, руб/т; T_l — количество l -го вида топлива, израсходованного передвижным источником за определенный период, т. При этом в соответствии с постановлением Правительства РФ № 344 (2003 г.) удельная плата для различных видов топлива составляет:

- бензин неэтилированный — 1,3 руб./т;
- дизельное топливо — 2,5 руб./т;
- керосин — 2,5 руб./т;
- сжиженный газ — 1,2 руб./т.

Плата за превышение уровня допустимых выбросов загрязнителей определяется по формуле:

$$P_n' = 5 \sum_{j=1}^n P_{nj} d_j,$$

где j — тип транспортного средства; P_{nj} — плата за допустимые выбросы в атмосферу j -го транспортного средства, руб.; d_j — доля транспортных средств j -го типа, не соответствующих требованиям стандарта технического состояния, к общему количеству проверенных средств.

При отсутствии данных о количестве израсходованного топлива плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников определяется по типам транспортных средств, из расчета отдельных условий и места их эксплуатации (среднегодовой пробег, расход топлива или количество моточасов работы на уровне 85 %-ой обеспеченности, топливо с наиболее экономически неблагоприятными характеристиками и т.д.).

В случае сброса загрязняющих веществ на рельеф местности без соответствующего разрешения платежи взимаются как за сверхлимитное загрязнение.

Размер платы за *размещение отходов* в пределах, установленных природопользователю лимитов, определяется путем умножения соответствующих ставок платы с учетом вида размещаемого отхода и суммирования полученных произведений по видам размещаемых отходов.

Размер платы за сверхлимитное размещение токсичных и нетоксичных отходов определяется путем умножения соответствующих ставок платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы размещаемых отходов над установленными лимитами и умножение этих сумм на пятикратный повышающий коэффициент и суммирования полученных произведений по видам размещаемых отходов.

В результате размер платы за размещение отходов определяется по следующей формуле:

$$P_{отх} = K_3 \left[\sum_{i=1}^n H_{отхи} L_{отхи} + 5 \sum_{i=1}^n H_{отхи} (M_{отхи} - L_{отхи}) \right],$$

где $H_{отхи}$ – базовый норматив платы за размещение 1 т (или 1 м³) *i*-го отхода в пределах установленного лимита, руб./т (или м³); $L_{отхи}$ – годовой лимит за размещение *i*-го отхода, т (или м³)/год; $M_{отхи}$ – фактическое размещение *i*-го отхода, т (или м³)/год.

Размеры базовых ставок в зависимости от вида отходов колеблются от 0,4 до 1739,2 руб./т (постановление Правительства РФ № 344):

- 1) отходы 1 класса опасности (чрезвычайно опасные) — 1739,2 руб./т;
- 2) отходы 2 класса опасности (высоко опасные) — 745,4 руб./т;
- 3) отходы 3 класса опасности (умеренно опасные) — 497 руб./т;
- 4) отходы 4 класса опасности (малоопасные) — 248,4 руб./т;
- 5) отходы 5 класса опасности (практически неопасные) — 0,4 руб./т;
- 6) отходы перерабатывающей промышленности — 15 руб./т;

Размер платы за размещение отходов не на отведенной для этой цели территории (несанкционированная свалка) определяется путем умножения соответствующих ставок платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов на величину размещаемых отходов и умножения этих сумм на пятикратный повышающий коэффициент и коэффициент, учитывающий место размещения отходов (при размещении отходов в границах городов, населенных пунктов, водоемов, рекреационных зон и водоохраных территорий применяется коэффициент 5, при размещении отходов менее чем в 3 км от границ этих объектов коэффициент 3).

Базовая ставка твердых бытовых отходов определяется по базовым нормативам платы нетоксичных отходов перерабатывающей промышленности ($H_{отх} = 15$ руб./т).

Коэффициент экологической ситуации почв в зависимости от региона колеблется в пределах 1,1—2,0 (для Московского региона — 1,6).

Плата за загрязнение ежегодно индексируется в связи с изменением уровня цен на строительство природоохранных объектов и природоохранные мероприятия, для чего и вводится коэффициент инфляции (индексации) $K_{и}$.

Плата за загрязнение в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов, определяется путем умножения соответствующих ставок платы на массу указанных видов загрязнений с учетом коэффициента индексации и суммирования полученных величин по видам загрязнения.

Плата за загрязнение в пределах временно согласованных нормативов выбросов, сбросов загрязняющих веществ определяется путем умножения соответствующих ставок платы на величину превышения уровня загрязнения над предельно допустимыми выбросами, сбросами загрязняющих веществ на коэффициент индексации и суммирования полученных произведений.

Кроме основных базовых нормативов предусмотрена плата за сверхнормативное загрязнение окружающей среды выбросами, стоками, отходами, которая определяется умножением соответствующих ставок платы за загрязнение в пределах лимита (ВСВ, ВСС) на пятикратный повышающий коэффициент. Предусмотрена также плата за аварийные выбросы, стоки, отходы, которая определяется умножением соответствующих ставок платы за загрязнение в пределах лимита на десятикратный повышающий коэффициент.

При отсутствии у природопользователя утвержденных временно согласованных нормативов, но при наличии предельно допустимых нормативов, фактически превышаемых, плата за сверхнормативное за-

грязнение определяется путем умножения соответствующих ставок платы в пределах допустимых нормативов на величину превышения фактической массы загрязняющих веществ над допустимой, на 25-кратный повышающий коэффициент.

В случае отсутствия у природопользователя утвержденных нормативов на выброс, сброс загрязняющих веществ, лимитов размещения отходов, вся масса загрязняющих веществ считается как сверхнормативная.

Платежи за предельно допустимые выбросы, сбросы загрязняющих веществ, уровни других видов вредного воздействия, за размещение отходов в пределах утвержденных лимитов осуществляются за счет себестоимости продукции, а платежи за их превышение — за счет прибыли, остающейся в распоряжении природопользователя.

3.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ «РАСЧЕТ ПЛАТЫ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ»

Цель работы: расчет платы за загрязнение городской среды от негативных воздействий на нее природопользователя.

В соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды» (2002 г.) и постановлением Правительства РФ № 344 (2003 г.) плата за выбросы, сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов в размерах, не превышающих установленных природопользователю предельно допустимые нормативы и лимиты, определяются путем умножения соответствующих ставок платы (базовые нормативы) на величину загрязнения и суммирования полученных произведений по видам загрязняющих веществ.

Плата за сверхлимитный выброс (сброс) загрязняющих веществ определяются путем умножения соответствующих за загрязнение в пределах установленных лимитов на величину превышения фактической массы выбросов (сбросов) над установленными лимитами, суммирования полученных произведений и умножения этих сумм на пятикратный превышающий коэффициент.

В случае отсутствия у природопользователя оформленного в надлежащем порядке разрешения на выброс (сброс) загрязняющих веществ и размещение отходов вся масса загрязнений засчитывается как сверхлимитная. Начисление платежей в соответствии с указанным порядком можно проводить по уравнению (50).

При этом полный расчет платы за загрязнение окружающей природной среды по всем видам загрязнителей производится по формуле:

$$P_{\text{заг}} = (P_{\text{а}} + P_{\text{в}} + P_{\text{о}}) K_{\text{и}},$$

где $P_{\text{заг}}$ — общая сумма платы за загрязнение окружающей среды; $P_{\text{а}}$ — плата за загрязнение атмосферы от стационарных и передвижных источников; $P_{\text{в}}$ — плата за загрязнение водных источников; $P_{\text{о}}$ — плата за размещение отходов; $K_{\text{и}}$ — коэффициент инфляции.

В свою очередь плата за загрязнение атмосферы ($P_{\text{а}}$) определяется по формуле:

$$P_{\text{а}} = (P_{\text{н}} + P_{\text{с}} + P_{\text{п}}) K_{\text{з}} = [\sum q_i n_i + 5 \sum (m_i - q_i) n_i + \sum l_i p_i] K_{\text{з}},$$

где $P_{\text{н}}$ — плата за выбросы в атмосферу от стационарных источников в пределах утвержденных нормативов; $P_{\text{с}}$ — плата за свехнормативное (сверхлимитное) загрязнение атмосферы от стационарных источников; $P_{\text{п}}$ — плата за загрязнение атмосферы от передвижных источников; l_i — фактическое количество по i -му виду транспортных средств; p_i — нормативная плата за i -е транспортное средство. Коэффициент экологической ситуации $K_{\text{з}}$ загрязнения атмосферы для всех городов и населенных пунктов Московской области равен 2,28.

При отсутствии данных о количестве израсходованного топлива плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников определяется по типам транспортных средств, из расчета отдельных условий и места их эксплуатации (среднегодовой пробег, расход топлива или количество моточасов работы на уровне 85 %-ой обеспеченности, топливо с наиболее экономически неблагоприятными характеристиками и т.д.). Годовая плата за транспортное средство и другие передвижные источники составляет (в руб/год за 1 транспортное средство):

- легковой автомобиль — 270;
- грузовой автомобиль и автобус с бензиновым ДВС — 410;
- грузовой автомобиль и автобус с дизельным ДВС — 250;
- строительно-дорожные машины и с/х техника — 60.

Аналогично производится расчет платы за загрязнение водных источников и размещение отходов:

$$P_{\text{в}} = [\sum q_i n_i + 5 \sum (m_i - q_i) n_i] K_{\text{з}},$$

где коэффициент экологической ситуации водных объектов $K_3 = 1,24$; $K_3 = 1,41$ (по Москве). По этой же формуле производится расчет платы за размещение отходов; коэффициент экологической ситуации для почвы $K_3 = 1,6$ (для почвы Москвы $K_3 = 1,92$).

Данные для расчета (вариант расчета) получить у преподавателя. После проведенных расчетов сделать вывод о работе промышленного предприятия, связанный с загрязнением окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Афанасьев, Ю.А.* Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учеб. пособие. Часть 1. Общая / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин. М. : Изд-во МНЭПУ, 1998.
2. *Владимиров, В.В.* Расселение и экология. М. : Стройиздат, 1996.
3. *Журавлев, В.П.* Охрана окружающей среды в строительстве / учебник для вузов / В.П. Журавлев, Н.С. Серпокрылов, С.Л. Пушенко М. : Изд-во АСВ, 1995.
4. *Кононович, Ю.В.* Основы экологического планирования градостроительной деятельности: учеб. пособие / Ю.В. Кононович, А.Д. Потапов. М. : МГСУ, 1999.
5. *Кононович, Ю.В.* Экология городской среды: учебн. пособие / Ю.В. Кононович, А.С. Маршалкович, Е.В. Шубина, Е.В. Щербина ; под ред. Ю.В. Кононовича / М.: МГСУ, 2005.
6. *Краснощекова, Н.С.* Формирование природного каркаса в генеральных планах городов. М. : Архитектура-С, 2010.
7. *Маршалкович, А.С.* Управление качеством городской среды / учеб. пособие / А.С. Маршалкович, Т.А. Алешина, М.: МГСУ, 2008.
8. *Маршалкович, А.С.* Экология: курс лекций: учеб. пособие / А.С. Маршалкович, М.И. Афонина. 2-е изд., перераб. и доп. М. : МГСУ, 2012.
9. *Маслов, Н.В.* Градостроительная экология: учебн. пособие для строит. вузов. / под ред. М.С. Шумилова. М. : Высшая школа, 2002.
10. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л. : Гидрометеоздат, 1987.
11. Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. М. : Минтранс РФ, 1996.
12. Оценка и регулирование качества окружающей среды / под ред. А.Ф. Порядина, А.Д. Хованского. М. : «Прибой», 1996.
13. *Потапов, А.Д.* Экология: учебник для вузов. М. : Высшая школа, 2005.
14. Промышленная экология: учеб. пособие. / под ред. проф. В.А. Грачева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : ИКЦ «МарТ», 2007.

15. *Сидоренко, В.Ф.* Учет загрязнения воздушного бассейна автотранспортом в градостроительном проектировании: учеб. пособие. Волгоград : ВолгГАСА, 1999.

16. СП.47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (Актуализированный СНиП 11.02-96). М. : Минрегион России. 2012.

17. СП-11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М., 1998.

18. *Экзарьян, В.Н.* Геоэкология и охрана окружающей среды: учебник для вузов. М. : Изд-во «Экология», 1997.

19. Экология: учеб. пособие для практич. занятий и выполнения лаб. работ / под ред. А.Д. Потапова, Ю.В. Кононовича. М. : МГСУ, 2000.

20. Экология: учеб. пособие / под ред. проф. В.В. Денисова. М. – Ростов н/Д : ИКЦ «МарТ», 2006.

21. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. Л. : Гидрометеоиздат, 1987.

22. Методика расчетов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. М. : Минтранс РФ, 1996.

23. СП 51.13330.2011 «Защита от шума» (Актуализированный СНиП 23-05-03). Минрегион России. М. : ОАО «ЦПП», 2010.

24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.