

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»**

Кафедра химической технологии твердого топлива

**Составитель
Е. А. Макаревич**

ЭКОЛОГИЯ

Методические материалы

**Рекомендованы учебно-методической комиссией
Направления 18.03.01 Химическая технология
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе**

Кемерово 2025

Рецензенты:

Папин А. В. – кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии твердого топлива

Пучков С. В. – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Макаревич Евгения Анатольевна

Экология: методические материалы для обучающихся всех специальностей и направлений бакалавриата всех форм обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра химической технологии твердого топлива ; составитель Е. А. Макаревич. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (2689 Кб). – Текст : электронный.

Методические материалы предназначены для ознакомления студентов с экологической ситуацией Кузбасса, нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной с выбросами вредных веществ в атмосферу, сбросами сточных вод в водоемы, в канализацию, определением размера платежей за воздействие на окружающую среду, оценкой автотранспортного воздействия на атмосферный воздух и акустическую среду города, размеров ущерба от деградации земель химическими веществами.

Приведены методические указания к самостоятельной работе для обучающихся по освоению дисциплины «Экология», требования к оформлению отчетов по практическим работам, теоретические вопросы для подготовки к зачету.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 202518
© Е. А. Макаревич, составление,
2025

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.....	4
Экологическая ситуация Кузбасса	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2.....	39
Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в водоем	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.....	59
Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в городскую канализацию	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4.....	70
Расчет платежей за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в атмосферу и водоемы	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5	88
Расчет загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6.....	111
Определение (расчет) предельно допустимого выброса вредных веществ в атмосферу и расчет рассеивания этих примесей в приземном слое	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7.....	127
Определение размеров ущерба от деградации земель и от загрязнения земель химическими веществами	
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8.....	127
Оценка автотранспортного воздействия на акустическую среду города	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	158
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.....	160
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	162

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ КУЗБАССА

1. Цель и содержание работы

Работа предназначена для знакомства студентов с экологической ситуацией в Кузбассе.

Настоящие методические указания составлены на основании «Описания экологической карты Кемеровской области», изданного Кемеровским областным Комитетом охраны окружающей среды и природных ресурсов.

Студенты с использованием нижеприведенной методики и экологической карты Кемеровской области определяют экологическое состояние отдельных территорий Кузбасса, дают оценку экологического состояния того или иного района, определяют систему природоохранных мероприятий, специфичную для каждого района области.

2. Общие положения

Кемеровская область расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности, в основном в пределах бассейна реки Томь, и занимает площадь 95,7 тыс. км² (0,6 % территории Российской Федерации).

Рельеф области отличается большим разнообразием: на западе протянулся Салаирский кряж, на востоке – Кузнецкий Алатау, между ними расположена Кузнецкая котловина, которая на севере сливается с Западно-Сибирской низменностью. На юге Салаирский кряж и Кузнецкий Алатау соединяются с Алтайскими горами. Этот район называется Горной Шорией. Территория области простирается с севера на юг на 510 км и с запада на восток на 300 км.

Экологическая карта Кемеровской области создана в соответствии с подпрограммой «Экологическое картографирование Сибири» программы РАН «Сибирь». Авторский оригинал «Экологической карты Кемеровской области» разработан Кемеровским научным центром СО РАН.

На экологической карте Кемеровской области отражено существующее состояние природной среды, факторы антропоген-

ного воздействия на природные комплексы в пределах природных экологических районов. Такая карта является базовым документом, содержащим сведения об экологической обстановке в области, для определения и реализации первоочередных природоохранных мероприятий и ведения хозяйственной деятельности, при проведении экологической экспертизы программ развития и освоения территорий.

3. Описание экологической карты

За основу экологической карты взята топографическая карта Кемеровской области (масштаб 1:500000). Фоновая раскраска произведена по эколого-географическим районам, выделенным в пределах следующих географических природных комплексов:

А. Равнинные территории.

Б. Горные территории:

1. Кузнецкий Алатау.

2. Горная Шория.

3. Салаирский кряж.

4. Межгорная Кузнецкая котловина.

На карте показаны границы эколого-географических районов, которые выделены по принципу однородности природных условий и факторов антропогенного воздействия на природные комплексы. Такое деление территории не совпадает с административным делением и отличается от природно-географического районирования.

В экологических районах совмещены природные условия и техногенные факторы воздействия на них для оценки общей экологической ситуации. При экологическом районировании использованы материалы физико-географических, геоботанических, лесоводственных и почвенных исследований, на основании которых по каждому из выделенных районов в легенде карты приведены общая ландшафтная характеристика, основные виды техногенного воздействия, оценка нарушенности земной поверхности, почв, направления природоохранных мероприятий.

Перечень эколого-географических районов, их описание с оценкой антропогенной нагрузки на компоненты природной среды и основными направлениями природоохранных мероприятий

по каждому району приведены на карте и в прил. 1 методических указаний.

Экологическая ситуация Кемеровской области отражена на карте по природным средам: атмосфере, поверхностным водам, подземным водам, земельным ресурсам, растительности. На карту также вынесены полигоны отходов производства и потребления, охраняемые территории. Перечень параметров и элементов экологической ситуации, указанных на карте, приведен в прил. 2. В дополнении к этим показателям, а также с целью снижения графической нагрузки на полях карты размещены следующие карты-врезки:

1. Лесистость. Территории, нуждающиеся в охране.
2. Лесные рекреационные ресурсы.
3. Эколого-геоботаническая карта.
4. Эколого-гигиеническая карта.
5. Радиационная обстановка. Распределение активности цезия (Cs-137) в поверхностном слое ненарушенных почв.
6. Суммарное загрязнение тяжелыми металлами городов Новокузнецка и Белова.

Всего на основной карте и картах-врезках приведено около 50 показателей, характеризующих техногенное воздействие и состояние природных сред.

Дополнительно к описаниям районов, изложенным в легенде карты, приведены обоснования и отличительные черты экологических районов:

- экологическое районирование территории области – прил. 1;
- состояние атмосферы – прил. 2;
- водный бассейн – прил. 3;
- подземные воды – прил. 4;
- состояние лесов – прил. 5;
- состояние территорий, нуждающихся в охране – прил. 6;
- нарушенные земли – прил. 7;
- радиационная обстановка – прил. 8;
- отходы производства и потребления – прил. 9.

4. Условия выполнения работы и требования к отчету

Выполнение практической работы заключается в изучении экологического состояния Кемеровской области в целом и в описании одного из эколого-географических районов по экологической карте Кемеровской области с использованием приложений, приведенных в настоящих методических указаниях. В описании заданного района должны быть изложены следующие данные:

1. Наименование работы.
2. Номер и наименование эколого-географического района.
3. Наименование населенных пунктов, расположенных на территории района (необходимо перечислить наиболее крупные населенные пункты).
4. Общая эколого-географическая характеристика района.
5. Экологическая ситуация в рассматриваемом районе, включающая:
 - а) состояние:
 - атмосферы;
 - поверхностных вод;
 - подземных вод;
 - лесов;
 - территорий, нуждающихся в охране;
 - б) нарушенные земли;
 - в) радиационную обстановку;
 - г) размещение отходов производства и потребления;
 - д) гигиеническую ситуацию в рассматриваемом районе.
6. Заключение и рекомендации по проведению природоохранных мероприятий на территории рассматриваемого района.

5. Контрольные вопросы

1. По какому принципу выделены эколого-географические районы на экологической карте Кемеровской области?
2. Назовите географические природные комплексы на территории Кемеровской области.
3. По каким природным объектам и средам отражена на карте экологическая ситуация в Кемеровской области?
4. С какой целью на экологической карте Кемеровской области размещены дополнительные карты-врезки? Перечислите карты-врезки.

5. Как можно охарактеризовать экологическое состояние атмосферного воздуха в городах и населенных пунктах Кузбасса? Назовите наиболее загрязненные города области.

6. Объясните физический смысл метеорологического потенциала рассеивающей способности атмосферы (МПА) и причины существования в Кемеровской области районов с различными значениями МПА.

7. Назовите реки Кемеровской области и дайте характеристику их экологического состояния. Назовите причины загрязнения рек Кузбасса.

8. Расскажите о значении подземных вод для Кузбасса.

9. Расскажите о значении лесов для Кузбасса и их экологическом состоянии.

10. Расскажите о территориях Кемеровской области, нуждающихся в охране, и их экологическом состоянии.

11. Расскажите о нарушенных землях в Кузбассе и о проблемах их восстановления.

12. Дайте экологическую характеристику радиационной обстановке в Кемеровской области.

13. Расскажите об отходах производства и потребления в Кузбассе и их размещении.

14. Расскажите о гигиенической ситуации в Кемеровской области.

15. Расскажите об экологическом состоянии рассматриваемого вами района (состояние атмосферного воздуха, водных ресурсов, лесов, земель, радиационная обстановка, размещение отходов производства и потребления, гигиеническая ситуация). Сделайте выводы и приведите рекомендации для улучшения экологической ситуации в данном районе.

Приложение 1

Экологическое районирование территории области
По северной равнинной части области:

1. Тонгульский. До недавнего прошлого район представлял собой типично таежную территорию, не освоенную земледелием. Однако коренные лесные формации района – темнохвойные леса – в недалеком прошлом (в конце 50-х годов) были значительно поражены вспышкой размножения злостного древесного вредителя – сибирского шелкопряда. В результате пихтово-кедровые леса на большой площади сменились на мелколиственные. В этом же районе значительные площади вырубок возобновились березово-осиновыми древостоями. Несмотря на смену древесных пород и некоторое атмосферное загрязнение с Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭКа), общую экологическую ситуацию в районе (в сравнении с другими) можно оценить как удовлетворительную.

2. Тайгинский. Своего рода лесная перемычка между равнинной тайгой Томской области и лесными массивами предгорий Кузнецкого Алатау. Степень техногенного воздействия на природные комплексы – средняя, а в местах расположения горнодобывающих предприятий – сильная. В сравнении с другими лесными районами отличается большей антропогенной освоенностью (выше плотность населения, перевод лесных угодий в сельскохозяйственные).

3. Мариинский. Это лесостепная полоса между таежными массивами, зона сельскохозяйственного производства. С экологических позиций район довольно благополучный, но вместе тем имеется существенное воздействие агропромышленного комплекса на природные экосистемы.

4. Тисульский. Район выделен в пределах Мариинской лесостепи по фактору четко выраженного недостаточного увлажнения. Здесь значительно нарушен почвенный покров агротехническими работами: в сильной степени сказывается влияние атмосферных промышленных выбросов от граничащих с районом 14 предприятий КАТЭКа.

5. Нижне-Томский. Лесостепной район на стыке Томской и Новосибирской областей. Техногенное воздействие – среднее по интенсивности за счет выбросов предприятий г. Юрги, пос. Яш-

кино, а также Кемеровского промузла (удаление 50–80 км), предприятий Томска (40 км на север от границы района) и в какой-то степени Новосибирска, расположенного по направлению господствующих здесь западных ветров.

В горных территориях в пределах системы **Кузнецкого Алатау**:

6. Барзасский. Лесной низкогорный район в зоне прямого воздействия атмосферных выбросов Кемеровского промышленного узла. Учитывая дальность переноса поллютантов, рельеф и характер растительности, этот район можно считать своего рода местом естественного «складирования» атмосферных промвыбросов предприятий г. Кемерово и г. Березовского. В сочетании с разрушением земли в местах ведения угледобычи здесь создавалась ситуация экологического неблагополучия.

7. Верхне-Кийский. Среднегорный лесной район, расположенный на значительном удалении от источников промвыбросов. Если не считать интенсивную лесозексплуатацию, проводившуюся в прошлые годы, район в экологическом отношении сравнительно чистый.

8. Тайдонский. Природные условия аналогичны предыдущему району, но здесь в большей степени проводилась вырубка леса, более интенсивное атмосферное загрязнение промвыбросами предприятий центрального Кузбасса. На большой площади произведена лесосводка под ложе Крапивинского водохранилища (ныне законсервированного), что сказалось на экологической обстановке.

9. Нарыкский. Часть лесного массива, покрывающего и предгорья Кузнецкого Алатау, расположенная на левобережной территории р. Томи. Непосредственно примыкая к Кузнецкой котловине (на протяжении от г. Новокузнецка и почти до г. Кемерово), район испытывает техногенное воздействие промышленности как Центрального, так и Южного Кузбасса. Леса района выполняют важную функцию естественного, постоянно действующего фильтра по очистке атмосферного воздуха.

10. Терсино-Тутуянский. Среднегорный таежный район, примыкающий к Новокузнецкому промышленному узлу. Здесь высокий фон атмосферного загрязнения. Из-за интенсивной лесозексплуатации и нарушения земной поверхности при ведении гор-

нодобывающих работ создается неудовлетворительная экологическая обстановка.

11. Алатауский. Район выделен в пределах высокогорной зоны Кузнецкого Алатау, включает также территорию государственного заповедника «Кузнецкий Алатау». Несмотря на удаленность от источников атмосферных промвыбросов, техногенное воздействие на растительность района проявляется довольно сильно; наблюдается массовая деградация, вплоть до усыхания высокогорных пихтовых лесов. Усыхание пихты происходит на фоне экстремальных природно-климатических условий высокогорья, на пределе биоэкологических возможностей произрастания этой древесной породы.

Большинство специалистов-дендрологов считают основной причиной гибели пихты в высокогорной зоне интоксикацию хвои атмосферными промвыбросами. Подобное усыхание пихты и ели наблюдается и в других регионах страны, например, по хребту Хамар-Дабан в Прибайкалье.

Южная часть области, примерно четверть общей территории, образует обособленную геоморфологическую структуру, так называемую **Горную Шорию**.

В ее границах выделены четыре экологических района:

12. Чумышский. Еще в прошлом веке это был сплошной лесной массив на стыке Горной Шории и Салаирского кряжа. Благоприятные климатические условия способствовали интенсивному сельскохозяйственному освоению района, в результате чего образовалась вторичная лесостепь, соединяющая степной Алтай с Кузнецкой котловиной. Техногенное воздействие на природные комплексы проявляется в периодическом переносе загрязненных масс воздуха с Новокузнецкого промузла, а также с расположенных на границах района Калтанской ГРЭС, Мундыбашской аглофабрики, Осинниковского разреза и других предприятий.

13. Кондомский. Район выделен в средней части водосборного бассейна р. Кондомы, обособлен от смежных районов невысокими хребтами. Это создает более благоприятные природно-климатические условия, чем на остальной территории Горной Шории. Например, здесь расположен так называемый «Липовый остров» — леса с господством липы сибирской и травянистых не-

моральных реликтовых видов, остатки теплолюбивой третичной флоры.

Техногенное воздействие на окружающую среду происходит от горнорудных предприятий по добыче и обогащению железной руды (Темиртау, Мундыбаш, Каз), каменного угля (Малиновка) и на промпредприятиях Южного Кузбасса.

14. Нижне-Мрасский. Среднегорный таежный район в нижней части водосборного бассейна р. Мрас-Су. Особенности района в большей трансформации природных комплексов, чем в верхнем течении реки, за счет нарушения земли при открытой добыче (междуреченская группа разрезов), интенсивной лесозексплуатации и атмосферного загрязнения от расположенного рядом промышленного комплекса Южного Кузбасса.

15. Верхне-Мрасский. Район занимает часть водосборного бассейна р. Мрас-Су и верхнюю часть бассейна р. Кондома. Это самая возвышенная территория Горной Шории: фрагментами встречаются высокогорные, субальпийские безлесные участки. Как наиболее удаленный от промышленных центров Кузбасса, район можно считать самым экологически чистым в пределах области. Источники техногенного воздействия на природную среду: предприятия Таштагольского железорудного бассейна, прииски по добыче россыпного золота. Значительную часть района занимает Шорский природный национальный парк.

С запада Кемеровская область отделяется от Новосибирской области и Алтайского края низкогорным **Салаирским кряжем**, одной из самых древних (в пределах области) геоморфологических структур.

Здесь выделены два экологических района:

16. Салаиро-Чумышский. Это южная часть Салаирского кряжа до г. Салаира. Она несколько отличается от северной части по природно-ландшафтным свойствам. Рельеф более расчленен, в составе лесов преобладают темнохвойные породы (пихта, ель). Нарушенность земной поверхности незначительная. Техногенное воздействие происходит за счет переноса загрязненных масс воздуха из промышленных районов Кузбасса.

17. Гурьевско-Салаирский. Из-за большей засушливости климата в составе лесов довольно много светлохвойной породы сосны. Нарушение земной поверхности горнодобывающими ра-

ботами началось еще с XVII века, и до настоящего времени существуют предприятия по добыче полезных ископаемых. Кроме фонового загрязнения атмосферы от промпредприятий Кузбасса, ощутимое загрязнение идет от крупного ОАО «Алтайкокс», расположенного в пределах Алтайского края, в 50 км от границы области по направлению господствующих западных ветров.

Межгорная **Кузнецкая котловина** занимает по площади около одной четверти территории области. В ее пределах проживает 70 % населения и сосредоточено примерно 80 % промышленного потенциала. Плотность населения здесь достигает 85 человек на 1 км² (один из самых высоких показателей в стране). Вполне закономерно, что в этих условиях антропогенное воздействие на окружающую среду проявляется особенно сильно.

В границах **Кузнецкой котловины** выделены четыре экологических района:

18. Кузнецкий. Район иногда называют «степным ядром» Кузнецкой котловины. По существу это южная лесостепь, и только в результате интенсивного земледелия район превратился в безлесный степной. Непосредственно в пределах района промышленных предприятий мало, но граничащие с районом города Ленинск-Кузнецкий, Белово, Гурьевск и в целом вся индустрия Кузбасса создают высокое фоновое загрязнение атмосферы.

19. Северо-Кузбасский. Типичный лесостепной район с интенсивным сельскохозяйственным производством. Как и в других районах Кузнецкой котловины, здесь наблюдается высокое фоновое загрязнение атмосферы промвыбросами, но оптимальная для зоны лесистость (около 25 %) стабилизирует экологическую ситуацию.

20. Кемеровский. Район выделен в границах Кемеровского промышленного узла. Наблюдается высокая степень техногенного воздействия на все компоненты природной среды – воздух, воду, почву.

21. Южно-Кузбасский. Район выделен по признаку максимальной нарушенности природных комплексов, хотя и расположен в несколько различающихся по природно-климатическим условиям зонах (от лесостепи до облесенных предгорий). Фактически это единая промышленно-городская агломерация в составе городов: Ленинска-Кузнецкого, Белово, Гурьевска, Киселевска,

Прокопьевска, Новокузнецка, Мысков, Междуреченска и более 10 крупных рабочих поселков.

Нарушенность земной поверхности от ведения горнодобывающих работ и складирования отходов производства достигает 20 % общей площади, такую же площадь занимают застроенные территории. Учитывая, что естественные ландшафты, определяющие характер природных условий, почти не сохранились, а также однотипность нарушенных природных комплексов и намеченных природоохранных мероприятий, целесообразно рассматривать эту территорию как единый район.

Приложение 2

Состояние атмосферы

Особенности климата и географического расположения Кемеровской области способствуют тому, что большая часть промышленных выбросов загрязняющих веществ не рассеивается в атмосферном воздухе, а осаждается в Кузнецкой котловине и на обращенных к ней склонах гор.

В атмосферу Кузбасса ежегодно попадает более 1,5 млн т вредных промышленных выбросов, из которых 51,6 % – оксид углерода, 15 % – диоксид серы, 8 % – оксиды азота, 3,5 % – углеводороды, а также пыль. Основными загрязнителями являются предприятия металлургии – более 800 тыс. т в год, энергетики – 320 тыс. т, угольной промышленности – 170 тыс. т, строительной – 80 тыс. т, химической – 15 тыс. т.

Существенная роль в загрязнении атмосферы городов и населенных пунктов Кузбасса принадлежит автомобильному транспорту, выбросы которого составляют 19 % от общего количества выбросов в целом по области, но в городах значительно выше, например, в Междуреченске – 40 %, в Кемерово – 44 %. Выбросы от автотранспорта ежегодно увеличиваются.

Среднегодовые показатели наиболее токсичных и канцерогенных веществ составляют: по формальдегиду – 4–6 ПДК; по саже – до 7 ПДК; по бенз(а)пирену – 3,5 ПДК.

Основная часть населения области проживает в районах, где концентрация загрязняющих веществ регулярно превышает предельно допустимые уровни.

Наиболее загрязненными городами являются г. Новокузнецк (около 570 тыс. т выбросов в год), Белово – (около 110 тыс. т), Кемерово – (95 тыс. т). Помимо непосредственного воздействия загрязняющих веществ атмосферы на население необходимо также учитывать, что попавшие в атмосферу промвыбросы переносятся на значительные расстояния и, оседая на поверхности земли, загрязняют поверхностные воды, почву, нарушают естественные процессы в биосфере. Имеется прецедент обнаружения формальдегида в снежном покрове Крапивинского района более 100 ПДК.

На карте показано районирование территории области по метеорологическому потенциалу рассеивающей способности ат-

мосферы (МПА), который рассчитывается по повторяемости дней со скоростью ветра 0–1 м/с (штиль), дней со скоростью ветра более 6 м/с, дней с туманами и осадками более 0,5 мм. Чем больше значение МПА, тем хуже условия для рассеивания примесей в атмосфере. Если $\text{МПА} < 1$, то повторяемость дней с условиями, способствующими самоочищению атмосферы, преобладают над временем с условиями, способствующими накоплению вредных примесей в ней. И, наоборот, если $\text{МПА} > 1$, преобладают условия, способствующие накоплению загрязняющих веществ в атмосфере.

Территория области имеет различные метеорологические условия для рассеивания примесей. Северные и центральные районы имеют относительно хорошие условия ($\text{МПА} < 1$). Южные районы имеют неблагоприятные условия рассеивания атмосферных загрязнителей ($\text{МПА} > 1$). Наиболее плохие условия наблюдаются в Усть-Кабырзе ($\text{МПА} = 2,32$), в районе Кондомы ($\text{МПА} = 2,22$) из-за большой повторяемости штилевой погоды и значительного количества дней с туманами.

Валовые атмосферные промышленные выбросы (с подразделением на твердые и газообразные) приведены на карте по данным статистической отчетности по городам. Бесспорным «лидером» по сумме выбросов является г. Новокузнецк.

Количество твердых фракций атмосферных выбросов (пыли, сажи, оксидов металлов и др.) и их распределение достаточно достоверно характеризует так называемая пылевая нагрузка снежного покрова – содержание твердых частиц в снежных пробах. На карте показаны границы районов с пылевой нагрузкой 10–100 т на квадратный километр в год. Максимальная пылевая нагрузка в тоннах на квадратный километр в год, по анализам снежного покрова, отмечается в крупных промышленных городских агломерациях и составляет для Прокопьевска – 593, Киселевска – 251, Новокузнецка – 277, Кемерово – 25, Березовского – 158. Высокое содержание пыли в атмосфере отмечено на севере за пределами промышленных территорий (Тяжинский, Тисульский районы), где пылевая нагрузка на значительной площади превышает 100 т на квадратный километр. Это шлейф пыледымовых выбросов предприятий Канско-Ачинского энергетического комплекса (КАТЭКа), удаленного на 50–100 км от границ области.

Ареалы загрязнения снежного покрова вокруг промышленных городов накладываются друг на друга, образуют сплошной контур, повторяющий очертания Кузбасса. Территории с загрязненным снежным покровом просматриваются на космических снимках. Площадь темного пятна на них составляет 35,1 тыс. км², т. е. 36,8 % территории области. Внутри пятна выделяются зоны с экстремально высоким потемнением вокруг городов Новокузнецка (1700 км²), Белова (1000 км²), Кемерово (400 км²), Калтана (150 км²), Мысков (110 км²). При этом следует отметить, что космические снимки дают информацию только о наличии и распределении твердых фракций и, прежде всего, сажи. У газообразных ингредиентов коэффициенты диффузии выше, и их ареалы рассеивания могут не совпадать с данными космической съемки, хотя форма их, скорее всего, сохранится.

Состояние атмосферного воздуха в Кузбассе колеблется от катастрофического (Новокузнецкий мегаполис) до критически загрязненного в других промышленных городах региона как по общему валовому выбросу (средняя нагрузка на территорию составляет около 50 т в год на квадратный километр), так и по составу ингредиентов.

Приложение 3

Водный бассейн

Область имеет довольно развитую густую гидрографическую сеть. Более 60 % территории приходится на бассейн реки Томь – основной водной артерии области. Река Иня протекает по центральной, самой густонаселенной части области. К числу больших рек относятся Яя, Кия, Чумыш. Общая протяженность рек длиной свыше 10 км – 26 тыс. км: общий объем стока всех рек составляет 42,9 куб. км в год. Водность (объем стока) рек за последние 50 лет несколько снизилась. Это объясняется природными циклическими колебаниями маловодных и многоводных периодов. Данный процесс происходит повсеместно, но хотя не исключено, что здесь сказывается деструктивное влияние вырубки леса, проведения горнодобывающих работ. Наиболее ощутимым (с негативными последствиями) является перераспределение годового стока. Так, в начале 20 века по реке Томь ходили пароходы от Томска до Кузнецка почти все лето, а сейчас навигация ограничивается лишь весенним паводком.

Качество воды в водных объектах Кемеровской области не отвечает нормативным требованиям. По данным мониторинга поверхностных вод, проводимого ГУ «Кемеровский областной ЦГМС», основными загрязняющими веществами рек Кемеровской области являются нефтепродукты, фенолы, соединения азота, железа, меди, цинка, взвешенные вещества.

Реки области загрязняются сточными водами предприятий горнодобывающей, топливно-энергетической, металлургической, коксохимической, химической промышленности, агропромышленного комплекса и коммунального хозяйства.

Качественная характеристика речных вод приведена на карте в 10 контрольных гидрологических створах по пяти основным показателям: а – взвешенным частицам; б – нефтепродуктам; в – фенолам; г – биологической потребности кислорода (БПК); д – химической потребности кислорода (ХПК) в относительных единицах превышения над ПДК.

Со сточными водами в реки области ежегодно сбрасывается около 550 тыс. т загрязняющих веществ.

70 % всех проб воды в р. Томи по санитарно-химическим показателям не соответствуют нормативам; в 40 % проб превы-

шается предельно допустимый уровень бактериального загрязнения. В реке обнаружено более 200 различных веществ и соединений техногенного характера, среди них высокотоксичные примеси I и II класса опасности: бенз(а)пирен, диоксин, тяжелые металлы и др. Высокий уровень загрязнения речных вод отмечается практически на всем протяжении р. Томи, начиная от г. Междуреченска.

Выше г. Междуреченска вода р. Томь соответствует «умеренному» загрязнению.

На участке г. Кемерово она характеризуется «чрезвычайно высоким уровнем» загрязнения по гигиенической классификации и «очень высоким» – по экологической.

Ниже г. Кемерово и г. Юрги водоем отнесен к объекту «чрезвычайного» экологического и гигиенического неблагополучия.

Ниже г. Междуреченска и выше городов Новокузнецка и Юрги река Томь характеризуется промежуточным загрязнением между «высокой» степенью и «чрезвычайно высокой» (1,5–2,5).

Значительное влияние на качество воды р. Томь оказывают ее притоки. Наиболее загрязненными притоками р. Томь являются р. Аба и р. Ускат.

Среднегодовые концентрации в р. Аба в створах ниже г. Прокопьевска и в устье реки составляют: нефтепродуктов – 3,2–4,0 ПДК, фенолов – до 4 ПДК, азота нитритного – 2,0–2,5 ПДК, органических соединений по ХПК 1,8–1,9 ПДК.

В р. Ускат среднегодовые концентрации фенолов превышают ПДК в 3 раза, нефтепродуктов – в 1,6 раза, азота аммонийного в 3,6 раза, азота нитритного и органических соединений по показателю ХПК в 1,5 раза, железа общего – в 1,8 раза.

В остальных притоках р. Томи (Кондома, Уса, Мрас-Су, Мундыбаш, Средняя Терсь, Искитимка) среднегодовые концентрации фенолов превышают допустимые значения в 2–4 раза, нефтепродуктов – в 1–3,6 раза. Лишь р. Кондома на участке выше г. Осинники соответствует водоему с «допустимым» уровнем загрязнения по гигиенической классификации и «относительно» удовлетворительным по экологической (балл суммарного неблагополучия – 1). Однако уже ниже г. Осинники периодически отмечается «умеренное» загрязнение (1,6 балла).

Река Иня, рядом с которой проживает более 600 тыс. человек, также испытывает большую антропогенную нагрузку и практически утратила свои естественные речные качества: она больше соответствует названию коллектор промстоков. Здесь сосредоточены большое количество шахт и разрезов, значительные площади подработанных земель и породных отвалов. Русло реки интенсивно заиливается, формируется слой донных отложений техногенного происхождения с высоким содержанием тяжелых металлов, хлорорганических соединений, нефтепродуктов, пестицидов. Из-за большого количества неорганизованных хозяйственно-бытовых стоков отмечается высокое содержание нитратов, аммиака, наблюдается сильное бактериальное загрязнение воды.

В Беловском водохранилище превышают ПДК среднегодовые концентрации: фенолов – в 4 раза, нефтепродуктов – в 2,6 раза, меди – в 2 раза, органических соединений по показателю ХПК – в 1,2 раза.

Из рек севера области наиболее загрязнены р. Яя (нефтепродуктами) и р. Барзас. Следует отметить, что в р. Яя выявляются хлорорганические пестициды.

Несколько меньшие антропогенные нагрузки испытал бассейн р. Кии, занимающий северо-восточную часть области. Верховья Кии пока еще сохраняют природные ландшафты и природную чистоту воды. Однако ниже по течению в связи с разработкой золоторудных месторождений и залежей Кия-Шалтырского месторождения алюминиевого сырья экологическая ситуация на реке ухудшается.

Река Чумыш, правый приток Оби, протекает в юго-западной части области, в пределах Салаирского хребта. В бассейне Чумыша развиты животноводство, предприятия лесохозяйственного комплекса, расположены основные водозаборы городов Прокопьевска и Киселевска. В реки бассейна отводятся сточные воды предприятий Новокузнецкого района и г. Прокопьевска.

Подземные воды

Подземные воды в Кемеровской области используются для питьевого и технического водоснабжения населения и в промышленных технологических процессах. По данным Кемеровского Центра мониторинга геологической среды, на территории Кемеровской области разведано 142 месторождения подземных вод, 43 из них находятся в эксплуатации.

Основные проблемы связаны с истощением ресурсов подземных вод и их загрязнением. Эта ситуация наблюдается на всей территории области. Общий объем забираемых ежегодно подземных вод – около 450 млн. м³. При этом более половины сбрасывается без использования (шахтный, подземный водоотлив, дренажные воды) – около 260 млн. м³/год. В результате загрязнения приземного слоя атмосферы и поверхности почвы различными техногенными продуктами через почву происходит загрязнение подземных вод. В пределах городов, где расположены нефтебазы, склады ГСМ, автомобильные мойки, транспортные коммуникации, в подземных водах отмечено повышенное содержание тяжелых металлов, фенолов, нефтепродуктов. В ряде случаев в подземных водах обнаруживается повышенное содержание пестицидов, нитратов, органических соединений.

На карте выделены крупные ареалы техногенного загрязнения подземных вод в пределах разведанных месторождений. В районе г. Кемерово источниками загрязнения подземных вод четвертичного, пермского, каменноугольного водоносных горизонтов являются предприятия химии, шахты, коммунальные службы, сельское хозяйство. Отмечается повышенное загрязнение по характерным для города ингредиентам в районах промплощадок и санитарно-защитных зон предприятий: ХПК – до 50 ПДК; фенол – до 300 ПДК; формальдегид – до 40 ПДК.

В районе г. Новокузнецка грунтовые воды четвертичных отложений загрязнены отходами предприятий металлургии, АО «Органика»: нефтепродукты – до 12 ПДК; фенолы – до 93 ПДК; нитриты – до 190 ПДК, фтор – до 500 ПДК.

Установлено значительное загрязнение грунтовых вод в районе хвостохранилища Абагурской аглофабрики поселка Елань.

Состояние лесов

На карте-врезке показана неравномерность распределения лесов по территории области: высокий процент покрытия лесом по горному окаймлению и на севере области, низкая лесистость в центральной, наиболее населенной части области. Поэтому, несмотря на высокую в целом по области (более 50 %) лесистость, можно утверждать, что область, а точнее та ее часть, где проживает более 70 % населения, является лесодефицитной, и требуются меры по сохранению лесов.

Леса области в прошлом интенсивно вырубались. Развитие угледобычи, жилищное строительство потребляли миллионы кубометров древесины, большая часть которой заготавливалась в ближайших транспортно-доступных районах области. Общий объем лесозаготовок достигал 6,5 млн м³ в год. В настоящее время большинство лесозаготовительных предприятий из-за истощения сырьевых ресурсов прекратило свое существование или резко снизило объемы лесозаготовок. С 1941 г. общая лесопокрытая площадь сократилась на 500 тыс. га. За этот период площадь пихтовых лесов уменьшилась на 250 тыс. га, еловых – на 25 тыс. га, площадь кедровых лесов увеличилась на 80 тыс. га, в основном за счет запрета рубки кедра с 1965 г. и измененного учета при лесоустройстве. Если раньше к кедровым лесам относили только те, в которых доля участия кедра была больше 40 %, то сейчас к ним относят леса с участием в составе кедра более 30 %.

Места произрастания кедра – ценной орехоплодной лесной породы – показаны на карте условными знаками.

В настоящее время леса области подвергаются интенсивному воздействию воздушного промышленного загрязнения. Это ведет к снижению видового разнообразия, в возмужании чувствительности деревьев к повреждению насекомыми и различного рода болезнями, в снижении роста, сухостойности и гибели отдельных деревьев.

Высокие концентрации SO₂, NO_x, NH₃, O₃ в воздухе оказывают воздействие на листовую кутикулу, приводящее к физиологической засухе; вызывают сдвиг в распределении органического углерода, приводя к ослаблению корневой системы; интенсифи-

цируют выщелачивание элементов питания из листвы. Сильные минеральные кислоты повреждают листовую кутикулу и, таким образом, вызывают повреждение деревьев. При очень высоких уровнях NH_3 листья растений приобретают коричневый цвет вследствие токсичности этого соединения.

Было установлено, что в лесах, подверженных воздействию металлургического комбината в районе г. Новокузнецка происходят следующие серьезные нарушения питательного режима:

- изменяется состав атмосферных выпадений – источника питания лесов;
- возрастает кислотность почв и почвенных растворов и интенсифицируется выщелачивание элементов питания из органических горизонтов почв;
- происходит обеднение почв доступными для растений соединениями элементов питания;
- наблюдается дисбаланс в питании ели и сосны, выражающийся в обеднении хвои кальцием, магнием (вплоть до дефицита), марганцем и цинком и обогащении наиболее мобильными элементами, азотом, калием, фосфором, а также поллютантами – серой.

Таким образом, в настоящее время специфика функционирования лесов, широко представленных в Кемеровской области, определяется, с одной стороны, сложившимися природными механизмами, с другой стороны – продолжительным и интенсивным действием антропогенных факторов. Поскольку одной из основных причин повреждения лесов, в условиях распространяющегося аэротехногенного загрязнения, является нарушение их питания, поиски путей направленного регулирования питательного режима, позволяющего поддерживать жизнеспособность лесов, сохранять сырьевые, природоохранные и социальные функции и предотвращать их деградацию, приобретают особую актуальность.

Приложение 6

Состояние территорий, нуждающихся в охране

На карте-врезке показаны особо охраняемые территории, а также некоторые наиболее ценные заповедные урочища.

Заповедник «Кузнецкий Алатау» был образован в декабре 1989 г. на территории Кузнецкого Алатау с центром в поселке Белогорск. Его площадь составила 455,5 тыс. га. Заповедник расположен в высокогорной части Кузнецкого Алатау. Здесь берут свое начало многоводные притоки Томи – Верхняя, Средняя и Нижняя Терси, Тайдон, Уса, Кия. Здесь же сосредоточено более десятка уникальных ледников, в том числе самый крупный в области ледник «Участников экспедиции». Эти ледники – единственные для данных широт Северного полушария, расположенные на низких абсолютных высотах (до 1200 м над уровнем моря).

В заповеднике десятки высокогорных озер. Самое крупное из них – Рыбное. Длина озера – 1 км, ширина – до 0,5 км. Глубина озер достигает 80 м (озеро Среднетерсинское).

Заповедник обладает уникальным набором геоморфологических, палеоклиматических памятников природы: древние ледниковые формы рельефа с островами вечной мерзлоты, структурные мерзлотные грунты, термокарст, морозобойные трещины. В районе наблюдается большая активность лавин. В заповеднике уникальные климатические условия: ежегодное выпадение осадков здесь превышает 2000 мм – наибольшее в области.

Занимая центральную часть Кузнецкого Алатау, заповедник является переходной зоной между Западной Сибирью и Восточной, поэтому его флора и фауна имеют представителей той и другой областей. На его территории выявлено более 40 видов исчезающих растений, 42 вида редких и исчезающих позвоночных. Сохранились значительные площади кедровых флагообразной кроны, заросли левзеи сафлоровидной, родиолы розовой. Широко распространены северный олень, марал, кабарга, отмечены гнездовья черного аиста, полярных куропаток, глухаря.

Шорский национальный парк организован в 1990 г. на основании постановления Совета Министров РСФСР от 27 декабря 1989 г. № 386 «О создании Шорского государственного природного национального парка в Кемеровской области».

Шорский национальный парк расположен на юге Кемеровской области на территории Таштагольского административного района. Протяженность территории национального парка с севера на юг 110 км, с востока на запад 90 км. Администрация национального парка находится в г. Таштаголе. По данным лесоустройства 2000 г. площадь парка составляет 413843 га. Природная зона – горная тайга. Рельеф территории национального парка представляет собой сложную, сильно расчлененную речными долинами горную систему. Средняя высота над уровнем моря 500–800 м, отдельные вершины достигают 1600–1800 м.

Климат резко континентальный и суровый, что обусловлено нахождением парка почти в центре азиатского материка. Высокие хребты, огораживающие Горную Шорию с запада Салаирским кряжем, с юга – Алтайской горной системой и с востока хребтами Кузнецкого Алатау и Западных Саян создают своеобразный климатический режим. Средняя температура января – 20–22 °С, июля – +17–18 °С. В горах с высотой средние температуры резко падают. Среднегодовое количество осадков 900 мм, в горах на наветренных склонах до 1500–1800 мм. Снег держится более полугода, с октября по апрель. Глубина снегового покрова достигает 200–250 см, в понижениях среднегорий – более 400 см. Преобладают ветры южного и юго-западного направления.

Территория национального парка расчленена сетью рек и ручьев. Главной водной артерией является река Мрас-Су, протекающая через основной массив парка с севера на юг и разделяющая его территорию примерно на две равные части. Главными источниками питания рек и ручьев являются атмосферные осадки и грунтовые воды.

В растительном покрове парка преобладает черневая тайга. Леса представлены горными типами сообществ. Преобладают сообщества с сосной сибирской и пихтой сибирской. Значительно реже встречается ель, сосна, береза пушистая, осина. В лесных массивах среднегорной части Шории сохраняется уникальная и богатая флора гор Южной Сибири. Его ботаническими достопримечательностями являются такие редкие виды растений, как кандык сибирский, венерин башмачок крупноцветковый, венерин башмачок настоящий, родиола розовая.

В фауне национального парка много промыслово-охотничьих видов: заяц-беляк, белка, соболь, американская норка, колонок, выдра, росомаха, лисица, волк, рысь, лось. Кроме перечисленных видов встречаются сибирский крот, бурундук, водяная полевка, ондатра, обыкновенный хомяк, горностай, ласка, степной хорь, барсук, бурый медведь, дикий северный олень, кабарга, косуля, марал. Среди представителей орнитофауны многие являются объектом охоты: обыкновенная кряква, широконоска, шилохвость, серая утка, чирок-трескунок, чирок-свистунок, красноголовый нырок, глухарь, рябчик, тетерев, перепел, коростель, вальдшнеп, бекас, дупель, гаршнеп и др. Из редких видов птиц в парке встречаются черный аист, беркут, сапсан, скопа. В реках водится хариус, ленок, таймень.

На территории Шорского национального парка находятся 25 памятников природы, такие как: водопад «Сага», «Кизасские пещеры», пещера «Надежда», «Памятник солдату», скала «Пьющий слон» и др.

Природно-этнографический музей-заповедник «Томская писаница» образован в июле 1988 года с целью сохранения, музеефикации, изучения и публичного представления памятника наскального искусства «Томская писаница», архитектурно-этнографических памятников под открытым небом, музейных предметов и коллекций, сохранения и изучения флоры и фауны заповедника, создания современной системы использования памятников истории и культуры, организации познавательного и научного туризма. Музей-заповедник располагается на площади 140 га лесопарковой зоны на правом берегу р. Томи в Яшкинском районе Кемеровской области.

В составе музея несколько комплексных зон под открытым небом: Томская писаница, архитектурно-этнографическая территория «Шорский улус Кезек», зона мифологии, эпоса и календарей народов Сибири, археодом с древними жилищами и погребениями, музей наскального искусства Азии, природа музея заповедника, музей естественной истории (историческая геология, минералогия, палеонтология).

Основу музея составляет древнее святилище «Томская писаница» – памятник истории и культуры народов Евразии. Содержит около 280 наскальных рисунков, датируемых эпохой

неолита и бронзы. Многие изображения уникальны и относятся к шедеврам первобытного искусства.

Флора «Томской писаницы» богата и разнообразна. На ее площади найдено около 400 видов высших растений (1/4 флоры Кемеровской области), из них 39 видов деревьев и кустарников, многочисленные травянистые растения. Из них 5 видов являются третичными реликтами, один вид – ковыль перистый внесен в «Красную книгу». Около 40 видов являются редкими на территории Кузбасса и нуждаются в охране. Сосновый бор занимает около 90 % территории заповедника.

Животный мир музея-заповедника также разнообразен. Конечно, на столь небольшой территории крупные животные встречаются редко. Здесь можно увидеть косулю. Заповедник пересекает древняя лосиная тропа, ведущая к переправе через Томь, и по ней регулярно проходят лоси. Зимой забегают волки и рыси. Постоянными обитателями музея-заповедника являются лиса, норка, колонок, горностай, ласка, барсук, заяц, белка, бурундук. Много мелких грызунов – мышей и полевок, встречается 3 вида летучих мышей, землеройки.

Летом привлекают внимание парящие над рекой коршуны, поющие в лесу зяблики, бегающие по берегу трясогузки. Здесь можно встретить крупных соколов, сапсана и балобана, занесенных в «Красную книгу» России, зимой снегирей, свиристелей, полярную сову. Во все времена года лес оживляют многочисленные синицы, дятлы и поползни. Здесь обитает два вида ядовитых змей – обыкновенная гадюка и щитомордник, живородящая ящерица, жабы и остромордая лягушка.

Перечень заказников, имеющих ресурсоохранное значение, их основные направления, границы и площади показаны на карте. Всего выделены 13 заказников и 4 заповедных охраняемых урочища:

1. Белокаменный плес. Расположен в Тисульском районе на реке Кие. Его живописные скалы из серого, белого, розового, голубого, мраморизированного известняка протянулись на десятки километров. Многие скалы имеют названия: Замок, Великан, Отец и сын и т. д. Скалы Белокаменного плеса поросли особой низкорослой сосной, которая приспособилась к известковым почвам, постоянным ветрам и поднимается до самых вершин. В из-

вестковых массивах Белокаменного плеса развит карст: воронки, гроты, пещеры, навесы, ниши, подземные ручьи.

2. Катунские утесы. Они протянулись на 5 км по правому берегу реки Кондома близ поселка Осман Новокузнецкого района. Живописные скалы, возвышающиеся над рекой на 150–200 метров, сложены из эффузивно-туфогенных толщ среднего девона и пестроцветных осадочных пород верхнего девона.

Склоны утесов покрыты остатками реликтовых сосновых боров. На каменистых осыпях и в нишах растет можжевельник казацкий, занимающий склоны южной экспозиции. На задернованных участках растет ревень алтайский – растение, занесенное в «Красную книгу» РФ. Катунские утесы – идеальное место для зимовки жуков кокцинелид – «божьих коровок». Иногда сюда на зимовку слетаются до нескольких миллионов насекомых.

3. Орлиная гора. Расположена на юго-восточной окраине Гурьевска. На ее склонах несколько стратотипических разрезов: Бачатская свита среднего кембрия, Орлиногорская свита среднего кембрия, Салаирская свита среднего кембрия, Толсточи́хинская свита верхнего кембрия. Мощность их отложений 1500–2000 метров.

4. Стрельной камень. Расположен на правом берегу реки Кондома в окрестностях Кузедеево. Это сплошное скальное обнажение, сложенное отложениями морского карбона, протянулось на километр. Зеленые и зеленовато-серые известняки, песчаники, аргиллиты, алевролиты содержат ископаемые формы – мшаники, трубки червей, створки остракод и гастропод.

Нарушенные земли

Из предприятий, нарушающих почвенный покров, ведущее место занимают предприятия угольной промышленности, сельского хозяйства, черной и цветной металлургии.

Добыча угля сопровождается разрушением геологической среды, почвенного покрова и естественных ландшафтов. Вынос на поверхность громадной массы глубинных горных пород (по Кузбассу это около 15 млрд. м³) приводит к процессам просадки поверхности, изменению рельефа местности, изменению гидрологического режима. Например, разрез «Бачатский» за десятилетия своей деятельности образовал выемку около 11 км, при этом во внешние отвалы перемещено свыше 1,2 млрд. м³ вскрышных пород, а отметки рельефа местности изменились на 60–140 м относительно естественного рельефа.

Добыча строительных материалов – гравия, глины, песка, известняка – также нарушает земную поверхность. Общая площадь многочисленных карьеров по добыче стройматериалов составляет в области около 7 тыс. га. Добыча цветных металлов драгами и промприборами сопровождается нарушением земли в поймах горных рек, загрязнением речной воды.

К категории нарушенных земель относятся отвалы отходов промышленных предприятий – хвостохранилища, шлаковые отвалы, золоотвалы. Они занимают значительные площади продуктивной земли и являются источником загрязнения прилегающих территорий.

Нарушенные земли кроме прямого экономического ущерба, связанного с изъятием продуктивных угодий, причиняют окружающей природной среде экологический ущерб. Отрицательное влияние нарушенных земель проявляется в загрязнении почвы, воды и атмосферы продуктами эрозии и дефляции, иссушении (или иногда подтоплении) территорий, снижении биологической продуктивности прилегающих угодий. Вследствие физического и химического выветривания горных пород в окружающую среду попадает большой спектр загрязняющих веществ: прежде всего соли тяжелых металлов, бенз(а)пирен и фенолы, образующиеся при окислении угля. Перенос их на значительные расстояния превращает локальное загрязнение окружающей среды в регио-

нальное. Следует отметить многообразие социально-экологических последствий отрицательного воздействия нарушенных земель: это повышенная заболеваемость людей в связи с ухудшением санитарно-гигиенических условий, деградация биocenozов, ухудшение организации территорий и прочее.

Нарушенные земли должны быть рекультивированы, что предусматривается Постановлением Правительства РФ от 23 февраля 1994 г. «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы». Рекультивация – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности народнохозяйственной ценности, нарушенных земель, а также улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Рекультивация нарушенных земель призвана, в первую очередь, создавать геохимические и биогеохимические барьеры, сокращающие миграцию инородных веществ в окружающую среду. По данным статистики до 2000 года в Кузбассе рекультивировано 21240 га нарушенных земель.

На карту вынесены контуры нарушенных земель при открытых и подземных горнодобывающих работах, а гистограммами показаны площади нарушения. К ним относятся земли, находящиеся в технологическом процессе; отработанные, где возможна рекультивация; полностью отработанные, требующие проведения временной санитарно-защитной рекультивации, и земли с проведенной биологической рекультивацией.

В районе г. Междуреченска площадь нарушенных земель открытой угледобычей составляет 10,5 тыс. га. Образовалась своеобразная «послепромышленная пустыня» с неблагоприятными экологическими условиями: запылением атмосферы, иссушением приземных слоев воздуха, повышенной температурой летом. Отрицательное воздействие распространяется как на жилые районы города, так и на обширную прилегающую территорию.

Поскольку разрезы относительно недавно введены в эксплуатацию, здесь немного полностью отработанных участков, которые можно было бы рекультивировать. Всего рекультивировано несколько сотен гектаров, что негативно сказывается на экологической обстановке района. В ближайшей перспективе не ожидается больших площадей отработанных земель. Поэтому на меж-

дуреченской группе разрезов необходимо проводить преимущественно временную санитарно-защитную рекультивацию.

Вокруг г. Новокузнецка развита в основном шахтная угледобыча. Разрезы Байдаевский и Листвянский удалены от города на 25–50 км. Общая площадь нарушенных земель составляет около 17,3 тыс. га, рекультивировано 7,3 тыс. га или 42 %. Город является крупнейшим индустриальным центром с кризисной экологической обстановкой, поэтому здесь на первый план выдвигается задача улучшения санитарно-гигиенических условий жизни населения, путем создания лесных зеленых зон, организации мест отдыха. Лесная рекультивация проведена на подработанных шахтных землях на площади 6,5 тыс. га, на отвалах угольных разрезов – 0,8 тыс. га. Сельскохозяйственная рекультивация практически не производится (за исключением нескольких десятков гектаров на разрезе Листвянский), хотя имеется возможность проведения рекультивации до 20 % от общей площади нарушенных земель. Севернее города начали эксплуатацию Талдинский и Ерунаковский угольные разрезы. Отработанных площадей здесь еще нет, поэтому необходимо проводить временную санитарно-защитную рекультивацию в объемах ежегодной площади нарушений.

В районе г. Осинников на подработанных шахтами землях проведена лесная рекультивация на площади около 600 га, на участке открытых горных работ шахты Шушталепская созданы кормовые угодья из многолетних бобовых трав на площади 120 га. Следует увеличить объемы рекультивации на разрезе Осинниковский (пос. Малиновка). Это связано, кроме общих требований, с необходимостью ликвидировать возможное негативное воздействие отвально-карьерного рельефа на примыкающий к разрезу уникальный природный объект – реликтовые древостой липы.

Районы городов Прокопьевска и Киселевска характеризуются высокой концентрацией горного производства. Участки открытых горных работ и подземная угледобыча чередуются или находятся на одних и тех же площадях, в результате чего нарушения естественных ландшафтов особенно сильны. Преобладают мощные крутопадающие пласты, разработка которых открытым способом сопровождается образованием обширных внешних отвалов, а подземным – каньонообразных провалов. Все это в целом создает особенно неблагоприятные экологические условия,

тем более что размещены угледобывающие предприятия среди жилой застройки или в непосредственной близости к ней. Этот район с природоохранных позиций самая «больная» точка Кузбасса. Общая площадь нарушенных земель в районе достигает 20 тыс. га, однако отработанных земель мало, по крайней мере, меньше, чем в других районах. Поэтому, поскольку нет полностью отработанных земель и возможности проводить их рекультивацию, следует выполнять временную санитарно-защитную рекультивацию. По экспертной оценке Института почвоведения и агрохимии СО РАН, временная рекультивация в районе возможна на площади не менее 8 тыс. га.

В центральной части Кузбасса (города Белово, Ленинск-Кузнецкий) нарушенные шахтами и разрезами земли занимают площадь 17,2 тыс. га, а с вводом в эксплуатацию на проектную мощность угледобывающих предприятий Восточного Кузбасса она удвоится. Этот район является «степным ядром» Кузнецкой котловины с богатыми черноземами. Основное направление рекультивации должно быть сельскохозяйственным. Вокруг городов Белова и Ленинск-Кузнецкого на шахтных отработанных полях создано 2300 га лесонасаждений. На спланированных отвалах угольных разрезов посажены плантации облепихи и произведен посев многолетних трав.

Вблизи г. Кемерово на Кедровском и Черниговском разрезах нарушенная земельная площадь составляет около 9 тыс. га, а рекультивировано всего 300 га. На шахтных землях из 7 тыс. га нарушенных земель восстановлено 700 га.

На шахтах г. Анжеро-Судженска породные отвалы склонны к самовозгоранию. Горящие породные отвалы выделяют большое количество сернистого газа. Здесь рекультивация возможна только при условии экранирования отвалов слоем суглинка, ликвидации существующих и недопущения в будущем очагов горения.

В целом по Кузбассу накопилось (по данным статучета) около 80 тыс. га нарушенных земель. Фактически эта площадь больше, порядка 100 тыс. га, поскольку в учетные данные не включены площади с некачественно проведенной рекультивацией и требующие повторных работ, подработанные шахтами земли без видимых провалов на поверхности с измененным гидрологическим режимом, потерявшие первоначальное качество, нару-

шенные земли естественно заросшие, но имеющие низкую биопродуктивность.

Объективными причинами низких темпов рекультивации являются горно-геологические условия бассейна: наклонное и крутое залегание пластов предопределяет длительный срок их эксплуатации до истощения запасов. Эти причины усугубляются применяемыми технологиями открытой угледобычи: месторождения обрабатываются продольными заходками с вывозкой вскрыши во внешние отвалы, поперечная отработка с внутренним отвалообразованием применяется в незначительных масштабах.

Необходимо значительно увеличить масштабы рекультивации тем более, что имеется достаточный опыт создания древесных насаждений на отработанных землях шахт и разрезов, устойчивых, долговечных и обладающих высокими экологическими функциями. Полноценные сосновые насаждения выращены Новокузнецким лесхозом на нарушенных землях шахт Байдаевская, Зыряновская, Абашевская и других. На отвалах вскрышных пород угольных разрезов Листвянский, Байдаевский, Моховский и некоторых других успешно выращивается облепиха – ценная плодово-ягодная культура. Нарработан опыт создания продуктивных кормовых угодий из многолетних трав на отвалах разрезов без нанесения на них плодородного слоя почвы.

Вместе с тем, целый ряд вопросов рекультивации требует своего решения. Необходимы технологические разработки создания оптимального по экологическим требованиям рельефа поверхности рекультивируемых земель, исключающих вынос и миграцию элементов соединений горных пород в окружающую среду. Не разработаны технологии нанесения плодородного слоя почвы на отвалы. Проведенные работы по созданию пашни оказались неэффективными из-за продолжающейся длительное время деформации поверхности отвалов. Нет опыта рекультивации остаточных карьерных выемок. А главное, нет законодательной базы, стимулирующей рекультивацию.

Приложение 8

Радиационная обстановка

На карте – врезке приведено распределение активного цезия (Cs-137) в поверхностном слое ненарушенных почв.

Использованы материалы экспедиционных работ Объединенного института геологии, геофизики и минералогии. Естественные радиоактивные элементы (уран, торий, калий-40) распространены относительно равномерно во всех изученных природных объектах на территории области и в незначительных концентрациях. Поэтому ситуация с естественными радионуклидами оценивается как благоприятная и на карту не вынесена.

Цезий (Cs-137) также обнаружен во всех изученных природных объектах области, но, в отличие от естественных радионуклидов, распределен крайне неравномерно.

Максимальные концентрации этого радионуклида (до 294 Бк/кг) (Бк – Беккерель – стандартная международная единица радиоактивности, равная одному распаду за секунду, это очень небольшая единица, равная примерно 27 пикокюри) установлены во мхах и хвойных спадках, минимальные (2 Бк/кг) – в травах с покосов. Это свидетельствует о том, что процесс сельскохозяйственной обработки почв способствует существенному снижению в них концентрации цезия.

Среднее содержание цезия (Cs-137) в почвенном покрове составляет 24 Бк/кг, а среднее значение плотности его загрязнения радиоцезием равно 65 мКи/км² (Ки – традиционная единица измерения радиоактивности, равная радиоактивности 1 грамма чистого радия. Она эквивалентна 37 млрд. распадов в секунду (37 млрд. беккерелей). На этом фоне в пределах области зафиксированы точки с превышением указанного уровня загрязнения в 1,3–2,0 и более раз.

Оконтуривание участков и площадей с повышенной концентрацией Cs-137 на карте проведено ориентировочно. Отмечены районы, в которых среднее значение плотности загрязнения Cs-137 превышает средний (фоновый) уровень по области. Это Тисульский – 75 мКи/км², Топкинский – 70 мКи/км², Кемеровский – 83 мКи/км², Ленинск-Кузнецкий – 72 мКи/км², Новокузнецкий – 88 мКи/км², Таштагольский – 73 мКи/км². Полученные данные о распространении цезия в почвенном покрове свидетельствуют о его неравномерном или мозаичном распределении.

Приложение 9

Отходы производства и потребления

Ежегодное образование отходов производства и потребления в области составляет свыше 50 млн. т.

По вредному воздействию на окружающую среду отходы производства и потребления являются едва ли не ведущим фактором. Территория области фактически завалена отходами сырьевых и перерабатывающих отраслей промышленности. Не без оснований «визитной карточкой» Кузбасса называют бесчисленные породные отвалы угле- и рудодобывающих предприятий. По неполным данным ежегодно в отвалы отсыпается более 300 м³ вскрышных и вмещающих горных пород, а с начала интенсивной добычи полезных ископаемых на поверхности земли Кузнецкой скопилось около 8 км³ глубинных горных пород.

Условными немасштабными значками вынесены на карту полигоны (свалки) отходов других производств: золошлаковые отвалы топливно-энергетического комплекса (ТЭЦ, ГРЭС), шлаковые отвалы металлургии, отходы химической промышленности, места концентрации отходов агропромышленного комплекса, крупные свалки бытовых отходов.

Золоотвалы теплоэлектростанций занимают в общей сложности 2 тыс. га. Если они покрыты водой, зола не загрязняет атмосферу, но в сухом состоянии с отвалов ветром уносится громадное количество пыли. Закрепление (рекультивацию) поверхности необходимо начинать, не ожидая полного завершения работ по формированию отвалов, которые могут проводиться еще десятки лет. Сейчас эта работа не только не делается, но и даже не обсуждается: на фоне более масштабных нарушений горнодобывающих предприятий отвалы отходов других отраслей не слишком бросаются в глаза.

В черте г. Новокузнецка отвалы доменных и сталеплавильных шлаков, агломерации железной руды и других отходов металлургии занимают площадь более 800 га, а их масса превысила 100 млн т. Отходами добычи железной руды завалены города и поселки Таштагольского железнорудного района: Таштагол, Шереш, Каз; «хвостами» их обогащения – Мундыбаш, Шереш.

Отходы химической промышленности сосредоточены в основном в г. Кемерово. Многотоннажными неиспользуемыми от-

ходами, размещенными на полигонах, являются полиамидные смолистые отходы (бывшего АО «Химволокно»), фенолсодержащие полимеры (АО «Токем»), шламы различных производств (АО «Химпром», КАО «Азот»). Большинство отходов химического производства является веществами высокой степени опасности (классов токсичности). Поэтому, несмотря на относительно небольшую площадь, занимаемую этими отходами, экологическая значимость их в отрицательном смысле велика.

Существенным фактором загрязнения окружающей среды являются отходы крупных птицефабрик и крупных животноводческих комплексов. При существовавшем ранее подстилочном способе содержания скота образовывался перегной, вывозимый в качестве органического удобрения на поля. С переходом на крупные промышленные животноводческие комплексы удаление фекальных масс стало производиться гидросмывом в отстойники или выливаться в близлежащие лога и водоемы. Поэтому рядом с комплексами скапливаются сотни тысяч кубометров навозной жижи, которую трудно утилизировать в удобрения и которая загрязняет поверхность и грунтовые воды, а зловоние распространяется на километры вокруг.

Зонами экологического бедствия в области являются городские свалки, ставшие источниками загрязнения подземных вод, неприятных запахов, представляющие опасность как очаги инфекций, отравлений.

Удельный выход твердых бытовых отходов по минимальному уровню составляет 200 кг в год на человека. Таким образом, ежегодно по области образуется 636 тыс. т твердых бытовых отходов. На территории области функционируют 577 несанкционированных мест размещения твердых бытовых отходов и 49 санкционированных свалок. Мероприятия по утилизации и переработке твердых бытовых отходов не проводятся.

Приложение 10

Гигиеническая ситуация

Здоровье населения является универсальным биоиндикатором экологической ситуации в регионе. Состояние здоровья населения оценивают через демографические показатели, показатели заболеваемости по обращаемости, инвалидности и т. д.

В структуре впервые выявленной заболеваемости на первом месте у населения Кемеровской области находятся болезни органов дыхания; вторую позицию занимают травмы, отравления; на третьей позиции у взрослых – болезни кожи и подкожной клетчатки, у детей – болезни органов пищеварения.

В структуре распространенности болезней сохраняют лидерство болезни органов дыхания; второе место занимают у детей болезни органов пищеварения, у взрослых – болезни системы кровообращения; на третьем месте – травмы, отравления.

Прослеживается связь между загрязнением среды обитания и заболеваемостью населения. В этиологии болезней органов дыхания ведущая роль принадлежит фактору загрязнения атмосферы различными химическими веществами; болезней кожи и подкожной клетчатки – воздействию на организм химических веществ–аллергенов.

В г. Новокузнецке между значениями экологического индекса, представляющего комплексный показатель состояния окружающей среды, и индекса здоровья в течение трех лет с высокой вероятностью прослеживается прямая сильная связь (коэффициент корреляции равен 0,76). Также выявлено, что канцерогенные риски обусловлены в значительной степени воздействием формальдегида, бенз(а)пирена, бензола, содержащихся в атмосферном воздухе г. Новокузнецка. Риски развития экзависимых заболеваний центральной нервной системы, органов дыхания, системы пищеварения, крови обусловлены воздействием марганца и меди питьевой воды, а также бензолом, хлором и хлористым водородом, содержащимися в атмосферном воздухе.

Для г. Кемерово получены математические модели, свидетельствующие о том, что существуют прямые связи между концентрациями в атмосферном воздухе диоксидов серы, азота, оксида углерода, фенола, хлорида водорода и уровнями заболеваемости у детей по болезням эндокринной, нервной и сердечносо-

судистой систем, органов пищеварения и крови. Для всего населения отмечена роль загрязнения атмосферного воздуха формальдегидом в уровнях заболеваний системы кровообращения.

Исследованиями установлены прямые связи еженедельными уровнями острых кишечных инфекций, ежегодными уровнями дизентерии у населения городов Кемерово и Юрги, которые являлись следствием сброса недостаточно очищенных сточных вод р. Томь.

На карте-врезке «Санитарно-гигиеническая обстановка» представлена заболеваемость населения в городах и административных районах области по отдельным группам болезней: инфекционные и паразитарные, новообразования, болезни эндокринной системы, системы кровообращения, кожи и подкожной клетчатки и т. д. Отмечены те группы болезней, встречаемость которых превышает среднеобластной уровень распространенности болезней. Отдельно на карте представлены природноочаговые заболевания, имеющие приоритетное распространение в области – клещевой риккетсиоз и водный лептоспироз.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСЧЕТ) ДОПУСТИМОСТИ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ВОДОЕМ

1. Цель и содержание работы

Работа предназначена для ознакомления студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной со сбросом сточных вод в поверхностные водоемы. Сточные воды промышленных предприятий после их полной или частичной очистки содержат остаточные количества нерастворенных и растворенных загрязнений. В случае неэффективной работы очистных сооружений или же при их отсутствии загрязнения, попадающие в водоем со сточными водами, могут сделать воду этого водоема непригодной для различных целей водопользования и в первую очередь для питьевого и хозяйственно-бытового использования. Для сохранения качества воды поверхностных водоемов разработаны расчетные методы определения соответствия условий сброса сточных вод в водоем санитарным нормам.

Студенты по нижеприведенной методике определяют, до какой степени следует очищать, обезвреживать или обеззараживать сточные воды, чтобы на подходе к первым пунктам водопользования степень загрязнения воды не нарушала нормальные условия водопользования и не угрожала здоровью населения.

2. Теоретические положения

2.1. Загрязнение воды в водных объектах

Водоемы и водотоки (водные объекты) считаются загрязненными, если показатели состава и свойств воды в них изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности и стали частично или полностью непригодными для одного из видов водопользования.

Критерием загрязненности воды является ухудшение ее качества вследствие изменения ее органолептических свойств (цвета, запаха) и появления веществ, вредных для человека, животных, птиц, кормовых и промысловых организмов, а также повы-

шение температуры воды, изменяющее условия для нормальной жизнедеятельности организмов. Качество воды оценивается показателями, характеризующими содержание в ней вредных веществ.

Основное нормативное требование к качеству воды в водных объектах – соблюдение установленных экологических стандартов, оценивающих состояние окружающей среды. Экологическими стандартами, оценивающими санитарное состояние водных объектов, являются предельно допустимые концентрации примесей (ПДК) в воде.

ПДК примеси (вредного вещества) в воде водного объекта – это такой нормативный показатель, который исключает неблагоприятное влияние на организм человека и возможность ограничения или нарушения нормальных условий хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и других видов водопользования. Иными словами, ПДК – это такая концентрация, при превышении которой вода становится непригодной для одного или нескольких видов водопользования.

2.2. Нормативы качества воды для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при спуске в них сточных вод, устанавливаются применительно к отдельным категориям водопользования у мест расположения ближайших к выпуску сточных вод пунктов водопользования.

Водопользование различают двух категорий:

- * к первой категории относится использование водного объекта в качестве источника централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

- * ко второй категории относится использование водного объекта для купания, спорта и отдыха населения, а также использование водных объектов, находящихся в черте населенных мест.

Ближайшие к месту выпуска сточных вод пункты водопользования первой и второй категории определяются органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы с обязательным учетом официальных данных о перспективах использо-

вания водного объекта для питьевого водоснабжения и культурно-бытовых нужд населения.

Состав и свойства водных объектов должны соответствовать нормативам (не превышать ПДК) в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах и водохранилищах – в одном километре в обе стороны от пункта водопользования.

2.3. Производственные ограничения на сброс сточных вод в водные объекты

Независимо от нормативных требований к качеству воды в водном объекте существуют производственные ограничения на сброс сточных вод, которые предприятия обязаны неукоснительно выполнять.

Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды:

- * которые могут быть устранены путем рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного водоснабжения, или устройствами бессточных производств;
- * содержащие ценные отходы, которые могут быть утилизированы на данном или другом предприятии;
- * содержащие производственное сырье, реагенты, полупродукты и конечные продукты производства в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь;
- * содержащие вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации;
- * воды, которые с учетом их состава и местных условий могут быть использованы для орошения в сельском хозяйстве при соблюдении санитарных требований.

Особенно недопустим сброс в водные объекты кубовых остатков и технологических отходов.

2.4. Технологические условия сброса сточных вод в водные объекты

Место выпуска сточных вод должно быть расположено ниже по течению реки от границы данного населенного пункта и

всех мест его водопользования с учетом возможного обратного течения при нагонных ветрах и при изменении режима ГЭС.

Условия спуска сточных вод в водоемы определяются с учетом:

- степени возможного смешения и разбавления сточных вод с водой водного объекта на пути от места выпуска сточных вод до расчетного (контрольного) створа ближайших пунктов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования;
- качества воды водоемов и водотоков выше места проектируемого сброса сточных вод.

3. Методика определения соответствия условий сброса сточных вод предприятия санитарным требованиям

Контроль и управление качеством воды в водных объектах предусматривают решение следующих задач:

- проверку достаточной степени разбавления сточных вод, для того чтобы в пункте водопользования примеси рассеивались до неопасных концентраций;
- определение требуемой степени очистки (обеззараживания) сточных вод;
- прогнозирование качества воды на заданную перспективу.

Загрязнение водоема сточными водами может неблагоприятно сказаться на нарушении общего санитарного режима водоема и изменении органолептических свойств водоема.

Соответственно, в зависимости от свойств загрязняющих веществ, определение степени необходимой очистки сточных вод ведется по каждому показателю состава и свойств воды водоемов.

Основное уравнение смешения сточных вод, сбрасываемых в водоем, с природными водами имеет вид

$$q \cdot C_{ст} + Q \cdot C_p = (q + \gamma \cdot Q) \cdot C_{п.вод}, \quad (1)$$

где Q – расход воды в реке, м³/с; q – расход сточных вод, поступающих в реку, м³/с; $C_{ст}$ – концентрация загрязнения (данного вредного вещества) в стоке, мг/дм³; C_p – концентрация загрязнения (данного вредного вещества) в реке выше сброса в нее сточ-

ных вод (фоновая концентрация), мг/дм³; $C_{п.вод}$ – концентрация загрязнения (данного вредного вещества) в реке перед расчетным пунктом водопользования (в общем случае в 1 км выше по течению реки), мг/дм³; γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме смешивается со сточными водами в расчетном створе.

Величина q определяется хозяйственной или проектной организацией на основе замеров или технологических расчетов.

Величина Q определяется проектной организацией на основе специальных местных гидрологических изысканий или данных гидрометеорологической службы. Величина C_p определяется на основе специально организуемых исследований.

3.1. Проверка достаточной степени разбавления

Решая уравнение (1) относительно, $C_{п.вод}$, имеем

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q}. \quad (2)$$

Формула (2) позволяет прогнозировать санитарное состояние воды при всех заданных параметрах, входящих в нее. Прогноз осуществляется путем сравнения $C_{п.вод}$ с установленной для данного вещества предельно допустимой концентрацией $C_{пдк}$. Если значение $C_{п.вод}$ меньше $C_{пдк}$, то прогноз благоприятен и разбавления сточных вод достаточно. В противном случае, когда $C_{п.вод} > C_{пдк}$, необходимо принять меры по уменьшению концентрации загрязнения (данного вредного вещества) в реке перед расчетным пунктом водопользования за счет проведения следующих мероприятий:

- уменьшения количества сточных вод, сбрасываемых в водоем;
- снижения концентрации загрязнения в сточных водах за счет их разбавления чистой водой;
- снижения концентрации загрязнения в сточных водах либо за счет дополнительных систем очистки, либо совершенствования технологических процессов.

При поступлении со стоком в водный объект нескольких веществ с одинаковым лимитирующим показателем вредности

сумма отношений концентрации каждого из веществ в водном объекте ($C_{1n.вод}$, $C_{2n.вод}$, ... $C_{Nn.вод}$) к соответствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$\frac{C_{1n.вод}}{C_{1пдк}} + \frac{C_{2n.вод}}{C_{2пдк}} + \dots + \frac{C_{Nn.вод}}{C_{Nпдк}} \leq 1. \quad (3)$$

Если данное условие не выполняется, то в сточной воде должно быть уменьшено содержание одного или нескольких загрязняющих веществ.

3.2. Определение необходимой степени очистки сточных вод от загрязняющего химического вещества

Чтобы определить, до какой степени следует очищать, обезвреживать или обеззараживать сточные воды от загрязняющего химического вещества, чтобы на подходе к первым пунктам водопользования степень загрязнения воды не нарушала нормальные условия водопользования и не угрожала здоровью населения, необходимо определить максимальную концентрацию загрязняющего химического вещества в сточной воде $C_{пдк}$, при которой после сброса стока в реку в речной воде не будет превышен допустимый предел загрязнения, т.е. выполняется условие $C_{п.вод} \leq C_{пдк}$. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_{пдк} - C_p) + C_{пдк}, \quad (4)$$

где $C_{пдк}$ – предельно допустимая концентрация химического вещества в речной воде.

Величина $C_{пдк}$ определяется по литературным (справочным) данным или на основе специально организуемых исследований, если такие данные отсутствуют.

Значение максимальной концентрации химического вещества в сточной воде $C_{пдк}$, при котором не будут превышены допустимые пределы загрязнения воды в реке, определенное расчетом для нового или существующего объекта и положенное в основу проектирования очистных сооружений, приобретает значение контрольной величины на период эксплуатации этих соору-

жений и кладется в основу лимита, предельно допустимого для данного объекта, сброса в водоем загрязнений.

Необходимая степень очистки сточных вод от данного химического вещества, %, определяется по формуле

$$\Xi = \frac{C_{ст} - C_{ст.пр}}{C_{ст}} \cdot 100. \quad (5)$$

Величина коэффициента обеспеченности смешения для проточных (незарегулированных) водоемов определяется по методу Фролова-Родзиллера:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \beta}. \quad (6)$$

Коэффициент β в уравнении (6) определяется по формуле

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (7)$$

где L – расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до места ближайшего пункта водопользования, м; α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, который, в свою очередь, определяется по формуле

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (8)$$

где E – коэффициент турбулентной диффузии; ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод в водоем; при выпуске у берега он равен 1, при выпуске в стрежень реки он равен 1,5;

φ – коэффициент извилистости реки, он равен отношению расстояния по фарватеру от места выпуска сточных вод до створа ближайшего пункта водопользования ($L\phi$) к расстоянию до того же пункта по прямой (Ln), т. е.

$$\varphi = \frac{L\phi}{Ln}. \quad (9)$$

Коэффициент турбулентной диффузии, для равнинных рек определяется по формуле

$$E = \frac{V_{ср} \cdot H_{ср}}{200}, \quad (10)$$

где V_{cp} – средняя скорость течения на участке между выпуском сточных вод и створом пункта водопользования, м/с; H_{cp} – средняя глубина водоема на том же участке, м.

3.3. Определение необходимой степени очистки сточных вод от взвешенных веществ

Санитарные требования ограничивают лишь степень увеличения содержания взвешенных веществ в воде водоемов. Поэтому расчетная формула (4) принимает вид

$$C_{ст.пр} = \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) C_{доб} + C_p, \quad (11)$$

где $C_{доб}$ – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ, принимается равным $0,25 \text{ мг/дм}^3$ для водоемов рыбохозяйственного назначения и $0,75 \text{ мг/дм}^3$ для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения. Остальные обозначения прежние.

3.4. Определение необходимой степени очистки сточных вод от органических веществ, подвергаемых биохимическому окислению

Вредные вещества, содержащиеся в промышленных сточных водах, способны подвергаться окислению в природных водах, что связано с потреблением растворенного в воде кислорода. Такими веществами являются преимущественно органические соединения. Перерасход кислорода может приводить к его дефициту в воде и явлению эвтрофикации, которое заключается в бурном развитии в водоеме водорослей и другой водной растительности вследствие загрязнения водоема сточными водами, содержащими органические загрязнения и биогенные вещества (азотные, фосфорные и калийные). Зная химический состав и количество примесей в воде, рассчитывают потребность в кислороде на окисление и определяют степень угрозы эвтрофикации, т. е. устанавливают, насколько опасны те или иные стоки, для того, чтобы ограничить их сток. Для этого используют показатель, называемый «биохимическое потребление кислорода» (БПК), обязательно контролируемый санитарными лабораториями предприятий в сточных, природных и оборотных водах.

БПК – количество кислорода, израсходованное в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое окисление (разложение) нестойких органических соединений, содержащихся в исследуемой воде. БПК определяют для различных отрезков времени, например, за 5 суток (БПК₅), за 20 суток (БПК₂₀), а также независимо от времени – на полное окисление органики (БПК_{полн}). Размерность БПК в миллиграммах О₂/л.

Согласно ГОСТам БПК определяется как количество кислорода, потребляемое при биохимическом окислении содержащихся в воде веществ в аэробных условиях.

Максимально допустимое значение БПК в стоке, сбрасываемом в реку, с учетом биохимического процесса самоочищения воды от органических веществ, уже имеющихся в водоеме выше места выпуска сточных вод, определяют по формуле:

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_{ст} \cdot t}} \left(C_{пр.д} - C_p \cdot 10^{-K_p \cdot t} \right) + \frac{C_{пр.д}}{10^{-K_{ст} \cdot t}}, \quad (12)$$

где $C_{ст.пр}$ – концентрация органических веществ (в БПК_{полн}), которая должна быть достигнута в процессе очистки сточных вод, мг/дм³; C_p – концентрация органических веществ (в БПК_{полн}) в воде водоема до места выпуска сточных вод, мг/дм³; $C_{пр.д}$ – предельно допустимое содержание органических веществ (в БПК_{полн}) в створе ближайшего пункта водопользования, мг/дм³; $K_{ст}$ и K_p – константы потребления кислорода соответственно органическими веществами сточных вод и воды реки (при спуске в реку бытовых и ряда промышленных сточных вод эти константы могут быть приняты одинаковыми $K_{ст} = K_p = 0,1$); t – время продвижения воды водоема вместе с разбавленными в ней сточными водами от места выпуска сточных вод до пункта водопользования (в сутках).

$$t = \frac{L_{сп}}{V_{сп}}. \quad (13)$$

Если вычисленная величина $C_{ст.пр}$ (т. е. концентрация сточных вод, при которых выполняются санитарные требования в отношении БПК) окажется меньше, чем БПК сточных вод, намеченных к спуску (или поступающих в водоем), то необходима очистка сточных вод по крайней мере до $C_{ст.пр}$.

3.5. Определение необходимой степени очистки сточных вод от веществ, придающих воде цветность и запах

В случае, когда имеются анализы сточных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах природных вод исчезают, достаточно сравнения величины разбавления, указанной в анализе, с расчетной величиной разбавления, которое возможно у створа ближайшего пункта водопользования, чтобы решить вопрос необходимости очистки сточных вод в отношении запаха и окраски перед спуском их в водоем.

Расчетная кратность разбавления сточных вод n определяется по формуле

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q}, \quad (14)$$

где обозначения прежние.

Если вычисленная величина n (разбавление сточных вод, при которой выполняются санитарные требования в отношении окраски и запаха) окажется меньше, чем кратность разбавления, при которой исчезают окраска и запах и которая определена лабораторными исследованиями, то необходимо либо разбавление сточных вод, либо их дополнительная очистка от загрязнений, обуславливающих цветность и запах воды.

4. Исходные данные для расчетов

В городе К проектируется химический завод. Спуск сточных вод этого предприятия намечается в реку Н ниже границы города. При санитарном обследовании водоема обнаружено, что ниже намеченного спуска сточных вод на расстоянии 5 км находится населенный пункт И, который использует воду реки Н для питьевых и культурно-бытовых целей.

Данные по составу сточных вод химического завода приведены в прил. 2 для различных вариантов расчета.

Данные по составу воды реки Н выше выпуска сточных вод приведены в прил. 1 для различных вариантов расчета.

Значения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в речной воде приведены в прил. 3.

Примечания:

1. Выпуск сточных вод проектируется в стрежень реки, поэтому значение коэффициента ξ в уравнении (8) для всех вариантов расчета принимается равным $\xi = 1,5$.

2. Значение коэффициента извилистости реки φ в уравнении (8) для всех вариантов расчета принимается равным $\varphi = 1,0$.

3. Константы потребления кислорода соответственно органическими веществами сточных вод и воды реки в уравнении (12) для всех вариантов расчета принимаются равными $K_{cm} = K_p = 0,1$.

4. Допустимое количество взвешенных веществ, которое можно добавить на каждый литр воды водоема, для всех вариантов расчетов принимается равным $C_{доб} = 0,75 \text{ мг/дм}^3$.

5. Требования к отчету

Результаты практической работы оформляются в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- * наименование и вариант работы;
- * исходные данные для расчетов;
- * методика расчетов с результатами вычислений;
- * сводная расчетная таблица;
- * общее заключение по результатам работы.
- *

6. Пример расчета

Исходные данные для расчета:

- данные по расходу и составу сточных вод:
 - расход сточной воды $q = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$;
 - окраска жидкости – бурая, исчезает при разведении 1:15;
 - запах сточной жидкости – специфический, исчезает при разведении 1:15;
 - хлоридов – 1000 мг/дм^3 , сульфатов – 450 мг/дм^3 , свинца – 31 мг/дм^3 , бензола – $15,1 \text{ мг/дм}^3$, нитрохлорбензола – $0,51 \text{ мг/дм}^3$, цинка – $6,1 \text{ мг/дм}^3$, взвешенных веществ – 50 мг/дм^3 , БПК – $190 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$;
- данные по расходу и составу речной воды выше места выпуска в реку сточных вод:
 - расход воды в реке – $60 \text{ м}^3/\text{с}$;

- средняя скорость течения – 0,3 м/с;
- средняя глубина – 1,2 м;
- хлоридов – 100 мг/дм³, сульфатов – 45 мг/дм³, свинца – 0,01 мг/дм³, бензола – 0,01 мг/дм³, нитрохлорбензола – 0,001 мг/дм³, цинка – 0,1 мг/дм³, взвешенных веществ – 1,5 мг/дм³, БПК – 1,0 мг О₂/дм³.

Определение условий спуска сточных вод завода для химических загрязняющих веществ

Для определения возможности сброса стока в реку необходимо определить концентрацию химических примесей в речной воде у ближайшего пункта водопользования, т. е. у пункта В, и сравнить полученные данные с соответствующими значениями ПДК.

1. Определение коэффициента смешения γ :

1.1. Коэффициент турбулентной диффузии (уравнение 10):

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{0,3 \cdot 1,2}{200} = 0,0018.$$

1.2. Коэффициент α (уравнение 8):

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{0,0018}{0,4}} = 0,248,$$

где $\xi = 1,5$ при выпуске сточных вод в стрежень реки, а $\varphi = 1,0$.

1.3. Коэффициент β (уравнение 7):

$$\alpha \cdot \sqrt[3]{L} = 0,248 \cdot \sqrt[3]{4000} = 3,94.$$

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-3,94} = 0,0194,$$

где $L = 4000$ м – расстояние от места выпуска сточных вод до створа, расположенного на 1 км выше по течению реки границы пункта В.

1.4. Коэффициент γ (уравнение 6):

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \beta} = \frac{1 - 0,0194}{1 + \frac{60}{0,4} 0,0194} = 0,25.$$

2. Концентрация примесей в речной воде у ближайшего пункта водопользования (уравнение 2):

* хлоридов

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 1000 + 0,25 \cdot 60 \cdot 100}{0,4 + 0,25 \cdot 60} = 123,6 \text{ мг/дм}^3;$$

* сульфатов

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 450 + 0,25 \cdot 60 \cdot 45}{0,4 + 0,25 \cdot 60} = 55,5 \text{ мг/дм}^3;$$

* свинца

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 31 + 0,25 \cdot 60 \cdot 0,01}{0,4 + 0,25 \cdot 60} = 0,8 \text{ мг/дм}^3;$$

* бензола

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 15,1 + 0,25 \cdot 60 \cdot 0,01}{0,4 + 0,25 \cdot 60} = 0,4 \text{ мг/дм}^3;$$

* нитрохлорбензола

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 0,51 + 0,25 \cdot 60 \cdot 0,001}{0,4 + 0,25 \cdot 60} = 0,014 \text{ мг/дм}^3;$$

* цинка

$$C_{п.вод} = \frac{q \cdot C_{ст} + \gamma \cdot Q \cdot C_p}{q + \gamma \cdot Q} = \frac{0,4 \cdot 6,0 + 0,25 \cdot 60 \cdot 0,1}{0,4 + 0,25 \cdot 60} = 0,25 \text{ мг/дм}^3.$$

Сравнение полученных значений $C_{п.вод}$ со значениями $ПДК$ для соответствующих примесей

Если расчетные значения концентрации примеси в речной воде перед первым пунктом водопользования ($C_{п.вод}$) меньше $ПДК$ этой примеси, то санитарные требования по сбросу данной примеси со стоком в реку выполняются, а дополнительная очистка стока этой примеси не требуется.

Если концентрация $C_{п.вод}$ примеси больше соответствующего $ПДК$, то санитарные требования к сбросу данной примеси со сточными водами не выполняются и необходима дополни-

тельная очистка стока от этой примеси, а следовательно, должна быть определена необходимая степень очистки.

Определение необходимой степени очистки сточных вод от загрязняющих химических веществ.

Определение требуемой степени очистки проводится для тех примесей, концентрация которых в речной воде у ближайшего пункта водопользования превышает ПДК. В рассматриваемом примере такой примесью является свинец.

1. Максимально допустимая концентрация примесей в стоке (уравнение 4):

- свинца

$$C_{ст.пр} = \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_{пдк} - C_p) + C_{пдк} = \\ = \frac{0,25 \cdot 60}{0,4} (0,1 - 0,01) + 0,1 = 3,37 \text{ мг/л};$$

2. Необходимая степень очистки сточных вод (уравнение 5):

- от свинца

$$\Xi = \frac{C_{ст} - C_{ст.пр}}{C_{ст}} 100 = \frac{31 - 3,37}{31} 100 = 89 \text{ } \%;$$

Определение условий спуска и необходимой степени очистки сточных вод завода для взвешенных веществ.

Максимальное количество взвешенных веществ, которое может быть сброшено в реку, определяется по уравнению (11):

$$C_{ст.пр} = \left(\frac{\gamma \cdot Q}{q} + 1 \right) \cdot C_{доб} + C_p = \left(\frac{0,25 \cdot 60}{0,4} + 1 \right) \cdot 0,75 + 1,5 = \\ = 30,37 \text{ мг/дм}^3,$$

где $C_{доб} = 0,75$ мг/л – допустимое количество взвешенных веществ, которое можно добавить на каждый литр водоема.

Максимально допустимое содержание в стоке взвешенных веществ $C_{ст.пр} = 18$ мг/л меньше фактического содержания, равного 50 мг/л. Следовательно, сточные воды перед сбросом в реку должны подвергаться очистке от взвешенных веществ. Степень очистки должна составлять:

$$\Xi = \frac{C_{ст} - C_{ст.нр}}{C_{ст}} \cdot 100 = \frac{50 - 30,37}{50} 100 = 39 \, \%.$$

Определение условий сброса и необходимой степени очистки сточных вод завода от органических веществ, подвергаемых биохимическому окислению.

Для определения возможности сброса в реку органических веществ со сточными водами необходимо определить *БПК* речной воды у ближайшего пункта водопользования, т. е. у пункта В, и сравнить полученное значение с соответствующим *ПДК*. Если расчетное значение *БПК* речной воды больше *ПДК*, то санитарные требования к сбросу органических веществ со сточными водами не выполняются и необходима дополнительная очистка стока от органических примесей, для чего должна быть определена необходимая степень очистки.

1. Время продвижения воды водоема вместе с разбавленными в ней сточными водами от места выпуска сточных вод до пункта водопользования (уравнение 13):

$$t = \frac{L_{ср}}{V_{ср}} = \frac{4000}{0,3 \cdot 3600} \cong 4 \text{ ч, принято равным } 0,17 \text{ сут.}$$

2. Максимальное значение *БПК* сточных вод (уравнение 12):

- значение выражения

$$10^{-K_{ст} \cdot t} = 10^{-K_p \cdot t} = 10^{-0,1 \cdot 0,17} = 1,04;$$

- значение *БПК*

$$\begin{aligned} C_{ст.нр.} &= \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_{ст} \cdot t}} \left(C_{нр.д} - C_p \cdot 10^{K_p \cdot t} \right) + \frac{C_{нр.д}}{10^{-K_{ст} \cdot t}} = \\ &= \frac{0,25 \cdot 60}{0,4 \cdot 1,04} (6 - 1,6 \cdot 1,04) + \frac{6}{1,04} = 162,13 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3, \end{aligned}$$

где константы скорости окисления органических веществ в сточных водах и в речной воде приняты равными $K_{ст} = K_p = 0,1$.

Максимально допустимое *БПК* сточных вод $C_{ст.нр} = 162,13 \text{ мг/дм}^3$ меньше фактического *БПК* сточных вод, равного 190 мг/л . Следовательно, сточные воды перед сбросом в реку должны подвергаться очистке от органических загрязнений. Степень очистки должна составлять:

$$\Xi = \frac{C_{ст} - C_{ст.пр}}{C_{ст}} 100 = \frac{190 - 162,13}{190} 100 = 14,7 \, \%.$$

Определение условий спуска и необходимой степени очистки сточных вод для веществ, придающих цветность и запах

Для определения условий спуска в реку со сточными водами веществ, придающих воде цветность и запах, необходимо определить расчетное значение степени разбавления стока речной водой, которое возможно у створа ближайшего пункта водопользования, и сравнить полученное значение с экспериментально определенной степенью разбавления, при которой исчезают окраска и запах природных вод. Если расчетное значение разбавления стока меньше экспериментального, то санитарные требования по сбросу в реку веществ, придающих воде цветность и запах, не выполняются. В этом случае необходима очистка сточных вод от примесей, придающих воде цветность и запах.

Расчетная кратность разбавления сточных вод (уравнение 14):

$$n = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q} = \frac{0,14 \cdot 60 + 0,4}{0,4} = 22.$$

Расчетное значение n (разбавление сточных вод, при которых выполняются санитарные требования в отношении окраски и запаха) больше кратности разбавления сточных вод, равной 1:15, при которой исчезают окраска и запах, определенные лабораторными исследованиями. Следовательно, очистка стока от веществ, придающих воде цветность и запах, не требуется.

Общее заключение

На основании проведенных расчетов по определению условий спуска сточных вод проектируемого химического завода для данных расчетных пунктов водопользования можно сделать вывод: сточные воды перед спуском в водоем должны подвергаться очистке в отношении взвешенных веществ и органических веществ, подвергаемых биохимическому окислению. Кроме того, необходимо обезвреживание сточных вод в отношении свинца.

СВОДНАЯ РАСЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА

Показатели загрязнения	Единицы измерения	Состав и свойства речной воды		Состав и свойства сточных вод		Требуемая степень очистки стоков
		в расчетном створе	ПДК	фактическое значение	максимально допустимое значение	
Хлориды	мг/дм ³	123,6	500	1000	> 1000	-
Сульфаты	мг/дм ³	55,5	350	450	> 450	-
Свинец	мг/дм ³	0,8	0,1	31	3,37	89,0
Бензол	мг/дм ³	0,4	0,5	15,1	>15,1	-
Нитрохлор-бензол	мг/дм ³	0,014	0,05	0,51	> 0,51	-
Цинк	мг/дм ³	0,25	1,0	6,1	> 6,1	-
БПК	мгО ₂ /дм ³		6,0	190	162,13	14,7
Взвешенные вещества	мг/дм ³	-	-	50	30,37	39,0
Цветность	разбавление		-	1:15	1:22	-
Запах	разбавление		-	1:15	1:22	-

7. Контрольные вопросы

1. Какие водоемы являются загрязненными?
2. Что является критериями загрязнения воды?
3. Какой показатель является экологическим стандартом, оценивающим санитарное состояние водных объектов?
4. Какое основное требование предъявляется к качеству воды в водных объектах?
5. В каких местах устанавливаются нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при спуске в них сточных вод?
6. На каком расстоянии от пункта водопользования устанавливаются нормативные требования к качеству воды на проточных водоемах (реках)?
7. Какие производственные сточные воды запрещается сбрасывать в водные объекты?
8. Решение каких задач предусматривает контроль и управление качеством воды в водных объектах?
9. Как определяется соответствие условий сброса сточных вод в водный объект санитарным требованиям?
10. В каком случае условия сброса сточных вод в водоем соответствуют санитарным условиям?

11. Какие меры должны быть приняты при несоответствии условий сброса сточных вод в водоем санитарным требованиям?

12. За счет проведения каких мероприятий может быть снижена концентрация загрязнения в реке?

13. Содержание каких химических веществ в воде и какие свойства воды характеризует показатель, называемый биохимическим потреблением кислорода (БПК)?

14. Как определяется необходимая степень очистки сточных вод от загрязнений, содержание которых в сточных водах, выбрасываемых в водоем, не соответствует санитарным требованиям?

Данные для расчета: расход и состав воды в реке

Номер варианта	Расход воды, м ³ /с	Скорость течения, м/с	Глубина реки, м	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Свинец, мг/дм ³	Бензол, мг/дм ³	Нитро- хлорбензол, мг/дм ³	Цинк, мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	БПК, мг О ₂ /л
1	61	0,31	1,21	100	50	0,010	0,01	0,001	0,10	1,5	1,0
2	62	0,32	1,22	120	60	0,011	0,02	0,002	0,12	2,0	1,2
3	63	0,33	1,23	130	70	0,012	0,03	0,003	0,14	2,5	1,4
4	64	0,34	1,24	140	80	0,013	0,04	0,004	0,16	3,0	1,6
5	65	0,35	1,25	150	90	0,014	0,05	0,005	0,18	3,5	1,8
6	66	0,36	1,26	160	100	0,015	0,06	0,006	0,20	4,0	2,0
7	67	0,37	1,27	170	110	0,016	0,07	0,007	0,22	4,5	2,2
8	68	0,38	1,28	180	120	0,017	0,08	0,008	0,24	5,0	2,4
9	69	0,39	2,29	190	130	0,018	0,09	0,009	0,26	5,5	2,6
10	70	0,40	1,30	200	140	0,019	0,10	0,010	0,28	6,0	2,8
11	71	0,41	1,31	210	150	0,020	0,11	0,011	0,30	6,5	3,0
12	72	0,42	1,32	220	160	0,021	0,12	0,012	0,32	7,0	3,2
13	73	0,43	1,33	230	170	0,022	0,13	0,013	0,34	7,5	3,4
14	74	0,44	1,34	240	180	0,023	0,14	0,014	0,36	8,0	3,6
15	75	0,45	1,35	250	190	0,024	0,15	0,015	0,38	8,5	3,8
16	76	0,46	1,36	260	200	0,025	0,16	0,016	0,40	9,0	4,0
17	77	0,47	1,37	270	210	0,026	0,17	0,017	0,42	9,5	4,2
18	78	0,48	1,38	280	220	0,027	0,18	0,018	0,44	10,0	4,4
19	79	0,49	1,39	290	230	0,028	0,19	0,019	0,46	10,5	4,6
20	80	0,50	1,40	300	240	0,029	0,20	0,020	0,48	11,0	4,8
21	81	0,51	1,41	310	250	0,030	0,21	0,021	0,50	11,5	5,0
22	82	0,52	1,42	320	260	0,031	0,22	0,022	0,52	12,0	5,2
23	83	0,53	1,43	330	270	0,032	0,23	0,023	0,54	12,5	5,4
24	84	0,54	1,44	340	280	0,033	0,24	0,024	0,56	13,0	5,6
25	85	0,55	1,45	350	290	0,034	0,25	0,025	0,58	13,5	5,8

Приложение 2

Данные для расчета: расход и состав производственных сточных вод

Номер расчета	Расход, м ³ /с	Хлориды, мг/дм ³	Сульфаты, мг/дм ³	Свинец, мг/дм ³	Бензол, мг/дм ³	Нитрохлор- бензол, мг/дм ³	Цинк, мг/дм ³	БПК, мг О ₂ /дм ³	Взве- шенные веще- ства, мг/дм ³	Кратность разбавления, при которой исчезает за- пах	Кратность разбавления, при которой исчезает цветность
1	0,41	1000	500	35	15	0,30	6,0	190	50	10	10
2	0,42	1100	600	36	16	0,35	6,5	200	55	10	10
3	0,43	1200	700	37	17	0,40	7,0	210	60	10	10
4	0,44	1300	800	38	18	0,45	7,5	220	65	10	10
5	0,45	1400	900	39	19	0,50	8,0	230	70	10	10
6	0,46	1500	1000	40	20	0,55	8,5	240	75	11	11
7	0,47	1600	1100	41	21	0,60	9,0	250	80	11	11
8	0,48	1700	1200	42	22	0,65	9,5	260	85	11	11
9	0,49	1800	1300	43	23	0,70	10,0	270	90	11	11
10	0,50	1900	1400	44	24	0,75	10,5	280	95	11	11
11	0,51	2000	1500	45	25	0,80	11,0	290	100	12	12
12	0,52	2100	1600	46	26	0,85	11,5	300	105	12	12
13	0,53	2200	1700	47	27	0,90	12,0	310	110	12	12
14	0,54	2300	1800	48	28	0,95	12,5	320	115	12	12
15	0,55	2400	1900	49	29	1,00	13,0	330	120	12	12
16	0,56	2500	2000	50	30	1,05	13,5	340	125	13	12
17	0,57	2600	2100	51	31	1,10	14,0	350	130	13	13
18	0,58	2700	2200	52	32	1,15	14,5	360	135	13	13
19	0,59	2800	2300	53	33	1,20	15,0	370	140	13	13
20	0,60	2900	2400	54	34	1,25	15,5	380	145	13	13
21	0,61	3000	2500	55	35	1,30	16,0	390	150	14	13
22	0,62	3100	2600	56	36	1,35	16,5	400	155	14	14
23	0,63	3200	2700	57	37	1,40	17,0	410	160	14	14
24	0,64	3300	2800	58	38	1,45	17,5	420	165	14	14
25	0,65	3400	2900	59	39	1,50	18,0	430	170	14	14

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ
в воде водных объектов хозяйственно-питьевого
и культурно-бытового назначения**

Наименование загрязнения	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимая концентрация, мг/дм ³
Хлориды		500
Сульфаты		350
Свинец (Pb ²⁺)	Санитарно-токсикологический	0,1
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5
Нитрохлорбензол	Санитарно-токсикологический	0,05
Цинк	Общесанитарный	1,0
БПК		6,0

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСЧЕТ) ДОПУСТИМОСТИ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ГОРОДСКУЮ КАНАЛИЗАЦИЮ

1. Цель и содержание работы

Работа предназначена для ознакомления студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной со сбросом сточных вод в городскую канализацию. Сточные воды промышленных предприятий после их полной или частичной очистки содержат остаточные количества нерастворенных и растворенных загрязнений. После сброса в городскую канализацию производственные сточные воды в смеси с бытовыми стоками поступают на городские очистные сооружения. Значительное загрязнение производственных сточных вод может привести к нарушению работы городских очистных сооружений, а, следовательно, к загрязнению водоема, в который сбрасывается смесь очищенных городских и производственных стоков.

Для обеспечения условий эффективной работы городских очистных сооружений и сохранения качества воды поверхностных водоемов разработаны расчетные методы определения соответствия условий сброса сточных вод в городскую канализацию санитарным нормам.

Студенты по нижеприведенной методике определяют, до какой степени следует очищать, обезвреживать или обеззараживать производственные сточные воды, чтобы после их сброса в городскую кана-

лизацию, смесь городских и производственных сточных вод не нарушала эффективной работы городских очистных сооружений.

2. Теоретические положения

При расположении промышленных предприятий в городах или вблизи них, а также при решении о совместной очистке сточных вод группы промышленных предприятий и близлежащего жилого массива загрязненные производственные сточные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Очистка смеси бытовых и производственных сточных вод в этом случае осуществляется на единых очистных сооружениях. В связи с тем, что в сточных водах промышленных предприятий могут содержаться специфические загрязнения, их спуск в городскую водоотводящую сеть ограничен комплексом требований, установленных «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов» (М., АКХ, 2004).

Производственные сточные воды, подлежащие сбросу в городскую канализацию и очистке совместно с бытовыми сточными водами населенного пункта, **не должны:**

- * превышать расходы сточных вод и содержание взвешенных, всплывающих веществ, установленные для конкретного промышленного предприятия;
- * нарушать работу сетей и сооружений;
- * содержать вещества, которые способны засорять трубы канализационной сети или отлагаться на стенках труб;
- * оказывать разрушающее действие на материал труб и элементы сооружений канализации;
- * содержать горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в канализационных сетях и сооружениях;
- * содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод или сбросу их в водоем (с учетом эффективности очистки);
- * иметь температуру выше 40 °С;
- * иметь рН ниже 6,5 и выше 9,0;
- * содержать вещества, для которых не установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в воде водоемов соответствующего вида водопользования;
- * содержать опасные бактериальные загрязнения;
- * иметь ХПК, превышающую БПК_{полн} более чем в 1,5 раза.

Запрещается спускать в городскую канализацию концентрированные маточные и кубовые растворы.

Производственные сточные воды, не удовлетворяющие указанным условиям, а также содержащие вещества, не удаляемые на городских очистных сооружениях, и вещества, для которых в настоящее время отсутствуют данные об эффективности их удаления, должны подвергаться на промышленных предприятиях очистке до концентрации, которая с учетом разбавления в городской канализации и воде водоема обеспечит в пунктах водопользования качество воды, соответствующее требованиям «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами».

Органы ЖКХ совместно с комитетом по охране окружающей среды и органами санитарно-эпидемиологической службы должны требовать от всех промышленных предприятий максимального сокращения сброса производственных сточных вод в городскую канализацию за счет применения рациональных технологических процессов, частичного или полного водооборота, повторного использования сточных вод, извлечения и использования в них ценных веществ.

3. Методика определения соответствия условий спуска сточных вод в городскую канализацию

Методика имеет целью обеспечение устойчивых качественных показателей работы городских очистных сооружений, предупреждение и устранение загрязнения городскими сточными водами водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, культурно-бытовых нужд населения и рыбохозяйственных целей. Она предназначена для использования органами жилищно-коммунального хозяйства, которые по согласованию с комитетом по охране окружающей среды и органами санитарно-эпидемиологической службы дают разрешение на сброс промышленных стоков в городскую канализацию.

Допустимая концентрация загрязняющих веществ в очищенном стоке после городских очистных сооружений, сбрасываемом в водоем, определяется условием, что концентрации загрязнений в речной воде не должны превышать их ПДК в створе, расположенном на водотоках (реках) в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.), а на непроточных водоемах и водохрани-

лищах – в одном километре в обе стороны от пункта водопользования. Решение этой задачи осуществляется по уравнению

$$C_{oc} = (n-1)(C_{ндк} - C_v) + C_{ндк}, \quad (1)$$

где $C_{ндк}$ – ПДК загрязняющего вещества в воде водоема, в который осуществляется сброс городских очищенных сточных вод, мг/дм³; C_v – фактическая концентрация того же вещества в воде водного объекта до сброса в него городских очищенных сточных вод, мг/дм³; n – кратность разбавления очищенных сточных вод в расчетном створе водного объекта (реки), расположенном в одном километре выше ближайшего по течению пункта хозяйственно-питьевого водопользования.

Кратность разбавления очищенных сточных вод речной водой n в расчетном створе определяется по формуле:

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_p + Q_{oc}}{Q_{oc}}, \quad (2)$$

где Q_p – расход воды в реке, м³/с; Q_{oc} – расход городских очищенных сточных вод, сбрасываемых в реку, м³/с; γ – коэффициент смешения сточных вод с водой реки в расчетном створе.

Величина Q_{oc} определяется по уравнению:

$$Q_{oc} = Q_{псв} + Q_{гсв}, \quad (3)$$

где $Q_{псв}$ – расход производственных сточных вод промышленного предприятия, сбрасываемых в городскую канализацию, м³/с; $Q_{гсв}$ – расход городских (бытовых) сточных вод, поступающих на городские очистные сооружения, м³/с.

Величина коэффициента обеспеченности смешения γ для проточных (незарегулированных) водоемов определяется по методу Фролова-Родзиллера

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_p}{Q_{oc}} \beta}. \quad (4)$$

Коэффициент β определяется по уравнению:

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (5)$$

где L – расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до расчетного створа водного объекта расположенного в одном километре выше ближайшего по течению пункта хозяйственно-питьевого и куль-

турно-бытового водопользования, м; α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, определяется по формуле

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{oc}}}, \quad (6)$$

где ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод в водоем; при выпуске у берега он равен 1, при выпуске в стрежень реки он равен 1,5; φ – коэффициент извилистости реки, он равен отношению расстояния по фарватеру от места выпуска сточных вод до створа ближайшего пункта водопользования ($L\varphi$) к расстоянию до того же пункта по прямой (L):

$$\varphi = \frac{L\varphi}{L}. \quad (7)$$

E – коэффициент турбулентной диффузии, который для равнинных рек определяется по формуле

$$E = \frac{v_{ср} \cdot H_{ср}}{200}, \quad (8)$$

где $v_{ср}$ – средняя скорость течения на участке между выпуском сточных вод и створом пункта водопользования, м/с; $H_{ср}$ – средняя глубина водоема на том же участке, м.

Допустимая концентрация загрязнений в смеси бытовых и промышленных сточных вод, поступающей на городские очистные сооружения

$$C_{см} = \frac{100 \cdot C_{oc}}{100 - A}, \quad (9)$$

где A – эффективность удаления загрязнения на городских очистных сооружениях, %.

Величина расчетного показателя загрязнения смеси бытовых и производственных сточных вод $C_{см}$, определенная расчетом, приобретает значение контрольной величины на период эксплуатации городских очистных сооружений и кладется в основу лимита – предельно допустимого для данного предприятия сброса в городскую канализацию загрязнения.

Допустимая концентрация загрязнений в промышленных сточных водах, сбрасываемых в городскую канализацию:

$$C_{д.псв} = \frac{C_{см} \cdot (Q_{гсв} + Q_{псв}) - C_{гсв} \cdot Q_{гсв}}{Q_{псв}}, \quad (10)$$

где $C_{гсв}$ – содержание загрязнений в городских сточных водах, мг/дм³.

Если полученное значение допустимого содержания загрязнений $C_{д.псв}$ в производственном стоке больше фактического значения $C_{псв}$, т. е. выполняется условие $C_{д.псв} > C_{псв}$, то условия сброса производственных сточных вод в городскую канализацию соответствуют санитарным требованиям. Если $C_{д.псв} < C_{псв}$, то санитарные требования к сбросу сточных вод в канализацию не выполняются и необходима их предварительная очистка.

Эффективность очистки производственных сточных вод перед сбросом в канализацию определяется по формуле

$$\Xi = \frac{C_{псв} - C_{д.псв}}{C_{псв}} \cdot 100. \quad (11)$$

4. Условия практической работы

В городе К проектируется химический завод. Спуск сточных вод в количестве с этого предприятия намечается в городскую канализацию. В эту же канализацию поступают городские сточные воды города К. Смесь городских и промышленных сточных вод поступает на городские очистные сооружения, где подвергается биологической очистке. Очищенный сток сбрасывается в реку Н ниже границы города. При санитарном обследовании водоема обнаружено, что ниже намеченного спуска сточных вод на расстоянии 5 км находится населенный пункт В, который использует воду реки Н для питьевых целей и культурно-бытовых целей.

Данные по составу сточных вод химического завода приведены в приложении 1 для различных вариантов расчета.

Данные по составу воды реки Н выше выпуска сточных вод приведены в приложении 2 для различных вариантов расчета.

Примечания:

1. Выпуск очищенных сточных вод проектируется в стрежень реки, поэтому значение коэффициента ξ в уравнении (8) для всех вариантов расчета принимается равным $\xi = 1,5$.

2. Значение коэффициента извилистости реки φ в уравнении (8) для всех вариантов расчета принимается равным $\varphi = 1,0$;

5. Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- * наименование и вариант работы;
- * исходные данные для расчетов;
- * методика расчетов с результатами вычислений;
- * сводная расчетная таблица;
- * общее заключение по результатам работы.

6. Пример расчета

Исходные данные для расчета:

- расход сточных вод завода (производственных сточных вод)
 $Q_{псв} = 0,4 \text{ м}^3/\text{с};$
- расход городских сточных вод $Q_{гсв} = 6 \text{ м}^3/\text{с};$
- расход речной воды в реке $Q_p = 60 \text{ м}^3/\text{с};$
- средняя скорость течения $U_{ср} = 0,3 \text{ м/с};$
- средняя глубина реки $H_{ср} = 1,2 \text{ м};$
- сточные воды завода содержат анилин:
- содержание анилина в сточной воде завода $C_{псв} = 50 \text{ мг/дм}^3;$
- содержание анилина в речной воде выше места выпуска очищенных сточных вод $C_v = 0,01 \text{ мг/дм}^3;$
- содержание анилина в городских сточных водах $C_{гсв} = 3 \text{ мг/дм}^3;$
- ПДК анилина в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения $C_{пдк} = 0,1 \text{ мг/дм}^3;$
- эффективность очистки сточных вод от анилина на городских очистных сооружениях $A = 90 \text{ \%}.$
-

Определение допустимой концентрации загрязняющих веществ в очищенном стоке после городских очистных сооружений, сбрасываемом в водоем.

1. Определение коэффициента смешения γ :

1.1. Коэффициент турбулентной диффузии (уравнение 8)

$$E = \frac{U_{ср} \cdot H_{ср}}{200} = \frac{0,3 \cdot 1,2}{200} = 0,0018$$

1.2. Расход очищенных сточных вод, сбрасываемых в реку городскими очистными сооружениями (уравнение 3)

$$Q_{ос} = Q_{псв} + Q_{гсв} = 0,4 + 6 = 6,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

1.3. Коэффициент α (уравнение 6)

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{oc}}} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0018}{6,4}} = 0,098.$$

где $\xi = 1,5$ при выпуске сточных вод в стрежень реки, а $\varphi = 1,0$.

1.4. Коэффициент β (уравнение 5)

Вычисляется значение выражения в числителе уравнения

$$\alpha \cdot \sqrt[3]{L} = 0,098 \cdot \sqrt[3]{4000} = 1,56$$

Вычисляется значение коэффициента β

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = e^{-1,56} = 0,312$$

где $L = 4000$ м – расстояние от места выпуска сточных вод до створа, расположенного на 1 км выше по течению реки границы пункта В.

1.5. Коэффициент γ (уравнение 4)

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q_p}{Q_{oc}} \beta} = \frac{1 - 0,312}{1 + \frac{60}{6,4} \cdot 0,312} = 0,173$$

Определение кратности разбавления очищенных сточных вод речной водой (уравнение 2)

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_p + Q_{oc}}{Q_{oc}} = \frac{0,173 \cdot 60 + 6,4}{6,4} = 2,62$$

Допустимая концентрация примеси в очищенном стоке, сбрасываемом в реку после очистных сооружений (уравнение 1):

$$C_{oc} = (n - 1)(C_{ндк} - C_v) + C_{ндк} = (2,62 - 1)(0,1 - 0,01) + 0,1 = 0,25 \text{ мг/дм}^3$$

Допустимая концентрация загрязнений в смеси бытовых и промышленных сточных вод, поступающей на городские очистные сооружения (уравнение 9):

$$C_{см} = \frac{100 \cdot C_{oc}}{100 - A} = \frac{100 \cdot 0,25}{100 - 90} = 2,5 \text{ мг/дм}^3$$

Допустимая концентрация загрязнений в промышленных сточных водах, сбрасываемых в городскую канализацию (уравнение 10):

$$C_{д.нсв} = \frac{C_{см} \cdot (Q_{ггс} + Q_{ппс}) - C_{гсв} \cdot Q_{ггс}}{Q_{ппс}} = \frac{2,5(6,0 + 0,4)}{0,4} = 32,5 \text{ мг/дм}^3.$$

Сравнение полученного значения $C_{д.псв}$ с фактическим значением содержания анилина в производственных сточных водах $C_{псв}$.

Фактическое содержание анилина в производственных сточных водах завода составляет $C_{псв} = 50$ мг/дм³. Расчетное значение допустимого содержания анилина составляет $C_{д.псв} = 32,5$ мг/дм³, т.е. меньше фактического значения. Следовательно, сброс сточных вод в городскую канализацию с таким содержанием анилина недопустим, так как может нарушить эффективную работу городских очистных сооружений и привести к загрязнению речной воды выше допустимых норм. Поэтому перед сбросом в городскую канализацию производственные сточные воды должны быть подвергнуты дополнительной очистке от анилина. Эффективность очистки должна составлять

$$\mathcal{E} = \frac{C_{псв} - C_{д.псв}}{C_{псв}} \cdot 100 = \frac{50 - 32,5}{50} \cdot 100 = 35 \, \%.$$

7. Результаты расчетов допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в городскую канализацию

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значение
1. Загрязнитель			Анилин
2. ПДК анилина	$C_{пдк}$	мг/дм ³	0,1
3. Содержание анилина:		мг/дм ³	
• в речной воде	$C_{св}$	мг/дм ³	0,01
• в городских сточных водах	$C_{гсв}$	мг/дм ³	3,0
• в производственном стоке	$C_{псв}$	мг/дм ³	50
• в очищенном стоке, сбрасываемом в реку	$C_{ос}$	мг/дм ³	0,25
• в смеси городских и производственных сточных вод, направляемой на городские очистные сооружения	$C_{см}$	мг/дм ³	2,5
4. Допустимое содержание анилина в производственном стоке	$C_{д.псв}$	мг/дм ³	32,5
5. Требуемая степень очистки производственного стока от анилина	\mathcal{E}	%	35

Общее заключение

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод: сточные воды перед сбросом в городскую канализацию должны подвергаться очистке.

8. Контрольные вопросы

1. В каких случаях может осуществляться сброс производственных сточных вод в городскую канализацию?

2. К каким последствиям может привести значительное загрязнение производственных сточных вод, сбрасываемых в городскую канализацию?

3. Какие требования, предъявляются к производственным сточным водам, подлежащим сбросу в городскую канализацию?

4. Какие меры применяются к производственным сточным водам, подлежащим сбросу в канализацию, в случае, когда не выполняются предъявляемые к ним требования?

5. До какой концентрации должна осуществляться очистка производственных сточных вод, подлежащих сбросу в городскую канализацию?

6. Как определяется соответствие сброса производственных сточных вод в городскую канализацию?

7. В каком месте по течению реки определяется соответствие условий сброса сточных вод предприятия санитарным требованиям?

8. Какое требование должно выполняться при соответствии условий сброса сточных вод в реку санитарным нормам?

9. Как определяются необходимая степень очистки сточных вод от загрязнений, содержание которых в сточных водах, сбрасываемых в канализацию, не соответствует санитарным требованиям?

ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ
«Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод
промышленного предприятия в городскую канализацию»

Номер варианта	Расход, м ³ /с			Скорость воды в реке U_{cp} , м/с	Глубина реки H_{cp} , м
	городских сточных вод $Q_{гсв}$	производст- венных стоков $Q_{псв}$	речной воды Q_p		
1	5,0	0,40	60	0,30	1,20
2	5,2	0,41	64	0,31	1,22
3	5,4	0,42	68	0,32	1,24
4	5,6	0,43	72	0,33	1,26
5	5,8	0,44	76	0,34	1,28
6	6,0	0,45	80	0,35	1,30
7	6,2	0,46	84	0,36	1,32
8	6,4	0,47	88	0,37	1,34
9	6,6	0,48	92	0,38	1,36
10	6,8	0,49	96	0,39	1,38
11	7,0	0,50	100	0,40	1,40
12	7,2	0,51	104	0,41	1,42
13	7,4	0,52	108	0,42	1,44
14	7,6	0,53	112	0,43	1,46
15	7,8	0,54	116	0,44	1,48
16	8,0	0,55	120	0,45	1,50
17	8,2	0,56	124	0,46	1,52
18	8,4	0,57	128	0,47	1,54
19	8,6	0,58	132	0,48	1,56
20	8,8	0,59	136	0,49	1,58
21	9,0	0,60	140	0,50	1,60
22	9,2	0,61	144	0,51	1,62
23	9,4	0,62	148	0,52	1,64
24	9,6	0,63	152	0,53	1,66
25	9,8	0,64	156	0,54	1,68

ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

«Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод
промышленного предприятия в городскую канализацию»

Вариант расчета	Загрязняющее вещество	ПДК, мг/дм ³	Концентрация, мг/дм ³			Эффек- тивность очистки A , %
			в стоке пред- приятия $C_{псв}$, мг/дм ³	в городском стоке $C_{гсв}$, мг/дм ³	в речной воде $C_{в}$, мг/дм ³	
1	Анилин	0,1	5	0,2	0,05	90
2	Метанол	3,0	40	0,5	0,1	90
3	Формальдегид	0,05	10	0,01	0,01	80
4	Капролактam	1,0	20	1,0	0,01	90
5	Бутиловый спирт	1,0	50	5,0	0,01	90
6	Бутилацетат	0,1	10	1,0	0,01	80
7	Кадмий	0,01	6	0,003	0,01	60
8	Никель	0,1	10	0,04	0,02	50
9	Свинец	0,1	5	0,03	0,03	50
10	Цинк	1,0	15	0,4	0,3	70
11	Стирол	0,1	8	0,02	0,01	90
12	Фенол	0,01	2	0,002	0,001	90
13	Медь	1,0	14	0,5	0,2	80
14	Хром (Cr^{6+})	0,1	4	0,05	0,03	80
15	Железо (Fe^{3+})	0,5	10	0,4	0,3	80
16	Анилин	0,1	5	0,2	0,01	90
17	Метанол	3,0	40	0,5	0,1	90
18	Формальдегид	0,05	10	0,1	0,01	80
19	Капролактam	1,0	20	0,2	0,5	90
20	Бутиловый спирт	1,0	50	0,3	0,01	90
21	Бутилацетат	0,1	10	0,03	0,01	80
22	Кадмий	0,01	6	0,003	0,01	60
23	Никель	0,1	10	0,04	0,02	50
24	Свинец	0,1	5	0,03	0,03	50
25	Цинк	1,0	15	0,4	0,3	70

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

РАСЧЕТ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ВЫБРОСЫ (СБРОСЫ) ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ И ВОДОЕМЫ

1. Цель и содержание работы

Работа предназначена для знакомства студентов с порядком определения платы и ее размеров за загрязнение окружающей при-

родной среды организациями, предприятиями, юридическими лицами, осуществляющими вредные выбросы в атмосферу и сбросы в водоемы.

Настоящие методические указания составлены на основании Закона Российской Федерации «Об охране окружающей среды».

Студенты по нижеприведенной методике определяют размеры платежей, осуществляемых промышленным предприятием за выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы в водоемы.

2. Общие положения

Плата за загрязнение представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, а также за размещение отходов на территории Российской Федерации. Она возмещает затраты на компенсацию вредного воздействия выбросов и сбросов загрязняющих веществ на окружающую природную среду, затраты на проектирование и строительство природоохранных объектов, а также стимулирует снижение или поддержание выбросов и сбросов в пределах нормативов и утилизацию отходов.

Плата за загрязнение окружающей природной среды (плата за загрязнение) взимается с предприятий, учреждений, организаций и других юридических лиц независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, на которой они основаны, включая совместные предприятия с участием юридических лиц и граждан, которым предоставлено право ведения производственно-хозяйственной деятельности на территории Российской Федерации (природопользователей).

Плата за загрязнение взимается с природопользователей, осуществляющих следующие виды воздействия на окружающую природную среду:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, а также любое подземное размещение загрязняющих веществ;
- размещение отходов.

Размер платежей за выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс в водоемы определяется, как сумма платежей за загрязнение:

- в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы (выбросов, сбросов, размещения отходов);

- в пределах установленных лимитов (выбросов, сбросов, размещения отходов);

- за сверхлимитное загрязнение окружающей природной среды.

Установлены следующие источники платежей за загрязнение окружающей природной среды:

- платежи в пределах допустимых нормативов выбросов, сбросов загрязняющих веществ осуществляются за счет себестоимости продукции (работ и услуг);

- платежи за превышение допустимых нормативов выбросов, сбросов загрязняющих веществ, размещение отходов (лимиты или временно согласованные нормативы выбросов, сбросов, размещения отходов, а также превышение лимитов или временно согласованных нормативов выбросов, сбросов, размещения отходов) осуществляются за счет прибыли, остающейся в распоряжении природопользователей.

Плановый годовой размер платежей за загрязнение (с разбивкой по кварталам) определяется природопользователем, утверждается руководителем предприятия и главным бухгалтером и согласовывается с территориальным органом Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ в установленные им сроки.

3. Методика расчета платы за выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в атмосферу и сбросы в водоем

Размер платежей за выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс в водоемы определяется по формуле

$$П = П_n + П_l + П_{сл}, \quad (1)$$

где $П_n$ – плата за выбросы в атмосферу (сброс в водоем) загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов (р.); $П_l$ – плата за выбросы в атмосферу (сброс в водоем) загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (р.); $П_{сл}$ – плата за сверхлимитные выбросы в атмосферу (сброс в водоем) загрязняющих веществ (р.).

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов, определяется по формуле

$$П_n = \sum_{i=1}^n C_{н_i} \cdot M_i \quad \text{при } M_i \leq M_{н_i}, \quad (2)$$

где i – вид загрязняющего вещества $i = 1, 2 \dots n$; $C_{н_i}$ – дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов, (р.); M_i – фактический выброс (сброс) i -го загрязняющего вещества (т); $M_{н_i}$ – предельно допустимый выброс (сброс) i -го загрязняющего вещества (т).

Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (сброс в водоем) в пределах установленных лимитов определяется по формуле

$$П_l = \sum_{i=1}^n C_{л_i} \cdot (M_i - M_{н_i}) \quad \text{при } M_{н_i} < M_i \leq (M_{н_i} + M_{л_i}), \quad (3)$$

где $C_{л_i}$ – дифференцированная ставка платы за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (р.); $M_{л_i}$ – выброс i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (т).

Плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ в атмосферу (сброс в водоем) определяется по формуле

$$П_{сл} = 5 \cdot \sum_{i=1}^n C_{л_i} \cdot (M_i - M_{н_i} - M_{л_i}) \quad \text{при } M_i > (M_{н_i} + M_{л_i}). \quad (4)$$

3.1. Определение дифференцированных ставок за загрязнение окружающей природной среды

Дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов выбросов равна

$$C_{н_i} = Нб_{н_i} \cdot K_{э} \quad (5)$$

Дифференцированная ставка платы за выброс 1 т i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита равна

$$C_{л_i} = Нб_{л_i} \cdot K_{э}, \quad (6)$$

где $Нб_{н_i}$ – базовый норматив платы за выброс в атмосферу (сброс в

водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов (р.); $H_{бл}$ – базовый норматив платы за выброс в атмосферу (сброс в водоем) 1 т загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (р.); $K_{э}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе (поверхностного водного объекта).

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости ($K_{э}$) состояния атмосферного воздуха, почвы и водных объектов на территории РФ вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого выбросами (сбросами, размещением отходов) загрязняющих веществ на данной территории.

$K_{э}$ рассчитаны по данным оценки лаборатории мониторинга природной среды и климата Госкомгидромета РФ. В их основу положен показатель степени загрязнения и деградации природной среды на территории экономических районов РФ в результате присущих этим районам выбросов в атмосферу и образующихся и размещаемых на их территории отходов.

$K_{э}$ состояния водных объектов по бассейнам основных рек РФ рассчитаны на основании данных о количестве сброшенных загрязненных сточных вод по бассейнам основных рек в разрезе республик, краев, областей и объеме стока по бассейнам основных рек в разрезе экономических районов РФ.

Значения $K_{э}$ для различных регионов РФ приведены в табл. 1. $K_{э}$ атмосферного воздуха, водных объектов и почвы могут увеличиваться решением органов исполнительной власти республик в составе РФ, краев и областей, г. Москвы и Санкт-Петербурга, автономных образований:

- для природопользователей, расположенных в зонах экологического бедствия, районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним, на территории национальных парков, особо охраняемых и заповедных территориях, эколого-курортных регионах, а также на территориях, по которым заключены международные конвенции, – до 2 раз;
- для природопользователей, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу городов и крупных промышленных центров, – на 20 %.

Таблица 1

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы территорий экономических районов Российской Федерации

Экономический район Российской Федерации	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости ($K_{\text{э}}$)	
	атмосферного воздуха	почвы
Северный	1,4	1,4
Северно-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северно-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,2
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1

Значения $K_{\text{э}}$ для города Кемерово приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, водных объектов и почв г. Кемерово

Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости ($K_{\text{э}}$)	Значение
атмосферного воздуха	1,44
водных объектов	1,22
почвы	1,20

3.2. Определение базовых нормативов платы за загрязнение окружающей среды

При расчете платежей за выбросы, сбросы загрязняющих веществ устанавливаются два вида базовых нормативов платы:

- за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, другие виды

вредного воздействия в пределах допустимых нормативов;

- за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, другие виды вредного воздействия в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов).

Базовые нормативы платы за выбросы в атмосферу и сбросы в водоемы конкретных загрязняющих веществ определяются как произведение удельного экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ на показатели относительной опасности конкретного загрязняющего вредного вещества для окружающей природой среды и здоровья населения и на коэффициенты индексации платы:

- для выбросов (сбросов) в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы:

$$Нбн_i = Эу \cdot A_i \cdot Ки_n, \quad (7)$$

- для выбросов (сбросов) в пределах установленных лимитов

$$Нбл_i = Эу \cdot A_i \cdot Ки_л, \quad (8)$$

где $Эу$ – удельный экономический ущерб от выброса в атмосферу (сброса в водоем) 1 т i -го загрязняющего вещества (р.); A_i – показатели относительной опасности вещества, выбрасываемого в атмосферу (сбрасываемого в водоем); $Ки_n$ – коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы; $Ки_л$ – коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах установленных лимитов.

Постановлением Правительства РФ от 17.04.2024 № 492 установлено, что в 2025 году применяются ставки платы, установленные на 2018 год, с использованием дополнительно к иным коэффициентам коэффициента 1,32, а также ставки по утвержденному перечню. В отношении территорий и объектов, находящихся под особой охраной в соответствии с федеральными законами, указанные ставки по утвержденному перечню применяются с использованием дополнительного коэффициента 2.

Удельный экономический ущерб составляет:

- от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в пределах допустимого норматива выброса и лимита (временно согласованного выброса) $Эу = 3,3$ р./усл. т;

- от сбросов загрязняющих веществ в водные объекты в пределах допустимого норматива сброса и лимита (временно согласованного сброса) $\mathcal{E}_y = 443,5$ р./усл. т.

Показатели относительной опасности веществ (A_i) рассчитываются на основе нормативных документов «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест», «Санитарные правила и охраны поверхностных вод от загрязнения».

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}, \quad (9)$$

где ПДК_i для атмосферного воздуха принимается предельно допустимая концентрации среднесуточная (ПДК_{cc}); ПДК_i для водных объектов принимается предельно допустимая концентрация в воде рыбохозяйственных водоемов (ПДК_{px}); i – загрязняющее вещество.

Коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах допустимых нормативов Ku_H устанавливается в зависимости от уровня изменения цен на природоохранное строительство и по другим направлениям природоохранной деятельности.

Коэффициент индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах установленных лимитов устанавливается в пятикратном размере по отношению к коэффициенту индексации платы для выбросов (сбросов) в пределах допустимых нормативов, т. е. $Ku_L = 5Ku_H$.

Определение массы загрязнений, поступающих в окружающую среду

Масса i -го вещества выбрасываемого в атмосферу при непрерывном пылегазовом выбросе в год, т:

$$M_i = \frac{M \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (10)$$

где M – масса выброса i -го вещества в атмосферу в секунду, г.

Предельно допустимый выброс в атмосферу i -го загрязняющего вещества (т/г) равен

$$M_{ni} = \frac{\text{ПДВ}_i \cdot 3600 \cdot 365 \cdot 24}{10^6}, \quad (11)$$

где $ПДВ_i$ – предельно допустимый выброс i -го вещества из стационарного источника, г/с.

Масса i -го вещества, сбрасываемого в водоем при непрерывном сбросе стока в год, т:

$$M_i = \frac{qC_{стi} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (12)$$

где q – объем сброса стока в водоем, м³/с; $C_{стi}$ – концентрация i -вещества в стоке, сбрасываемом в водоем, мг/л.

Предельно допустимый сброс в водоем i -го загрязняющего вещества (т/г) равен

$$M_{нi} = \frac{qC_{ст.прi} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6}, \quad (13)$$

где $C_{ст.прi}$ – максимально допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в стоке, сбрасываемом в водоем, мг/дм³.

4. Исходные данные и порядок расчетов

4.1. Общая ситуация

В городе К проектируется промышленное предприятие. В соответствии с принятой технологией на предприятии предусмотрен сброс вредных веществ со сточными водами в водоем (реку) ниже границы города и выброс вредных веществ в атмосферу через трубу. Необходимо определить размеры платежей за выбросы вредных веществ в атмосферу и сбросы в реку, которые должны осуществлять предприятие, и дать рекомендации по охране воздушного бассейна и охране и рациональному использованию водных ресурсов.

4.2. Исходные данные для расчетов

Наименование загрязняющего вещества в выбросе промышленного предприятия в атмосферу, его масса (г), предельно допустимый выброс (г/с) и его предельно допустимая концентрация принимаются из данных приложения 1.

Загрязняющими веществами, сбрасываемыми в водоем со сточными водами промышленного предприятия, по которым осуществляется начисление платежей, являются: свинец, цинк, бензол, нитрохлорбензол. Расход сточных вод (м³/с), концентрация в них загрязняющих веществ (мг/л), максимально допустимая концентрация загрязняющих веществ в сточных водах (мг/л) и предельно допустимая

концентрация этих веществ в воде водных объектов принимаются из приложения 2.

Выброс (сброс) i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита ($M_{л_i}$) принимается в процентах (a) от значения предельно допустимого выброса (сброса).

$$M_{л_i} = \frac{a \cdot M_{н_i}}{100}. \quad (14)$$

Значение коэффициента a принимается равным 30–50 %.

Значения $K_э$ приведены в табл. 2.

4.3. Порядок расчета

Расчет выброса одного загрязняющего вещества в атмосферу и платежей за этот выброс

1. Определяется масса вещества, выбрасываемого в атмосферу в год (M_i , т) (10). Наименование вещества и масса его выброса (M , г/с) принимается из приложения 1.

2. Определяется предельно допустимый выброс в атмосферу загрязняющего вещества в год ($M_{н_i}$, т) по уравнению (11). Предельно допустимый выброс в атмосферу этого вещества ($ПДВ$, г/с) принимается приложения 1.

3. Определяется временно согласованный выброс в атмосферу загрязняющего вещества (14). Значение коэффициента a в уравнении принимается равным 50 %.

4. Определяется показатель относительной опасности загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу (A_i), по уравнению (9). Значение $ПДК$ этого вещества приведены в приложении 1.

5. Определяется значение базового норматива платы за выброс загрязняющего вещества в атмосферу в размерах, не превышающих допустимые нормативы ($Нб_{н_i}$, р./т) (7). Значение коэффициента индексации платы принимается соответствующим утвержденному на данный момент и задается преподавателем.

6. Определяется значение базового норматива платы за выброс загрязняющего вещества в атмосферу в пределах установленных лимитов ($Нб_{л_i}$, р./т) (8).

7. Определяется дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу загрязняющего вещества в пределах допустимых нормати-

вов (C_{n_i} , р./т) (5). Значение коэффициента экологической ситуации и экологической значимости атмосферы $K_{\text{э}}$ принимается по табл. 2.

8. Определяется дифференцированная ставка платы за выброс в атмосферу загрязняющего вещества в пределах установленных лимитов ($Сл_i$, р./т) (6).

9. Определяются платежи за выброс загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы выбросов ($П_n$, р./год) (2). Сначала проверяется условие $M_i \leq M_{n_i}$. Если это условие выполняется, то весь выброс в атмосферу не превышает предельно допустимых нормативов, а выброс в пределах установленных лимитов и сверхлимитный выброс равны нулю, т. е. $Пл = 0$ р./год и $Псл = 0$ р./год. Если $M_i > M_{n_i}$, то часть выброса находится в пределах допустимых нормативов, а часть превышает их. В этом случае значение M_i в (2) принимается равным $M_i = M_{n_i}$.

10. Определяются платежи за выброс загрязняющего вещества в атмосферу в пределах установленных лимитов (3). Сначала проверяется условие $(M_i - M_{n_i}) \leq Мл_i$. Если это условие выполняется, то выброс в атмосферу, превышающий предельно допустимые нормативы, является выбросом в пределах установленных лимитов, а сверхлимитный выброс равен нулю, т. е. $Псл = 0$ р./год. Если $(M_i - M_{n_i}) > Мл_i$, то часть общего выброса находится в пределах допустимых нормативов, часть – в пределах установленных лимитов, а часть выброса является сверхлимитной. В этом случае значение $(M_i - M_{n_i})$ в (3) принимается равным $(M_i - M_{n_i}) = Мл_i$.

11. Определяются платежи за сверхлимитный выброс загрязняющего вещества в атмосферу (4). Эти платежи определяются при выполнении условия $M_i > (M_{n_i} + Мл_i)$.

12. Определяются суммарные платежи за выброс вредного вещества в атмосферу (1).

Расчет сбросов нескольких загрязняющих веществ в водоем со сточными водами и платежей за эти сбросы

1. Определяются массы загрязняющих веществ в год (M_i , т), сбрасываемых в водоем со сточной водой, по которым начисляются платежи (12). Наименование веществ, расход сточной воды (q , м³/с)

и концентрация в ней загрязняющих веществ ($C_{стi}$, мг/л) приведены в приложении 2.

2. Определяются предельно допустимые сбросы в водоем загрязняющих веществ ($M_{нi}$, т/г) (13). Максимально допустимые концентрации загрязняющих веществ в стоке ($C_{ст.прi}$, мг/л) приведены в приложении 2.

3. Определяются временно согласованные сбросы в водоем загрязняющих веществ (14). Значение коэффициента a в уравнении принимается равным 50 %.

4. Определяются показатели относительной опасности загрязняющих веществ, сбрасываемых в водоем (A_i) (9). Значения ПДК этих веществ в воде водоема приведены в приложении 3.

5. Определяются значения базового норматива платы за сбросы загрязняющих веществ в водоем в размерах, не превышающих допустимые нормативы ($Hбнi$, р./т) (7). Значение коэффициента индексации платы принимается соответствующим утвержденному на данный момент и задается преподавателем.

6. Определяются значения базового норматива платы за сбросы загрязняющих веществ в водоем в пределах установленных лимитов ($Hблi$, р./т) (8).

7. Определяются дифференцированные ставки платы за сбросы в водоем загрязняющих веществ в пределах допустимых нормативов ($C_{нi}$, р./т) (5). Значение $Kэ$ водоема принимается по табл. 2.

8. Определяются дифференцированные ставки платы за сбросы в водоем загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов ($C_{лi}$, р./т) (6).

9. Определяются платежи за сбросы в водоем загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы сбросов ($Пн$, р./год) (2). Сначала для каждого загрязняющего вещества проверяется условие $M_i \leq M_{нi}$. Если это условие выполняется, то весь сброс загрязняющего вещества в водоем не превышает предельно допустимых нормативов, а сброс его в пределах установленных лимитов и сверхлимитный сброс равны нулю, т.е. $Пл=0$ р./год и $Псл=0$ р./год. Если $M_i > M_{нi}$, то часть сброса находится в пределах допустимых нормативов, а часть превышает их. В этом случае значение M_i (2) принимается равным $M_i = M_{нi}$.

10. Определяются платежи за сбросы загрязняющих веществ в водоем в пределах установленных лимитов (3). Сначала для каждого загрязняющего вещества проверяется условие $(M_i - M_{n_i}) \leq M_{л_i}$. Если это условие выполняется, то сброс его в водоем, превышающий предельно допустимые нормативы, является сбросом в пределах установленных лимитов, а сверхлимитный сброс равен нулю, т. е. $П_{сл} = 0$ р./год. Если $(M_i - M_{n_i}) > M_{л_i}$, то часть общего сброса находится в пределах допустимых нормативов, часть – в пределах установленных лимитов, а часть сброса является сверхлимитной. В этом случае значение $(M_i - M_{n_i})$ (3) принимается равным $(M_i - M_{n_i}) = M_{л_i}$.

11. Определяются платежи за сверхлимитные сбросы загрязняющих веществ в водоем (4). Эти платежи определяются при выполнении условия $M_i > (M_{n_i} + M_{л_i})$.

12. Определяются суммарные платежи за сбросы загрязняющих веществ в водоем (1).

5. Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- * наименование и вариант работы;
- * исходные данные для расчетов;
- * методика расчетов с результатами вычислений;
- * сводная расчетная таблица (табл. 3);
- * общее заключение по результатам работы.

В общем заключении должно быть указано, из каких видов платежей складываются суммарные платежи за загрязнение окружающей среды. Если на предприятии имеются выбросы вредных веществ в пределах установленных лимитов или сверхлимитные выбросы, то в заключении должны быть приведены мероприятия по снижению вредных выбросов до допустимых нормативов. Примерный перечень природоохранных мероприятий приведен в приложении.

6. Контрольные вопросы

1. Что представляет собой плата за загрязнение окружающей среды и для каких целей она взимается с природопользователей?
2. За какие виды воздействия на окружающую природную среду взимается плата с природопользователей?

3. Из каких источников предприятия осуществляют платежи за загрязнение окружающей среды?

4. Из каких видов платежей складываются суммарные платежи за выбросы вредных веществ в атмосферу и сброс в водоемы?

5. С какой целью при расчете дифференцированных ставок платы применяют коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, почвы и водных объектов на территории Российской Федерации?

6. Как определяется коэффициент относительной опасности вещества?

7. На какие категории подразделяется масса выбросов вредных веществ в окружающую среду.

8. Какие природоохранные мероприятия необходимо проводить на предприятиях?

СВОДНАЯ РАСЧЕТНАЯ ТАБЛИЦА

Таблица 3.

Вредные вещества в выбросах	Платежи за выбросы, р./год			
	<i>П_н</i>	<i>П_л</i>	<i>П_{сл}</i>	<i>П</i>
I. Сбросы в водоем:				
цинк				
свинец				
бензол				
нитрохлорбензол				
II. Выбросы в атмосферу				
Всего				

Приложение 1

Данные для расчета выброса загрязняющего вещества
в атмосферу и платежей за этот выброс

Номер варианта	Загрязнитель	Масса M , г	$ПДВ$, г/с	$ПДК$, мг/дм ³
1	Азота диоксид	80	50	0,085
2	Аммиак	85	55	0,2
3	Ангидрид серни- стый	90	60	0,05
4	Анилин	95	65	0,03
5	Бензин	100	70	1,3
6	Бензол	105	75	0,8
7	Хлорид водорода	110	80	0,2
8	Диметиламин	120	85	0,005
9	Дихлорэтан	125	90	1,0
10	Капролактам	130	95	0,06
11	Кислота серная	140	100	0,1
12	Кислота уксусная	145	105	0,06
13	Ксилол	150	110	0,2
14	Нитробензол	160	115	0,008
15	Сероуглерод	170	120	0,005
16	Сероводород	180	125	0,008
17	Толуол	190	130	0,6
18	Фенол	200	135	0,01
19	Хлор	82	140	0,03
20	Хлорбензол	80	145	0,01

Приложение 2

Данные для расчета сбросов загрязняющих веществ в водоем со сточными водами и платежей за эти сброс

Номер варианта	Расход сточных вод q , м ³ /с	Концентрация загрязняющего вещества в стоке $C_{ст. i}$, мг/дм ³				Максимально допустимая концентрация загрязняющего вещества в стоке $C_{ст. пр. i}$, мг/дм ³			
		свинец	цинк	бензол	нитрохлорбензол	свинец	цинк	бензол	нитрохлорбензол
1	0,41	3,5	6,0	15	0,30	0,45	6,0	3,3	0,34
2	0,42	3,6	6,5	16	0,35	0,46	7,0	3,4	0,35
3	0,43	3,7	7,0	17	0,40	0,47	8,0	3,5	0,36
4	0,44	3,8	7,5	18	0,45	0,48	9,0	3,6	0,37
5	0,45	3,9	8,0	19	0,50	0,49	10,0	3,7	0,38
6	0,46	4,0	8,5	20	0,55	0,50	11,0	3,8	0,39
7	0,47	4,1	9,0	21	0,60	0,51	12,0	3,9	0,40
8	0,48	4,2	9,5	22	0,65	0,52	13,0	4,0	0,41
9	0,49	4,3	10,0	23	0,70	0,53	14,0	4,1	0,42
10	0,50	4,4	10,5	24	0,75	0,54	15,0	4,2	0,43
11	0,51	4,5	11,0	25	0,80	0,55	16,0	4,3	0,44
12	0,52	4,6	11,5	26	0,85	0,56	17,0	4,4	0,45
13	0,53	4,7	12,0	27	0,90	0,57	18,0	4,5	0,46
14	0,54	4,8	12,5	28	0,95	0,58	19,0	4,6	0,47
15	0,55	4,9	13,0	29	1,00	0,59	20,0	4,7	0,48
16	0,56	5,0	13,5	30	1,05	0,60	21,0	4,8	0,49
17	0,57	5,1	14,0	31	1,10	0,61	22,0	4,9	0,50
18	0,58	5,2	14,5	32	1,15	0,62	23,0	5,0	0,51
19	0,59	5,3	15,0	33	1,20	0,63	24,0	5,1	0,52
20	0,60	5,4	15,5	34	1,25	0,64	25,0	5,2	0,53

Приложение 3

**Предельно допустимые концентрации вредных веществ
в воде водных объектов хозяйственно-питьевого
и культурно-бытового назначения**

Наименование загрязнения	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимая концентрация, мг/дм ³
Свинец	Санитарно- токсикологический	0,1
Цинк	Общесанитарный	1,0
Бензол	Санитарно- токсикологический	0,5
Нитрохлорбензол	Санитарно- токсикологический	0,05

Приложение 4

Примерный перечень природоохранных мероприятий

**1. Охрана и рациональное использование
водных ресурсов**

1.1. Строительство головных и локальных очистных сооружений для сточных вод предприятий с системой их транспортировки.

1.2. Внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения всех видов.

1.3. Осуществление мероприятий для повторного использования сбросных и дренажных вод, улучшения их качества, не вызывающие побочного негативного воздействия на другие природные среды и объекты: аккумулирующие емкости, отстойники сооружения и устройства для аэрации вод, биологические инженерные очистные сооружения, биологические каналы экраны.

1.4. Строительство опытных установок и цехов, связанных с методов очистки сточных вод, и переработкой жидких отходов и кубовых остатков.

1.5. Реконструкция или ликвидация накопителей отходов.

1.6. Создание и внедрение автоматической системы контроля за составом и объемом сброса сточных вод.

2. Охрана воздушного бассейна

2.1. Установка газопылеулавливающих устройств, предназначенных для улавливания и обезвреживания вредных веществ из газов,

отходящих от технологических агрегатов и из вентиляционного воздуха перед выбросом в атмосферу.

2.2. Строительство опытно-промышленных установок и цехов по разработке методов очистки отходящих газов от вредных выбросов в атмосферу.

2.3. Оснащение двигателей внутреннего сгорания нейтрализаторами для обезвреживания отработавших газов, создание станций (служб) регулировки двигателей автомобилей с целью снижения токсичности отработавших газов, систем снижения токсичности отработавших газов, создание и внедрение присадок к топливам, снижающих токсичность и дымность отработавших газов и др.

2.4. Создание автоматических систем контроля за загрязнением атмосферного воздуха, оснащение стационарных источников выброса вредных веществ в воздушный бассейн приборами контроля, строительство, приобретение и оснащение лабораторий по контролю за загрязнением атмосферного воздуха.

2.5. Установка устройств по дожигу и другим методам доочистки хвостовых газов перед непосредственным выбросом в атмосферу.

2.6. Оснащение установками для утилизации веществ из отходящих газов.

2.7. Приобретение, изготовление и замена топливной аппаратуры при переводе на сжигание других видов топлива или улучшение режимов сжигания топлива.

3. Использование отходов производства и потребления

3.1. Строительство мусороперерабатывающих и мусоросжигательных заводов, а также полигонов для складирования бытовых и промышленных отходов.

3.2. Приобретение и внедрение установок, оборудования и машин для переработки, сбора и транспортировки бытовых отходов с территории городов и других населенных пунктов.

3.3. Строительство установок, производств, цехов для получения сырья или готовой продукции из отходов производства.

4. Научно-исследовательские работы

4.1. Разработка экспресс-методов определения вредных примесей в воздухе, воде, почве.

4.2. Разработка нетрадиционных методов и высокоэффективных систем и установок для очистки отходящих газов промышленных

предприятий, утилизации отходов.

4.3. Разработка технологических процессов, оборудования, приборов и реагентов, обеспечивающих глубокую переработку сырья с утилизацией образующихся отходов.

4.4. Совершенствование методов обезвреживания твердых бытовых отходов с целью предотвращения попадания в природные среды тяжелых металлов и ксенобиотиков.

4.5. Проектно-изыскательские и опытно-конструкторские работы по созданию природоохранного оборудования, установок, сооружений, предприятий и объектов, прогрессивной природоохранной технологии методов и средств защиты природных объектов от негативного воздействия.

5. Экологическое просвещение, подготовка кадров

Работа по экологическому образованию кадров, подготовка и переподготовка лиц, связанных с управлением природопользованием и охраной окружающей природной среды, использование средств массовой информации для экологического просвещения населения, проведение конференций, слетов, конкурсов среди учащейся молодежи.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

1. Цель и содержание работы

Цель работы – ознакомить студентов с расчетом количества вредных выбросов от автотранспорта и с методами защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта.

Автотранспорт является одним из основных загрязнителей атмосферы содержащимися в выхлопных газах оксидами азота NO_x (смесь NO и NO_2) и оксидом углерода (CO). Доля транспортного загрязнения воздуха по CO превышает 60 %, по NO_x – 50 % от общего загрязнения атмосферы этими газами. Помимо этих газов в выбросах автотранспорта содержится около 200 веществ, таких как углеводороды, акролеин, ксилол, бенз(а)пирен, сернистый ангидрид, фенол, формальдегид, сероводород, твердые частицы и др. Для автотранс-

порта нормируются выбросы угарного газа, углеводородов и оксидов азота в пересчете на NO_2 .

По нижеприведенной методике студенты определяют концентрацию загрязнения атмосферного воздуха угарным газом, углеводородами, оксидами азота на разных расстояниях от автомобильной дороги.

2. Теоретические положения

2.1. Основные виды выбросов от автотранспорта

Один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг оксида углерода, около 400 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов. Количество автомобилей в мире продолжает стремительно расти, и сегодня на планете насчитывается около 1,47 миллиарда машин. За последние пятнадцать лет этот показатель увеличился в 1,5 раза, что подтверждает тенденцию к повсеместному расширению автопарка. На начало 2025 года на территории России насчитывалось 47,5 миллионов легковых автомобилей. Это на 2% больше количества, зафиксированного в парке на 1 июля 2024 г.

Передвижные источники загрязнения пространственно рассредоточены по территории города и расположены в непосредственной близости к жилым районам, что создает общий повышенный фон загрязнения. Они располагаются невысоко от земной поверхности, в результате чего отработавшие газы автомобилей слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами и скапливаются в зоне дыхания людей. Кроме того, темпы роста числа автомобилей значительно выше по сравнению с темпами роста промышленных источников.

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. При интенсивности движения 500 транспортных единиц в час концентрация оксида углерода 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 загрязненного воздуха.

Таблица 1

**Основные виды выбросов загрязняющих
веществ от передвижных источников**

Тип двигателя	Топливо	Основные виды загрязнителей	Примеры источников загрязнений
Четырехтактный внутреннего сгорания	Бензин	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота	Автомобили, трактора, автобу- сы, мотоциклы
Двухтактный внутреннего сгорания	Бензин (с добавле- нием масла)	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота, твердые частицы	Мотоциклы, вспомогательные моторы
Дизель	Лигроин	Оксиды азота, твердые частицы	Автобусы, тракто- ра, машины

2.2. Основные направления защиты атмосферного воздуха от вредных выбросов передвижных источников

Меры административного и экономического регулирования

Вредное воздействие выбросов двигателя автомобиля на людей и животных называется токсичностью выбросов. Величина вредных выбросов в атмосферу автотранспортом зависит от плотности транспортного потока и количества газов, выбрасываемых каждым автомобилем. Так как транспортный поток на улицах городов будет непрерывно возрастать, необходимо для снижения загазованности воздушной среды ограничить количество вредных продуктов, выделяемых каждым автомобилем, т. е. установить нормы выброса токсичных веществ с выхлопными газами.

Жесткие требования к токсичности отработанных газов новых автотранспортных средств сформулированы в виде норм Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН, директив Европейского союза, которые являются обязательными для автопроизводителей. Выполнение этих норм позволяет существенно сократить интенсивность выделения нормируемых токсичных компонентов выбросов двигателями одиночных автотранспортных средств.

Для ограничения содержания в выхлопе автомобиля токсичных веществ ЕЭК ООН были введены стандарты «Евро».

Экологические Евростандарты – это набор норм и требований, установленных европейскими странами для снижения вредного воз-

действия на окружающую среду выбросов вредных веществ, вызванных сгоранием топлива в двигателях автомобилей и других технических устройствах. Они разработаны для различных видов горючего, включая бензин, дизельное топливо, газ и другие. Экологические Евростандарты предъявляют конкретные требования к составу топлива и его характеристикам, чтобы минимизировать объемы вредных выбросов. Перед продажей горючее проходит обязательную проверку, после чего ему присваивают конкретную классификацию. Если уровень опасных веществ в составе выше нормы, такое топливо не допускается к распространению.

Первый экологический стандарт был принят в Европе в 1992 году. Он устанавливал следующие нормативы на километр пробега:

- содержание оксида азота не больше 0,27 г;
- содержание оксида углерода не больше 2,72 г;
- содержание углеводорода не больше 0,72 г.

Благодаря Евро-1 автопроизводителям пришлось разрабатывать каталитические нейтрализаторы для дожигания паров бензина в выхлопной системе.

В 1995 году страны Евросоюза утвердили стандарт Евро-2, который установил следующие пределы для выбросов вредных веществ на километр пробега:

- оксид азота меньше 0,10 г;
- оксид углерода меньше 2,55 г;
- углеводород меньше 0,62 г.

Эти нормативы все еще могли обеспечиваться с помощью карбюраторных систем питания двигателя. Чтобы снизить выбросы, разрабатывались более совершенные каталитические нейтрализаторы для переработки оксидов азота. Экологический стандарт Евро-2 был принят правительством России осенью 2005 г.

В 1999 году вступил в силу стандарт Евро-3, который существенно усложнил жизнь инженерам. Эти нормативы не могли обеспечиваться с помощью карбюраторных систем питания двигателя, и автомобилестроение перешло на электронный впрыск. Нормы выхлопа были следующие:

- оксид азота – не более 0,20 г;
- оксида углерода – 2,3 г;
- углеводород – 0,20 г.

Впервые для дизельных моторов была принята норма выбрасываемой сажи. Она не должна была превышать 0,64 г/км.

В 2005 году принимается стандарт Евро-4, который заставил автомобильные концерны массово переходить на системы наддува. Нормы выхлопа были следующие:

- оксид азота – не больше 0,08 г/км;
- оксид углерода – 1,0 г/км;
- углеводород – 0,10 г/км.
- выброс сажи – 0,025 г/км.

Чтобы соответствовать нормативам, дизельные моторы пришлось оснащать сажевым фильтром.

Осенью 2009 году был принят стандарт Евро-5. Требования существенно ужесточились:

- оксид азота – не больше 0,06 г;
- оксида углерода – 0,1 г;
- углеводород – 0,1 г;
- выброс сажи не больше 0,005 г.

На рынок вышли новые двигатели со сложными системами впрыска и наддува, что незамедлительно сказалось на их надежности. Лишь через 10 лет удалось победить многие недоработки и ошибки силовых агрегатов, разработанных под стандарт Евро-5, увеличив степень сжатия и установив более мощный катализатор, что, естественно, привело к удорожанию машин.

Экологический стандарт Евро-5 применяется на транспортных средствах 2009 года выпуска и позже с целью минимизировать количество выбросов сажи. С 2015 года горючее классом ниже Евро-5 перестали производить и изъяли.

Экологический стандарт Евро-6 был принят в 2014 году и подвел автомобильную промышленность к пределу возможностей двигателей внутреннего сгорания. Выполнить его требования можно было только с системами электронного впрыска и с турбонаддувом, которые помогали сократить потребление топлива. С сентября 2015 года предполагалось, что выбросы вредных веществ должны сократиться на 67%.

Этот стандарт еще не является обязательным для ряда стран Европы, благодаря чему выпуск атмосферных моторов на заводах Европы продолжается. Но грядет уже новый Евро-7, который может заставить производителей отказаться от двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в принципе. Главное новшество экологического стандарта Евро-7 – это требование к снижению выбросов оксидов азота до 0,03 г/км. Технические возможности двигателей внутреннего сгора-

ния на бензине позволяют снизить выбросы только до 0,06 г/км. Все это фактически означает запрет двигателей внутреннего сгорания.

Ранее планировалось, что Евро 7 вступит в силу с 2025 года, и все новые автомобили должны будут иметь энергетические установки, которые бы могли большую часть времени ездить с «нулевым» выхлопом. Евро-7, согласованный в 2024 году и вступающий в силу в 2026 году, включает выбросы, не связанные с выхлопными газами, такие как твердые частицы из шин и тормозов. До 2030 года допускается, что у транспортных средств, работающих на ископаемом топливе, тормоза будут загрязнять окружающую среду больше, чем у электромобилей.

В России существуют два основных вида стандартов на нормы и методы определения вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей:

1. Евро-стандарты – стандарты, основанные на европейских нормах, которые регулируют выбросы вредных веществ от автомобилей. В России применяются стандарты, аналогичные Евро-4, Евро-5 и Евро-6. Эти стандарты устанавливают предельные значения для выбросов оксидов азота (NO_x), углеводородов (C_nH_m), угарного газа (CO) и твердых частиц (PM).

2. Национальные стандарты (ГОСТы) в России также играют важную роль в регулировании выбросов от автомобилей. Примерами являются:

– Правила применения межгосударственных стандартов установлены п.8 ГОСТ 1.0-2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» устанавливает цели и принципы межгосударственной стандартизации, основные направления работ и объекты межгосударственной стандартизации, организационные основы межгосударственной системы стандартизации, категории документов по межгосударственной стандартизации и правила их применения.

– ГОСТ Р 51105-2020 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Бензин неэтилированный. Технические условия», который распространяется на автомобильный неэтилированный бензин, предназначенный для использования в качестве моторного топлива для транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания с искровым воспламенением.

– ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» распространяется на колесные транспортные средства (легковые и грузовые ав-

томобили, автобусы и другие виды автотранспортных средств), эксплуатируемые на автомобильных дорогах. Стандарт описывает методы испытаний, которые позволяют оценить уровень выбросов вредных веществ, шум, вибрацию и другие экологические параметры. Требования стандарта направлены на обеспечение безопасности дорожного движения, жизни и здоровья людей, сохранности их имущества и охраны окружающей среды

Кроме того, действуют отраслевые стандарты Минавтопрома на новую продукцию, такие как ОСТ 37.001.082-82 «Подготовка предпродажная легковых автомобилей», которые предусматривают проверку токсичности отработанных газов автомобилей при приемочных и контрольных испытаниях на предприятиях-изготовителях.

7 марта 2003 г. Государственной Думой РФ принят закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации». Этилированный бензин – это топливо с добавлением тетраэтилсвинца – добавки, которая увеличивает октановое число автомобильного бензина с 76 до 93. Этиловый бензин – вещество, которое ведет к стойкой свинцовой интоксикации человека. Запрет производства этилированного бензина позволил снять существовавшее ранее ограничение, связанное с несовместимостью этилированного бензина и каталитического нейтрализатора отработанных газов.

В последние годы в России были приняты и другие законы и инициативы, направленные на снижение вредных выбросов и улучшение экологической ситуации.

Некоторые из них включают:

1. Введение стандартов для бензина и дизельного топлива, направленных на снижение содержания вредных веществ.
2. Поддержка использования альтернативных источников энергии, таких как электрические и гибридные автомобили.
3. Программы по утилизации старых автомобилей и стимулирование граждан к замене старых автомобилей на новые, соответствующие современным экологическим стандартам.
4. Ужесточение норм по выбросам для промышленных предприятий и транспортных средств.
5. Развитие и модернизация общественного транспорта для снижения зависимости от личных автомобилей и уменьшения загрязнения воздуха.

Эти меры направлены на улучшение экологической ситуации в стране и соответствие международным стандартам в области охраны окружающей среды.

Градостроительные мероприятия

Для защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта большое значение имеют градостроительные мероприятия, направленные на снижение концентрации выхлопных газов в зоне пребывания человека.

Так, к мероприятиям по снижению концентрации загрязнений на пути их распространения относятся:

- удаление жилых зданий от автомагистралей;
- рациональное расположение домов и спальных комнат в квартирах;
- применение перекрытий, стен и окон с высокой герметичностью;
- развитие транспортной сети объездных дорог;
- строительство улиц, дублирующих магистрали;
- организация пересечений улиц в разных уровнях;
- организация проездов вне жилых территорий;
- применение зеленых насаждений.

Необходимы специальные приемы застройки и озеленения автомагистралей, размещение застройки по принципу зонирования: в первом от магистрали эшелоне застройки размещаются здания пониженной этажности, затем дома повышенной этажности и в глубине застройки – детские и лечебно-оздоровительные учреждения.

Тротуары, жилые, торговые и общественные здания изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками – по три-четыре ряда и более. Известно, что запыленность воздуха в зеленых насаждениях в 2–3 раза меньше, чем на открытых территориях. Древесные и травянистые растения улавливают до 50 % пыли летом и до 37 % зимой. Хвойные породы, вследствие увеличенной адсорбции, осаждают пыли в 1,5 раза больше на единицу массы листа по сравнению с лиственными.

Отсутствие ухоженного газона под деревьями снижает осаждение пыли зелеными насаждениями, уменьшая их пылезащитную функцию в несколько раз. Поэтому, для удержания осевшей пыли, почва должна быть покрыта дерном или подстриженным газоном.

Газозащитные зеленые насаждения могут быть использованы в сочетании с земляными валами и защитными экранами.

Большое значение имеет сооружение транспортных развязок на разных уровнях, магистралей-дублеров, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей.

Так как наибольший выброс продуктов неполного сгорания бензина происходит при задержках машин у светофоров, при стоянке с невыключенным мотором в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора, то необходимо устранить препятствия на пути свободного движения потока автомашин. Для этого нужны специальные автомобильные магистрали, не пересекающиеся с другими магистралями на одном уровне и движением машин или пешеходов. Необходимы переходы для пешеходов на всех пунктах скопления машин, а также эстакады или тоннели для разгрузки больших перекрывающихся потоков транспорта.

Организация движения городского транспорта

Любые вопросы организации движения надо рассматривать с точки зрения не только обеспечения безопасности, но и уменьшения токсичности выхлопных газов. Так, предельная скорость движения в городе установлена 60 км/ч. Именно на эту скорость у легковых автомобилей приходится минимум вредных выбросов. При резком увеличении или уменьшении скорости движения выброс возрастает более чем вдвое.

Должна проводиться большая работа по улучшению организации и безопасности движения транспорта. Возрастает роль техники регулирования. На улицах наших городов можно увидеть принципиально новые системы регулирования движения. Примером может служить «Зеленая волна» – это система управления дорожным движением, которая позволяет автомобилям двигаться по улицам города с минимальными остановками на светофорах. Основная её цель – улучшение пропускной способности дорог, сокращение времени в пути и снижение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Принципы работы «зеленой волны»:

1. Синхронизация светофоров: светофоры на определенном участке дороги настроены так, чтобы переключаться на зеленый свет в определенные интервалы времени, позволяя автомобилям двигаться без остановок.

2. Оптимизация времени переключения: время работы светофоров регулируется в зависимости от интенсивности движения, что позволяет адаптироваться к изменяющимся условиям на дороге.

3. Установка датчиков и камер на перекрестках позволяет собирать данные о потоке транспорта и автоматически регулировать работу светофоров.

4. В некоторых системах «зеленой волны» используются информационные табло, которые сообщают водителям о текущем состоянии светофоров и рекомендуемой скорости движения для достижения «зеленой волны».

Преимуществами «зеленой волны» являются:

- Уменьшение количества остановок позволяет сократить время, затрачиваемое на поездки.

- Меньшее количество остановок и ускорение движения способствуют снижению выбросов углекислого газа и других загрязняющих веществ.

- Снижение количества остановок может уменьшить количество аварий, связанных с резким торможением и разгонами.

«Зеленая волна» успешно применяется в различных городах мира, включая Москву, Санкт-Петербург и другие крупные мегаполисы. Внедрение таких систем требует комплексного подхода, включая анализ транспортных потоков, модернизацию светофорного оборудования и использование современных технологий.

Таким образом, «зеленая волна» является эффективным инструментом для улучшения транспортной ситуации в городах и снижения негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Электрический транспорт

Оздоровлению атмосферы способствует расширение перевозок пассажиров с помощью электрического транспорта (как наземного, так и подземного). Электрический транспорт – это транспортные средства, которые используют электрическую энергию в качестве основного источника энергии для движения. Он включает в себя различные виды транспорта, такие как электромобили, электробусы, трамваи, троллейбусы, электровелосипеды и электросамокаты.

Электрический транспорт становится все более популярным благодаря своим экологическим преимуществам и технологическим достижениям. Он избавляет население от лишнего шума и выхлопных газов. Электрические двигатели более эффективны, чем двигатели

внутреннего сгорания, что позволяет использовать меньше энергии для преодоления того же расстояния. Электричество, как правило, дешевле бензина и дизельного топлива, что позволяет снизить эксплуатационные расходы. Электрический транспорт может быть заряжен от возобновляемых источников энергии, таких как солнечные и ветровые электростанции, что делает его более устойчивым и экологически чистым.

Многие города по всему миру активно внедряют электрический транспорт. Например, в Китае активно развиваются электробусы, а в Европе и Северной Америке растет количество зарядных станций для электромобилей. В некоторых городах уже реализованы программы по замене традиционного общественного транспорта на электрический.

Добавление к топливу присадок

Добавлением к топливу присадок можно изменить ход реакций окисления углеводородов в сторону уменьшения образования некоторых токсичных компонентов: оксида углерода, углеводородов, альдегидов, сажи и др. В России и за рубежом предложен ряд присадок. Для карбюраторных двигателей самыми эффективными оказались смеси различных спиртов. Добавление их к бензину ведет к заметному снижению в выхлопных газах оксида углерода.

Разработано большое число присадок к дизельному топливу, снижающих содержание в выхлопных газах дизелей сажи. Наиболее эффективными оказались барийсодержащие присадки.

Перспективно использование присадок на основе ферроценов. Присадки этого типа сочетаемы с каталитическими дожигателями и используются в производстве бензинов.

Сжатый и сжиженный газ – топливо для автомобилей

В качестве автомобильного горючего используют два вида газового топлива: сжиженный нефтяной, или углеводородный, и сжатый компримированный газ.

Сжиженный газ, используемый как автомобильное топливо, в основном состоит из пропана, бутана, получаемых при добыче природного газа и нефти, и (около 1 %) непредельных углеводородов.

Сжатый газ – это, в основном, метан, сохраняющий свое газообразное состояние почти при любой температуре и при повышенном давлении.

В выхлопе автомобилей, работающих на газе, содержится в три-четыре раза меньше оксида углерода, чем в выхлопе бензиновых двигателей. Газ сгорает почти полностью. В Российской Федерации существуют действующие и создаются новые автомобильные газозаправочные станции (АГНСК), предназначенные для заправки автомобилей сжатым газом. АГНСК рассчитана на 500 заправок в сутки при трехсменной работе в объеме заправки 100 м^3 . Время заправки 10–12 мин.

Как показал отечественный и зарубежный опыт, природный газ является весьма экономичным горючем для автомобильных двигателей: 1 м^3 газа сберегает как минимум 1 л бензина. Ресурсы мотора увеличиваются в 1,5 раза; периодичность смены масла – в 2,5 раза. Во столько же снижаются затраты на топливо и себестоимость перевозок. Резко снижаются выбросы в атмосферу продуктов сгорания. Максимальная скорость автомобиля без прицепа при работе на природном газе – 95 км/ч. Контрольный расход газа при скорости 60 км/ч 40 м^3 на 100 км пути.

Температура кипения сжиженного газа – 160°C . Во избежание испарения топливо помещают в криогенный бокс; 60 л сжиженного природного газа обеспечивают автопробег в 300 км. Газ легко смешивается с воздухом и образует идеальную «пищу» для мотора. Газовое топливо увеличивает срок службы двигателя примерно на треть.

Перевод автомобиля на газовое топливо не требует конструктивной переделки двигателя: достаточно установить газобаллонное оборудование. Межремонтный пробег газового двигателя более продолжительный по сравнению с бензиновым, на газовом двигателе увеличивается срок службы свечей зажигания. Применение газового топлива заметно снижает суммарную токсичность отработавших газов.

По данным «ВНИИГАЗ», в России возможен перевод на природный газ не менее 30 % грузовых автомобилей, 60–70 % автобусов и 10–15 % легковых автомобилей.

Помимо газа могут использоваться и другие виды топлива: спирт, биотопливо. В качестве автономного топлива этанол по некоторым параметрам превосходит бензин. В нем меньше примесей, а октановое число достигает 125 единиц. Поэтому этанол иногда используют как высокооктановую добавку. Однако теплотворная способность этанола существенно ниже «бензиновой» – отсюда и более высокий расход топлива.

В настоящее время возможности сельского хозяйства Европы способны обеспечить биотопливом от 50 до 80 % всех легковых ав-

томобилей. При сгорании топлива в атмосферу возвращается только тот углекислый газ, который был поглощен растениями при росте.

Биодизельное топливо (биодизель) – относительно новый вид экологически чистого топлива. Производится биодизель из растительного масла и является возобновляемым источником энергии. Биодизель может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания без изменения их конструкции. Возможно применение биодизеля как самостоятельного вида топлива, так и в смеси с обычным дизельным топливом.

Нейтрализаторы выхлопных газов

Отработанные газы автомашин можно обезвреживать с помощью специальных устройств в системе выпуска двигателя автомобиля, называемых нейтрализаторами. Устройство для обезвреживания отработанных газов методом каталитического воздействия получило название каталитического нейтрализатора. Пламенный нейтрализатор – устройство для обезвреживания отработанных газов двигателя автомобиля дожиганием в открытом пламени. Термический нейтрализатор – термоаккумулирующее устройство для нейтрализации отработанных газов автомобиля методом беспламенного окисления. Жидкостный нейтрализатор – устройство для обезвреживания отработанных газов автомобиля с помощью химического связывания жидкими реагентами.

В настоящее время наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, в которых используются платина, палладий. Эти металлы позволяют существенно снизить порог энергии, при котором начинаются окислительно-восстановительные реакции. Проходя через поры нейтрализатора, СО превращается в малотоксичный CO_2 , а оксиды азота восстанавливаются до безвредного N_2 .

В нашей стране в 1979 г. на городские трассы вышли первые «Волги», оборудованные необычной «ловушкой для дыма» – каталитическими нейтрализаторами, которые резко снижают токсичность выхлопных газов автомобиля. Эффект от использования нейтрализаторов внушительный: при оптимальном режиме выброс в атмосферу оксида углерода уменьшается на 70–80 %, а углеводородов – на 50–70 %.

3. Порядок выполнения работы

Студенты, используя данные, приведенные в приложении 1, выполняют расчеты загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ с отработанными автомобильными газами.

4. Методика расчета загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Методика расчета основана на поэтапном определении эмиссии (выбросов) токсичных веществ (оксида углерода CO, углеводородов C_nH_m , оксидов азота NO_x) с отработавшими газами автомобильного транспорта, концентрации загрязнения воздуха этими веществами на различном удалении от дороги и сравнении полученных данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) данных веществ в воздушной среде.

При расчете выбросов учитываются различные типы автотранспортных средств и конкретные дорожные условия.

В качестве расчетной принимается интенсивность движения различных типов автомобилей в смешанном потоке, которая определяется студентом или группой студентов на заданном участке автомагистрали.

Мощность эмиссии CO, C_nH_m , NO_x в отработавших газах отдельно для каждого газообразного вещества определяется по формуле

$$q = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot \left[\left(\sum_l^i G_{ik} \cdot N_{ik} \cdot K_k \right) + \left(\sum_l^i G_{id} \cdot N_{id} \cdot K_d \right) \right], \quad (1)$$

где q – мощность эмиссии данного вида загрязнений от транспортного потока на конкретном участке дороги, г/м·с; $2,06 \cdot 10^{-4}$ – коэффициент перехода к принятым единицам измерения; m – коэффициент, учитывающий дорожные и автотранспортные условия, принимается по графику (рис. 1) в зависимости от средней скорости транспортного потока, G_{ik} – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа (марки) карбюраторных автомобилей, dm^3/km ; для оценочных расчетов может быть принят по средним эксплуатационным нормам с учетом условий движения, которые приведены в табл. 2; G_{id} – то же, для дизельных автомобилей, dm^3/km ; N_{ik} – интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных автомобилей, авт./ч (табл. 2); N_{id} – то же, для дизельных автомобилей, авт./ч; K_k и K_d –

коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения для карбюраторных и дизельных типов двигателей соответственно по табл. 3.

При расчете рассеяния выбросов от автотранспорта и определения концентрации токсичных веществ на различном удалении от дороги используется модель Гауссового распределения примесей в атмосфере на небольших высотах.

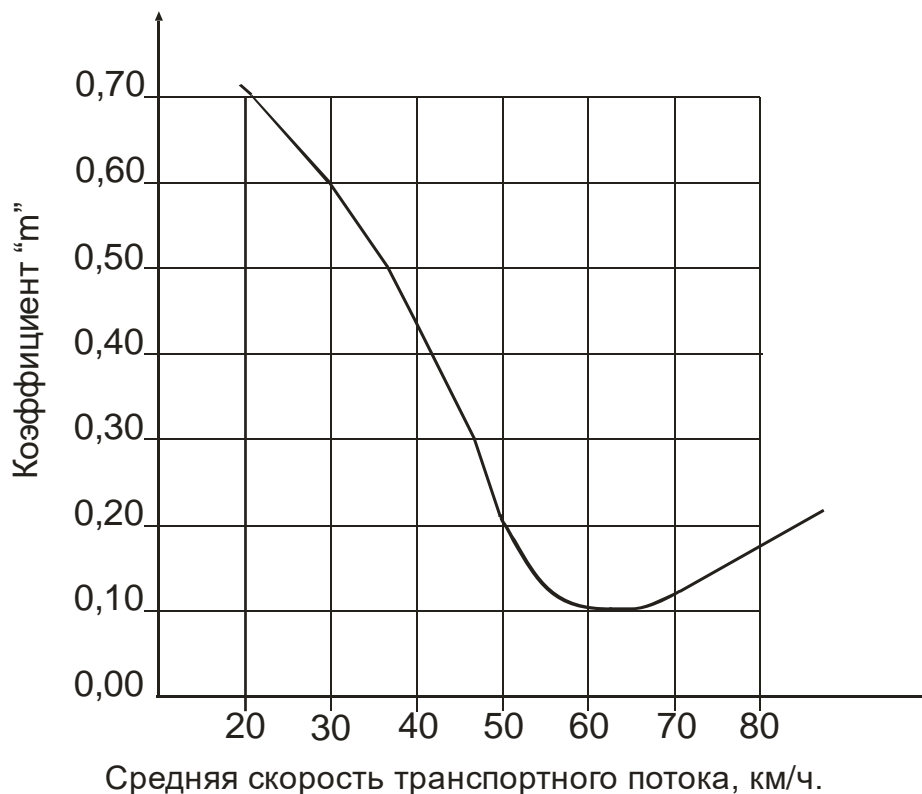


Рис. 1. Зависимость величины коэффициента m , учитывающего дорожные и автотранспортные условия движения, от средней скорости транспортного потока

Таблица 2

Средние эксплуатационные нормы расхода топлива
на 1 км пути (дм³)

Тип автомобиля	Средний эксплуатационный расход топлива, дм ³ /км
Легковые автомобили	0,11
Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 т)	0,16
Грузовые автомобили карбюраторные (6 т и более), например ЗИЛ-130 и др.	0,33
Грузовые автомобили дизельные	0,34
Автобусы карбюраторные	0,37
Автобусы дизельные	0,28

Таблица 3

Значения коэффициентов K_k и K_d

Вид выбросов	Тип двигателя	
	карбюраторный	дизельный
Оксид углерода (CO)	0,6	0,14
Углеводороды (C _n H _m)	0,12	0,037
Оксиды азота (NO _x)	0,06	0,015

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода, углеводородами, окислами азота вдоль автомобильной дороги определяется по формуле:

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} + F, \quad (2)$$

где C – концентрация данного вида загрязнения в воздухе, г/м³; σ – стандартное отклонение Гауссова рассеивания в вертикальном направлении, м; принимается по табл. 4; V – скорость ветра, преобладающего в расчетный месяц летнего периода, м/с; φ – угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги. При угле от 90 до 30° скорость ветра следует умножать на синус угла, при угле менее 30° – коэффициент 0,5; F – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м³.

Таблица 4

Значения стандартного Гауссового отклонения
при удалении от кромки проезжей части

Приходящая солнечная радиация	Значения стандартного Гауссового отклонения σ при удалении от кромки проезжей части, в метрах								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Сильная	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабая	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Примечание: Сильная солнечная радиация соответствует ясной солнечной погоде, слабая – пасмурной (в т. ч. дождливой). Величина должна приниматься в расчетный период наибольшей интенсивности движения (летний период). Уровень солнечной радиации принимается в зависимости от того, какая погода превалирует в расчетный месяц.

Результаты расчета по формуле (2) сопоставляются с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными органами Министерства здравоохранения с учетом класса опасности для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест; они приведены в табл. 5.

По полученным результатам строится график загрязнения отработавшими газами придорожной зоны. Пример графика приведен на рис. 2.

Таблица 5

Предельно допустимая концентрация токсичных составляющих
отработавших газов в воздухе населенных мест, мг/м³

Вид вещества	Класс опасности	Среднесуточные предельно до- пустимые концентрации, мг/м ³
Оксид углерода (CO)	4	3,0
Углеводороды (C _n H _m)	3	1,5
Оксиды азота (NO _x)	2	0,04

Для уменьшения ширины распространения загрязнения следует предусматривать защитные зеленые насаждения, экраны, защитные валы, прокладку автомобильной дороги в выемке. Снижение концен-

трации загрязнений защитными сооружениями в процентах к величине концентрации приведено в табл. 6.

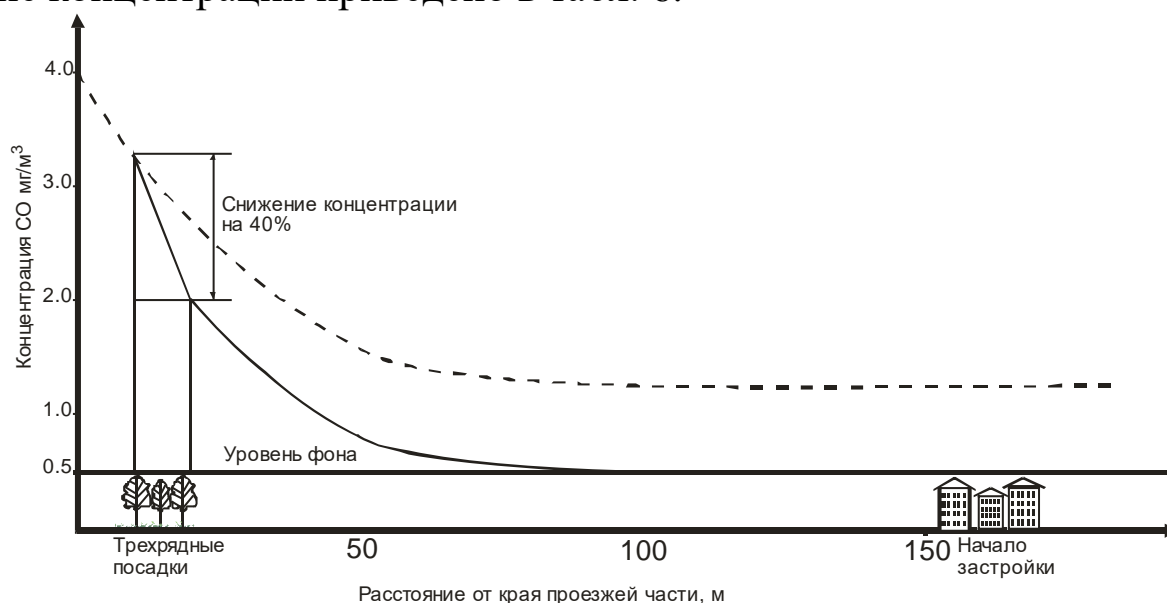


Рис. 2. Снижение концентрации СО за счет устройства трехрядных посадок деревьев

Таблица 6

Снижение концентрации загрязнений различными типами защитных сооружений и зеленых насаждений

Мероприятие	Снижение концентрации, %
1. Один ряд деревьев с кустарником высотой до 1,5 м на полосе газона 3–4 м	10
2. Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8–10 м	15
3. Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10–12 м	30
4. Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15–20 м	40
5. Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25–30 м	50
6. Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70
7. Земляные насыпи, откосы при проложении дороги в выемке при разности отметок от 2 до 3 м	50
8. То же, 3–5 м	60
9. То же, более 5 м	70

Выбор защитных мероприятий следует осуществлять на основе сравнения следующих основных вариантов:

- изменение параметров дороги, направленное на повышение средней скорости транспортного потока;
- ограничение движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени;
- усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными двигателями по участку, чувствительному к загрязнению воздушной среды, в целях минимизации токсичных выбросов;
- устройство защитных сооружений.

5. Пример расчета загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Задача: Определить концентрацию загрязнения атмосферного воздуха CO , C_nH_m , NO_x на различном расстоянии от автомобильной дороги на расчетном поперечнике.

Исходные данные:

Автомобильная дорога III категории;

Интенсивность движения – $N = 190$ авт./ч

Данные по составу транспортного потока представлены в табл. 7.

Таблица 7

Состав транспортного потока

Тип автомобилей	Содержание в потоке, %	Интенсивность, авт./ч	Средний эксплуатационный расход топлива, л/км
Легковые	40	75	0,11
Малые грузовые карбюраторные	5	10	0,16
Грузовые карбюраторные	30	60	0,33
Грузовые дизельные	20	35	0,34
Автобусы карбюраторные	5	10	0,37

Средняя скорость потока движения – 60 км/ч, т. е. по рис. 1 $m = 0,10$.

Скорость господствующего ветра – 3 м/с.

Угол направления ветра к оси трассы – 30°.

Автомобильная дорога на рассматриваемом участке проходит в границах населенного пункта; застройка находится на расстоянии 20 м от кромки проезжей части дороги.

Данные по фоновой концентрации отсутствуют.

Решение:

1. По формуле (1) определяется удельная эмиссия загрязняющих веществ по компонентам:

Для оксида углерода:

$$q_{CO} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,6 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,6 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,6 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,14 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,6) = 0,0004 \text{ г/мс.}$$

Для углеводородов:

$$q_{C_nH_m} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,12 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,12 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,12 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,037 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,12) = 0,00009 \text{ г/мс.}$$

Для оксидов азота:

$$q_{NO_x} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,06 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,06 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,06 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,015 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,06) = 0,0000448 \text{ г/мс.}$$

2. По формуле (2) определяется концентрация загрязнений атмосферного воздуха различными компонентами в зависимости от расстояния от дороги. На расстоянии 20 м от кромки проезжей части, где в данном примере принята граница застройки, концентрация загрязнения составит:

Для оксида углерода:

$$C_{CO}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0004}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,0008}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,00011 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,11 \text{ мг/м}^3;$$

Для углеводородов:

$$C_{C_nH_m}^{20} = \frac{2 \cdot 0,00009}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,00018}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,000024 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,024 \text{ мг/м}^3;$$

Для оксидов азота:

$$C_{NO_x}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0000448}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,0000896}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,00001119 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,011 \text{ мг/м}^3.$$

Аналогично определяется концентрация и для других расстояний. Результаты расчетов приводятся в табл. 8.

Таблица 8.

Зависимость концентрации загрязнений от расстояния
от проезжей части

Вид выбросов	Концентрация загрязнений в атмосфере на расстоянии в метрах от кромки проезжей части дороги, мг/м ³					
	20	40	60	80	100	150
Оксид углерода (CO)	0,11	0,055	0,037	0,0275	0,022	0,016
Углеводороды (C _n H _m)	0,024	0,012	0,008	0,006	0,0048	0,0034
Оксиды азота (NO _x)	0,011	0,006	0,004	0,003	0,0022	0,0016

По результатам расчетов строится график распространения загрязнений в зависимости от расстояния от дороги.

Вывод по результатам расчетов: результаты расчетов показывают, что величина транспортного воздействия на атмосферный воздух не превышает предельно допустимых концентраций, приведенных в табл. 5.

6. Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование работы;
- цель работы;
- название улицы, на которой находится изучаемая автомобильная трасса;
- результаты наблюдений и расчетов;
- график распространения загрязнений в зависимости от расстояния от дороги.
- вывод об экологической обстановке в районе исследованного участка автомобильной трассы.

7. Контрольные вопросы

1. Приведите примеры передвижных источников вредных выбросов в атмосферу.
2. Какие вредные вещества содержатся в выхлопных газах автомобильного транспорта?
3. В какие периоды движения автомобиля в его выхлопных газах содержится наибольшее и наименьшее количество вредных примесей?
4. Дайте понятие токсичности выбросов автомобильного транспорта.
5. Назовите мероприятия, внедрение которых приводит к уменьшению вреда, наносимого атмосфере автомобильным транспортом.
6. В чем сущность градостроительных мероприятий, направленных на защиту атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта?
7. Роль организации движения городского транспорта в защите атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта.
8. Почему электрический транспорт меньше загрязняет атмосферный воздух, чем автотранспорт, работающий на бензине или на солярке?
9. Почему устанавливаются нормы на содержание вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей?
10. Каким образом присадки к бензину способствуют снижению токсичности отработанных газов автомобилей и двигателей?
11. Какие виды нейтрализаторов выхлопных газов Вы знаете?
12. В чем преимущества использования сжатого и сжиженного газа в качестве топлива для автомобилей по сравнению с бензином?

Приложение 1

Исходные данные для расчетов

Номер варианта	Интенсивность движения, авт./час				
	Легковые	Малые грузовые карбюраторные	Грузовые карбюраторные	Грузовые дизельные	Автобусы карбюраторные
1	80	12	50	30	10
2	85	20	60	35	15
3	90	25	70	40	20
4	95	30	80	45	25
5	100	35	85	50	30
6	115	40	90	55	35
7	120	45	95	60	40
8	125	50	100	65	45
9	130	55	105	70	50
10	200	55	30	20	50
11	210	60	10	7	45
12	220	65	12	40	40
13	230	40	50	15	35
14	240	35	30	25	30
15	250	30	75	10	25
16	260	25	30	20	20
17	270	30	45	25	65
18	280	20	40	20	25
19	290	15	35	15	10
20	300	45	30	12	15
21	310	60	25	10	35
22	320	10	50	30	10
23	330	12	55	35	15
24	340	20	60	40	17
25	350	25	65	45	20

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ (РАСЧЕТ) ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО ВЫБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ И РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ЭТИХ ПРИМЕСЕЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ

1. Цель и содержание работы

Работа предназначена для ознакомления студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной с выбросом вредных веществ в атмосферу из стационарных источников (труб).

Газовые выбросы промышленных предприятий содержат вредные вещества различной степени токсичности. В случае неэффективной работы газоочистного оборудования или его отсутствия эти вещества загрязняют атмосферный воздух и оказывают вредное воздействие на здоровье людей, животных, состояние растительности и окружающей среды в целом.

Для обеспечения допустимых уровней загрязнения атмосферного воздуха населенных мест установлены нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ и нормативы предельно допустимых выбросов стационарными и передвижными источниками.

Студенты, по нижеприведенной методике, определяют для стационарного источника выбросов максимально возможную концентрацию вредного вещества в атмосферном воздухе, проводят расчет рассеивания этого вещества в воздухе, определяют значение предельно допустимого выброса (*ПДВ*) и рассчитывают высоту источника выброса, при которой концентрация вредного вещества в воздухе не превышает *ПДК* (предельно допустимой концентрации).

2. Теоретические положения

2.1. Основные положения закона об охране атмосферного воздуха

Основой мероприятий по охране атмосферного воздуха является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.99 № 96-ФЗ.

Для оценки качества атмосферного воздуха законом устанавливаются нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и уровней вредных физических воздействий на атмосферу. Эти нормативы должны отвечать интересам охраны здоровья людей и охраны окружающей среды. Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровней вредных физических воздействий на него являются едиными для всей территории Российской Федерации.

С целью охраны атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками загрязнений, а также нормативы предельно допустимых вредных физических воздействий. Эти нормативы устанавливаются для каждого стационарного источника выбросов или для иного вредного воздействия на атмосферный воздух, а также для каждой модели транспортных или иных передвижных средств и установок.

Нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих атмосферу веществ и предельно допустимых вредных физических воздействий на нее устанавливаются на уровне, при котором выбросы загрязняющих веществ и вредные физические воздействия от конкретного и других источников в данном районе с учетом перспективы его развития не приведут к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарным источником загрязнения допускается в каждом случае на основании разрешения, выдаваемого специально уполномоченным на то государственным органом. В разрешении предусматриваются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ, а также другие требования, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха.

Предприятия, учреждения и организации, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, обязаны

проводить организационно-хозяйственные, технические и иные мероприятия для обеспечения выполнения условий и требований, предусмотренных в разрешениях на выброс, принимать меры по снижению выбросов, обеспечивать бесперебойную работу и поддержание в исправном состоянии сооружений и аппаратуры для очистки выбросов и контроля за ними, а также осуществлять постоянный учет количества и состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Осуществление мероприятий по охране атмосферного воздуха не должно приводить к загрязнению почв, вод и других природных объектов.

В случаях нарушения условий и требований, предусмотренных разрешениями, а также когда возникает угроза здоровью населения, выброс загрязняющих веществ должен быть приостановлен или запрещен по решению органа, осуществляющего государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, вплоть до прекращения деятельности отдельных промышленных установок, цехов, предприятий и учреждений.

При получении предупреждения о возможном повышении концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в связи с ожидаемыми неблагоприятными условиями предприятия, учреждения и организации обязаны проводить специально разработанные по согласованию с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, мероприятия по снижению выбросов таких веществ в атмосферу.

При размещении, проектировании и вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования необходимо обеспечивать соблюдение нормативов вредных воздействий на атмосферный воздух. При этом должны предусматриваться утилизация, обезвреживание вредных веществ и отходов или иное исключение выбросов загрязняющих веществ, выполнение других требований по охране окружающей среды, исходя из того, чтобы совокупность выбросов, а также вредных воздействий от проектируемых, действующих и планируемых к строительству в будущем предприятий, сооружений и других объектов не привели к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов предельно допустимых уровней вредных физических воздействий на него.

Запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, не удовлетворяющих требованиям по охране атмосферного воздуха. Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, независимо от времени ввода их в действие должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ.

Добыча полезных ископаемых, взрывные работы, размещение и эксплуатация терриконов, отвалов, свалок должны проводиться с соблюдением правил по предотвращению и сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха.

Размещение в населенных пунктах терриконов, отвалов, складирование промышленных отходов, производственного, бытового мусора и других отходов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха пылью, вредными газообразными и дурно пахнущими веществами, а также сжигание указанных отходов на территории предприятий, учреждений, организаций и населенных пунктов запрещаются, кроме случаев, когда сжигание осуществляется с использованием специальных установок при соблюдении требований по охране атмосферного воздуха.

2.2. Правила установления предельно допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных выбросов (ВСВ) вредных веществ в атмосфере

Предельно допустимый выброс (ПДВ) является научно-техническим нормативом, устанавливаемым для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него и всей совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом их рассеивания и превращения в атмосфере, а также перспектив развития предприятия не создадут приземной концентрации, превышающей установленные нормативы качества окружающей среды. При этом под нормативами качества окружающей среды принимаются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

В тех случаях, когда на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, величины ПДВ по причинам

объективного характера не могут быть достигнуты в настоящее время, по согласованию с органами Госкомгидромета должно планироваться поэтапное, с указанием продолжительности каждого этапа, снижение выбросов от действующих предприятий до величин, обеспечивающих соблюдение *ПДК*. При этом величины временно согласованных выбросов (*ВСВ*) должны устанавливаться с учетом значений величин выбросов, достигнутых предприятиями с наилучшей (в части охраны природной среды) технологией данного производства.

Величины *ПДВ* и *ВСВ* устанавливаются для отдельных источников в граммах в секунду и в тоннах в год.

В случае невозможности установления для источников *ВСВ* на уровне передовых производств уполномоченные органы должны предусмотреть в установленном порядке уменьшение объема производства, закрытие или вывод соответствующих предприятий или объектов, или изменение их профиля.

Наряду с установлением *ПДВ* и *ВСВ* для одиночных источников, в результате суммирования устанавливаются значения *ПДВ* и *ВСВ* для предприятий и комплексов в целом.

При установлении *ПДВ* и *ВСВ* для источников должны учитываться фоновые концентрации загрязнений в атмосферном воздухе, фактически созданные остальными источниками своего и других предприятий города и промышленного района. Фоновые концентрации устанавливаются по данным наблюдений сети Общегосударственной службы контроля за состоянием атмосферы либо определяются расчетным путем.

Величины *ПДВ* и *ВСВ* утверждаются в установленном порядке специально уполномоченными государственными органами. Пересмотр их производится в случае изменения мощности, технологии производства, режима работы предприятия, но не реже одного раза в пять лет.

Величины *ПДВ* и *ВСВ* определяются путем расчета загрязнения атмосферы вредными выбросами из отдельного источника или группы источников, определения расчетной концентрации этих загрязнений в приземном слое атмосферы и сопоставления полученных данных с предельно допустимыми концентрациями примесей в атмосферном воздухе населенных пунктов. Результаты проводятся по временной Методике нормирования промышленных выбросов в атмосферу, разработанной Государственным комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Результаты расчетов и предложения по достижению установленных нормативов качества окружающей среды оформляются в виде тома «Охрана окружающей среды и предложения по предельно допустимым выбросам (ПДВ) и временно согласованным выбросам (ВСВ) для предприятий» (том ПДВ и ВСВ).

3. Методика расчета предельно допустимого выброса и его рассеивания

3.1. Расчет рассеивания выбросов из одиночного источника

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m (мг/м³) для выброса нагретой газовой смеси из одиночного (точечного) источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m от источника определяется по формуле

$$C_m = 0,001 \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} + 2C_f, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе, с^{2/3}·град^{1/3}; M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу из источника выбросов, кг/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; H – высота источника выброса над уровнем земли, м; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_B , °С; C_f – фоновая концентрация загрязняющих веществ в атмосфере, мг/м³; V_1 – объемный расход газовой смеси, м³/с, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (2)$$

где D – диаметр источника выброса, м; ω_0 – средняя скорость газовой смеси на выходе из устья источника выброса, м/с.

Коэффициент A принимается для неблагоприятных метеорологических условий, при которых концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе от источника выбросов достигают максимального значения. Для зоны Сибири значение коэффициента $A = 200$.

Величины M и V_1 определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами.

Величины безразмерного коэффициента F принимаются:

1) для газообразных вредных веществ (сернистого газа, сероуглерода и т. п.) и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F = 1$;

2) для пыли и золы (кроме указанных в предыдущем пункте):

– если коэффициент очистки газовых выбросов равен не менее 90 %, $F = 2$;

– если коэффициент очистки газовых выбросов равен от 75 до 90 %, $F = 2,5$;

– если коэффициент газовых выбросов очистки менее 75 %, $F = 3,0$.

Вне зависимости от эффективности пылеулавливания, значение коэффициента F принимается равным 3, также при расчетах рассеивания пыли в атмосфере для производств, в которых выбросы пыли сопровождаются выделениями водяного пара в количестве, достаточном для того, чтобы в течение года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляция влажных пылевых частиц (например, глиноземное производство).

Безразмерный коэффициент m в уравнении (1) определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (3)$$

в зависимости от величины параметра f , вычисляемого по уравнению

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (4)$$

Безразмерный коэффициент n в уравнении (1) определяется по формулам (5)–(7) в зависимости от параметра v_m , вычисляемого по формуле (8):

при
$$v_m \leq 0,3n = 3; \quad (5)$$

при $0,3 < v_m \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)};$ (6)

при $v_m > 2 \quad n = 1,$ (7)

где $v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}.$ (8)

Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_m при неблагоприятных метеорологических условиях достигается на оси факела выброса (по направлению среднего ветра за рассматриваемый период) на расстоянии x_m от источника выброса.

Величина x_m определяется по формуле

$$x_m = d \cdot H. \quad (9)$$

Коэффициент d в уравнении (9) определяется в зависимости от значения коэффициента v_m :

при $v_m \leq 2 \quad d = 4,95 \cdot v_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f});$ (10)

при $v_m > 2 \quad d = 7 \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}).$ (11)

Величины приземных концентраций вредных веществ C в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса определяются по формуле

$$C = S_1 \cdot C_m. \quad (12)$$

Безразмерный коэффициент S_1 определяется в зависимости от отношения x/x_m по формулам

при $\frac{x}{x_m} \leq 1 \quad S_1 = 3 \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2;$ (13)

при $1 < \frac{x}{x_m} \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 1}.$ (14)

При $x/x_m > 8$ и $F = 1$ величина S_1 определяется по формуле

$$S_1 = \frac{\frac{x}{x_m}}{3,58\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35,2\left(\frac{x}{x_m}\right) + 120}, \quad (15)$$

при $x / x_m > 8$ и $F = 2; 2,5$ или 3 величина S_1 определяется по формуле

$$S_1 = \frac{1}{0,1\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 2,47\left(\frac{x}{x_m}\right) - 17,8}. \quad (16)$$

3.2. Определение предельно допустимого выброса

Предельно допустимый нагретый выброс вредного вещества в атмосферу ПДВ, г/с, из одиночного источника (трубы), при котором обеспечивается не превышающая ПДК концентрация его в приземном слое воздуха, определяется по формуле

$$ПДВ = \frac{ПДК \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}. \quad (17)$$

3.3. Определение минимальной высоты одиночного источника выброса

Высота одиночного источника выброса (трубы) H , при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m , если установлены величины M , ω_0 , ν_1 , D и ΔT , определяется по формуле

$$H = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot V_1 \cdot ПДК} \right)^{3/4}. \quad (18)$$

4. Исходные данные для расчетов

Промышленным предприятием осуществляется выброс газовой смеси, содержащей вредную примесь, в атмосферу из одиночного источника (трубы). Параметры источника выброса, расход газовой смеси, содержание в смеси вредной примеси и ее ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов для различных вариантов расчетов приведены в приложении. Необходимо определить:

– предельно допустимый выброс примеси в атмосферу ПДВ;

- максимальную приземную концентрацию примеси C_m ;
- расстояние от источника выброса, на котором достигается максимальная концентрация, x_m ;
- величины приземных концентраций вредного вещества – C на расстояниях от источника выброса, определяемые соотношениями $x/x_m = 0,25$; $x/x_m = 0,5$; $x/x_m = 1,5$; $x/x_m = 3,0$; $x/x_m = 5,0$;
- построить графическую зависимость приземной концентрации примеси от расстояния от источника выброса;
- результаты расчетов свести в таблицу.

Примечания:

- коэффициент A принимается для всех вариантов расчетов равным $A = 200$;
- коэффициент F принимается для всех вариантов расчетов равным $F = 1$;
- температура окружающего атмосферного воздуха принимается для всех вариантов расчетов $T_B = 27$ °С.

5. Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- * наименование и вариант работы;
- * исходные данные для расчетов;
- * методика расчетов с результатами вычислений;
- * рисунок, отражающий графическую зависимость концентрации загрязняющего вещества от расстояния от источника выбросов;
- * сводная расчетная таблица;
- * общее заключение по результатам работы.

6. Пример расчета

Газовоздушная смесь, содержащая вредную примесь (двуокись азота, $ПДК = 0,085$ мг/м³) в количестве $M = 160$ г/с, выбрасывается из трубы высотой $H = 60$ м. Средняя скорость газовоздушной смеси на выходе из устья трубы равна $\omega_0 = 6$ м/с. Диаметр выходного отверстия трубы равен $D = 2$ м. Температура газовоздушной смеси на выходе из трубы равна $T_r = 167$ °С. Температура окружающего атмосферного воздуха равна $T_B = 27$ °С.

1. Определение максимальной приземной концентрации вредного вещества C_m

Объем газовой смеси, выбрасываемый из источника, уравнение (2):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 6 = 18,84 \text{ м}^3.$$

Разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего воздуха:

$$\Delta T = T_r - T_b = 167 - 27 = 140^\circ \text{C}$$

Значение параметра f , уравнение (4):

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 10^3 \cdot \frac{6^2 \cdot 2}{60^2 \cdot 140} = 0,143.$$

Коэффициент m , уравнение (3):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,143} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,143}} = 1,129.$$

Коэффициент v_m , уравнение (8):

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{18,84 \cdot 140}{60}} = 4,31.$$

$v_m > 2$, следовательно, коэффициент n в уравнении (1) равен $n = 1$.

Максимальная приземная концентрация вредного вещества, уравнение (1):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 1,129 \cdot 1}{60^2 \cdot \sqrt[3]{18,84 \cdot 140}} = 0,763 \text{ мг/м}^3.$$

Коэффициент A в уравнении (1) в расчетах принят для зоны Сибири равным $A = 200$. Двуокись азота является газообразным веществом, скорость упорядоченного осаждения которого практически равна нулю. Поэтому значение коэффициента F в уравнении (1) в расчетах принято равным $F = 1$.

2. Определение расстояния от источника выброса (трубы) по оси факела, на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества

Коэффициент d при значении $v_m > 2$, уравнение (11):

$$d = 7 \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{4,31} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{0,143}) = 16,66.$$

Расстояние, на котором достигается максимальная приземная концентрация, уравнение (9):

$$x_m = d \cdot H = 16,66 \cdot 60 = 1000 \text{ м.}$$

3. Определение приземных концентраций вредного вещества на различных расстояниях от источника выбросов в атмосферу (трубы)

Величины приземных концентраций вредного вещества в атмосфере на различных расстояниях x от источника выбросов, см. уравнение (12). Расчет проводится для следующих значений отношения заданного значения расстояния к значению, при котором достигается максимальная приземная концентрация: $x / x_m = 0,25$; $x / x_m = 0,5$; $x / x_m = 1,5$; $x / x_m = 3,0$; $x / x_m = 5,0$. В данном примере этим отношениям соответствуют следующие расстояния от источника выбросов: 250, 500, 1500, 3000, 5000 м.

Приземные концентрации для значений отношения $x / x_m \leq 1$:

$$x / x_m = 0,25.$$

Коэффициент S_1 , уравнение (13):

$$S_1 = 3 \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 = 3 \cdot 0,25^4 - 8 \cdot 0,25^3 + 6 \cdot 0,25^2 = 0,262$$

Приземная концентрация, уравнение (12):

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,262 \cdot 0,763 = 0,20 \text{ мг / м}^3.$$

$$x / x_m = 0,5; S_1 = 0,687; C = 0,524 \text{ мг / м}^3.$$

Приземные концентрации для значений отношения $x / x_m > 1$:

$$x / x_m = 1,5.$$

Коэффициент S_1 , уравнение (14):

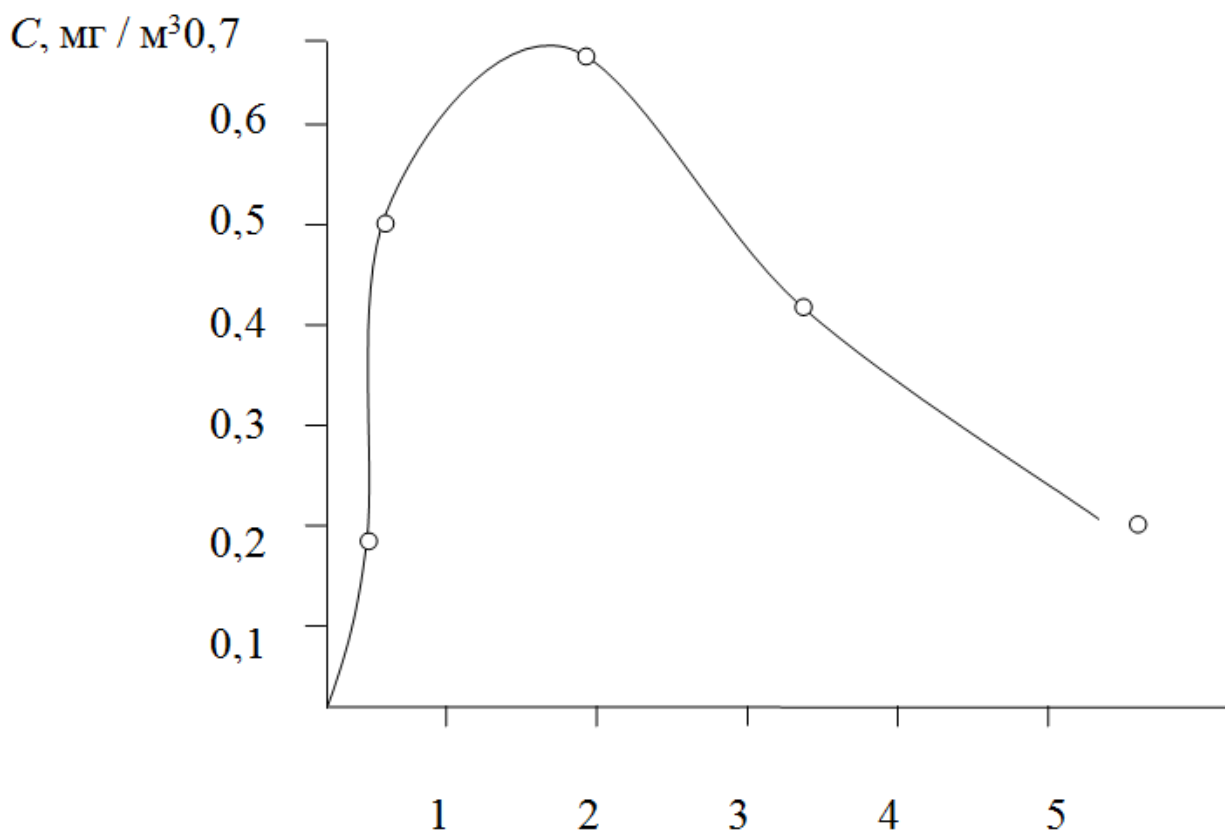
$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13 \cdot 1,5^2 + 1} = 0,874.$$

Приземная концентрация, уравнение (12):

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,874 \cdot 0,763 = 0,667 \text{ мг / м}^3,$$

$$x / x_m = 3,0; S_1 = 0,52; C = 0,397 \text{ мг / м}^3,$$

$$x / x_m = 5,0; S_1 = 0,266; C = 0,203 \text{ мг / м}^3.$$



Зависимость концентрации вредного вещества в приземном слое атмосферы от расстояния от источников выбросов

4. Определение предельно допустимого выброса вредного вещества в атмосферу из одиночного источника

$$ПДВ = \frac{ПДК \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{0,085 \cdot 60^2 \cdot \sqrt[3]{18,84 \cdot 140}}{200 \cdot 1,0 \cdot 1,129 \cdot 1,0} = 18,72 \text{ г / с.}$$

5. Определение минимальной высоты источника выброса, при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредного вещества

ПДК вредной примеси в газовойоздушной смеси (диоксида азота) составляет 0,085 мг/м³. Максимальная концентрация примеси в приземном слое атмосферы равна $C_m = 0,763 \text{ мг / м}^3$, т. е. больше ПДК. Следовательно, условия выброса газовойоздушной смеси в атмосферу

через трубу высотой 60 м не соответствуют санитарным требованиям. Добиться данного соответствия можно увеличением высоты трубы.

Высота одиночного источника выброса (трубы) H , при которой обеспечивается не превышающее $ПДК$ значение максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m , если установлены величины M , ω_0 , ν_1 , D и ΔT , определяется по формуле

$$H_p = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot \nu_1 \cdot ПДК} \right)^{3/4} = \left(\frac{200 \cdot 160 \cdot 1,0 \cdot 2,0}{8 \cdot 18,84 \cdot 0,085} \right)^{3/4} = 594,2 \text{ м.}$$

Результаты расчетов предельно допустимого выброса вредных веществ в атмосферу

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значения
1. Параметры источника выбросов			
• высота	H	м	60
• диаметр	D	м	2
• скорость газовой смеси в устье выброса	ω_0	м/с	6
• объем газовой смеси	V_1	м ³ /с	18,84
• высота, при которой обеспечивается не превышающая $ПДК$ максимальная концентрация вредного вещества	H_p	м	594,2
2. Параметры газовой смеси			
• загрязняющее вещество			диоксид азота
• $ПДК$	$ПДК$	мг/м ³	0,085
• количество выбрасываемой примеси	M	г/с	160
• предельно допустимый выброс	$ПДВ$	г/с	18,72
• максимальная концентрация в приземном слое	C_m	мг/м ³	0,763
• расстояние, на котором достигается максимальная концентрация	x_m	м	1000

7. Контрольные вопросы

1. Как называются нормативы качества атмосферного воздуха?
2. Какое условие принимается за основу при установлении для стационарного источника выбросов норматива предельно допустимого выброса ($ПДВ$)?

3. На основании какого документа разрешается выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников?

4. Какие меры применяются к предприятию, имеющему выбросы в атмосферу, в случаях, когда возникает угроза здоровью населения и окружающей среде?

5. Какие мероприятия по охране атмосферного воздуха должны осуществляться при размещении, вводе в действие новых или реконструируемых действующих предприятий?

6. Какое санитарно-гигиеническое требование должно выполняться при вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования?

7. Какие мероприятия должны осуществляться на предприятиях, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу?

8. В каких случаях устанавливаются нормативы временно согласованных выбросов (*ВСВ*) вредных веществ в атмосферу?

9. Какие требования предъявляются к предприятию при установлении норм *ПДВ*?

10. Какие данные принимаются за основу при установлении нормативов *ВСВ*?

11. Каким образом устанавливаются нормативы *ПДВ* и *ВСВ*?

Данные для выполнения работы
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО ВЫБРОСА
ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ И РАСЧЕТ
РАСSEИВАНИЯ ЭТИХ ПРИМЕСЕЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ»

Номер вари- анта	Загрязнитель		Выброс		Источник выброса		
	наименование	$ПДК$, $мг/м^3$	масса M , г/с	температура T_r , °C	скорость ω_0 , м/с	высота H , м	диаметр D , м
1	Азота двуокись	0,085	160	250	6,0	160	1,5
2	Аммиак	0,2	155	245	6,1	162	1,6
3	Ангидрид сернистый	0,05	150	240	6,2	164	1,7
4	Анилин	0,03	145	235	6,3	166	1,8
5	Бензин	1,3	140	230	6,4	168	1,9
6	Бензол	0,8	135	225	6,5	170	2,0
7	Водород хлористый	0,2	130	220	6,6	172	2,1
8	Диметиламин	0,005	125	215	6,5	174	2,2
9	Дихлорэтан	1,0	120	210	6,4	176	2,3
10	Капролактам	0,06	115	205	6,3	178	2,4
11	Кислота серная	0,1	110	200	6,2	180	2,5
12	Кислота уксусная	0,06	105	195	6,1	182	2,6
13	Ксилол	0,2	100	190	6,0	184	2,7
14	Нитробензол	0,008	98	185	5,9	188	2,8
15	Сероуглерод	0,005	96	180	5,8	190	2,9
16	Сероводород	0,008	94	175	5,7	192	3,0
17	Стирол	0,003	92	170	5,6	194	2,9
18	Толуол	0,6	90	165	5,4	196	2,8
19	Трихлорэтилен	1,0	88	160	5,3	198	2,7
20	Фенол	0,01	86	155	5,2	200	2,6
21	Формальдегид	0,003	84	150	5,1	222	2,5
22	Хлор	0,03	82	145	5,0	224	2,4
23	Хлорбензол	0,01	80	140	4,9	226	2,5
24	Циклогексано́л	0,06	78	135	4,8	228	2,4
25	Цинка окись	0,05	76	130	4,7	230	2,3

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ И ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

1. Цель и содержание работы

Работа предназначена для знакомства студентов с порядком определения размеров ущерба от деградации почв и земель и от загрязнения почв химическими веществами организациями, предприятиями, юридическими и физическими лицами.

2. Общие положения

Методика определения размеров ущерба от деградации и загрязнения земель химическими веществами разработана в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 и Постановлением Правительства РФ «Об утверждении Положения о возмещении убытков при ухудшении качества земель, ограничении прав собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков, а также правообладателей расположенных на земельных участках объектов недвижимости» от 27.01.2022 года № 59.

Экологический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается главным образом в:

- деградации почв и земель;
- загрязнении земель химическими веществами;
- захлавлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов;
- увеличении площадей, отводимых под места размещения отходов.

При определении размеров ущерба используются данные почвенных, агрохимических, геоботанических, почвенно-мелиоративных, геологических и других необходимых обследований.

Деградация почв и земель представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функций почв, количественному и качественному ухудшению их состава и свойств, снижению природно-хозяйственной значимости зе-

мель. Деградация почв и земель происходит в результате хозяйственной деятельности в сельском и лесном хозяйстве, строительства и горнодобывающей деятельности, рекреационных нагрузок.

Под *степенью деградации* почв и земель понимается характеристика их состояния, отражающая ухудшение состава и свойств. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова и порча земель.

Выделяются следующие основные типы деградации почв и земель:

- технологическая (эксплуатационная) деградация, в т. ч. нарушение земель, физическая деградация, агроистощение;
- эрозия, в т. ч. водная, ветровая;
- засоление, в т. ч. собственно засоление, осолонцевание;
- заболачивание.

Под *технической деградацией* понимается ухудшение свойств почв, их физического состояния и агрономических характеристик, которое происходит в результате эксплуатационных нагрузок при всех видах землепользования.

Нарушение земель представляет собой механическое разрушение почвенного покрова и обусловлено открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и торфа, строительными и геологоразведочными работами и др. К нарушенным землям относятся все земли со снятым или перекрытым гумусовым горизонтом и непригодные для использования без предварительного восстановления плодородия, т. е. земли, утратившие первоначальную ценность.

Физическая деградация характеризуется нарушением (деформацией) сложения почв, ухудшением комплекса их физических свойств.

Агроистощение представляет собой потерю почвенного плодородия в результате сельскохозяйственной деятельности.

Эрозия представляет собой разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока и ветра с последующим перемещением и переотложением почвенного материала.

Водная эрозия представляет собой разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока. Выделяется плоскостная и линейная эрозия. Плоскостная эрозия проявляется в виде смывости поверхностных горизонтов (слоев) почв. Линейная (овражная) эрозия – размыв почв и подстилающих пород, проявляющихся в виде формирования различного рода промоин и оврагов.

Под *ветровой эрозией* понимается захват и перенос частиц поверхностных слоев почв ветровыми потоками, приводящий к разрушению почвенного покрова.

Засоление почв и земель представляет собой процесс накопления водорастворимых солей, включая и накопление в почвенном поглощающем комплексе ионов натрия и магния.

Собственно засоление – это избыточное накопление водорастворимых солей и возможное изменение среды вследствие изменения их катионно-анионного состава.

Осолонцевание представляет собой приобретение почвой специфических свойств, обусловленное вхождением ионов натрия и магния в почвенный поглощающий комплекс.

Под *заболачиванием* понимается изменение водного режима, выражающееся в длительном переувлажнении, подтоплении и затоплении почв и земель.

Дегградация почв и земель характеризуется пятью степенями:

0 – недеградированные (ненарушенные);

1 – слабодegradированные;

2 – среднедеградированные;

3 – сильнодеградированные;

4 – очень сильно деградированные (разрушенные).

Для оценки степени дегградации почв и земель используются индикаторные показатели, по которым установлены пороговые значения для определения потери природно-хозяйственной значимости земель. К таким показателям относятся: мощность неплодородного наноса (см), глубина провалов, каменистость покрытия (%), уменьшение мощности почвенного профиля от исходного (в %), уменьшение запасов гумуса в профиле (% от исходного), глубина размывов (см), расчлененность территории оврагами (км/км²), содержание токсичных солей в пахотном слое (%), продолжительность затопления (месяцы) и др.

Установление степени дегградации почв и земель возможно по любому индикаторному показателю. При наличии двух и более существенных изменений индикаторных показателей оценка степени дегградации почв и земель проводится по показателю, устанавливающему максимальную степень.

Ущерб от загрязнения земель определяется:

– при произведении загрязнения земель (выбросами и сбросами загрязняющих веществ) – на основе данных обследований земель и

лабораторных анализов по сравнению с данными предыдущих обследований и анализов;

– при нарушении технологий и регламентов применения пестицидов и других агрохимикатов, несоблюдения природоохранных требований при их хранении, транспортировке и проведении погрузочно-разгрузочных работ, загрязнении земель при авариях, залповых выбросах и сбросах – на основе данных обследований земель и лабораторных анализов;

– при захламлении земель несанкционированными свалками отходов – на основе данных об объеме (массе) отходов и степени их опасности.

Отходы производства по степени воздействия на организм человека делят на 4 класса опасности: 1-й класс – чрезвычайно опасные, 2-й класс – высоко опасные, 3-й класс – умеренно опасные, 4-й класс – малоопасные.

Площади, глубина загрязнения земель и концентрация химических веществ определяются на основании материалов по обследованию земель и лабораторных анализов.

При расчете размеров ущерба от загрязнения земель стоимостные показатели определяются в соответствии с таблицей 1 и уточняются на основе данных государственной статистики об индексации цен.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости на территории РФ (табл. 4) вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого загрязняющими веществами на земли.

Средства, взыскиваемые с виновных юридических и физических лиц и возмещение ущерба, нанесенного ими в результате загрязнения земель химическими веществами, рекомендуется использовать для осуществления мероприятий по консервации загрязненных земель, выполнению специальных режимов их использования, восстановлению загрязненных земель, устранению их дальнейшего загрязнения, для возмещения убытков и вреда, причиненного в результате ухудшения качества земель и ограничения их использования, возмещения потерь сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, а также на проведение обследований по выявлению загрязненных земель и лабораторных анализов по определению степени их загрязнения.

3. Расчет платы за ущерб от загрязнения земель химическими веществами

3.1. Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. В случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по следующей формуле:

$$П = Пс \times S \times Kв \times Kз \times Kэ \times Kг \times Kи \quad (1),$$

где $П$ – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими химическими веществами (тыс. руб.); $Пс$ – норматив стоимости сельскохозяйственных земель (тыс. руб./га), определяемый согласно таблице 1; S – площадь земель, загрязненных химическим веществом (га); $Kв$ – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, определяемый согласно табл. 2; $Kз$ – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами, определяемый согласно табл. 3; $Kэ$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района, определяемый согласно табл. 4; $Kг$ – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель, определяемый согласно табл. 5; $Kи$ – коэффициент индексации цен.

3.2. Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: допустимым (1 уровень), слабым (2 уровень), средним (3 уровень), сильным (4 уровень) и очень сильным (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается содержание в почве химических веществ, не превышающее их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). При допустимом уровне загрязнения коэффициент $Kз$ в формуле 1 приравнивается к 0, тогда $П = 0$, следовательно, плата не взимается. Содержание в почве химических веществ, соответствующее различным уровням загрязнения, приведено в таблице 6.

3.3. Размеры ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов определяются по формуле

$$П = Hn \cdot M \cdot Kэ \cdot 25Kв \quad (2),$$

где $П$ – то же, что в формуле 1; Hn – норматив платы за захламление земель 1 т ($м^3$) отходов (руб.), определяемый согласно табл. 7; M – масса (объем) отхода (т, $м^3$); $Kэ$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района согласно табл. 4; 25 – повышающий коэффициент за загрязнение зе-

мель отходами несанкционированных свалок; $Kв$ – то же, что и в формуле (1).

4. Расчет размера ущерба от деградации почв и земель

При проведении обследований по выявлению деградированных почв и земель определяются площади, а также изменение степени их деградации:

а) в качестве исходных материалов используются данные почвенных, агрохимических, почвенно-эрозионных обследований, солевых и других съемок, проведенных предприятиями, организациями и гражданами, имеющими соответствующие лицензии, в сопоставлении с данными предыдущих обследований и съемок;

б) на план землепользования (выкопировку) наносятся контуры угодий в зависимости от изменения степени деградации почв и земель с выделением на них почвенных разновидностей, взятых с почвенной карты;

в) вычисляются площади контуров почвенных разновидностей.

Размер ущерба рассчитывается для каждого контура деградированных почв и земель по формуле:

$$Ущ = (Пс \times S \times Kэ \times Kс + Дх \times S \times Kв) \times Kи \quad (3),$$

где $Ущ$ – размер ущерба от деградации почв и земель (тыс. руб.); $Пс$ – норматив стоимости, определяемый согласно табл. 1; S – площадь деградированных почв и земель (га); $Kэ$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района согласно табл. 3; $Kс$ – коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель, определяемый согласно табл. 8. $Дх$ – годовой доход с единицы площади (тыс. руб.); $Kв$ – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, определяемый согласно табл. 2; $Kи$ – коэффициент индексации цен.

Таблица 1

**Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых
сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд
(по состоянию на 1.11.92)**

Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Норматив стоимости освоения но- вых земель взамен изымаемых с/х угодий, тыс. руб./га
IX зона Республика Алтай, Алтайский край, Кемеров- ская, Новосибирская, Омская, Томская и Тю- менская области, Ханты-Мансийский, Ямало- Ненецкий АО	1238
1. Черноземы всех подтипов и лугово- черноземных почвы – мощные тучные и средне- гумусные; торфяные окультуренные	1427
2. Черноземы всех подтипов и лугово- черноземные почвы – среднемощные тучные и среднегумусные, черноземы мощные эродиро- ванные	1287
3. Черноземы всех подтипов и лугово- черноземные почвы – маломощные; темно- серые лесные, старопойменные луговые	1140
4. Черноземы всех подтипов маломощные эро- дированные и солонцеватые; лугово- черноземные солонцеватые; аллювиально- луговые	951
5. Серые и светло-серые лесные; темно- каштановые эродированные, каштановые, луго- во-каштановые; дерновоподзолистые	853
6. Светло-каштановые, каштановые солонцева- тые, глубокие солонцы	664
7. Луговые солончаковые глееватые; солонцы средние	615
8. Солонцы мелкие и корковые, солончаки; лу- гово-болотные; почвы овражно-балочного ком- плекса	332

Таблица 2

Значения коэффициента пересчета (K_v) нормативов
стоимости сельскохозяйственных земель ($Пс$) в формуле (1)
в зависимости от периода времени по их восстановлению

Продолжительность периода восстано- вления	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстано- вления	Коэффициент пересчета
1 год	0,9	8–10 лет	5,6
2 года	1,7	11–15 лет	7,0
3 года	2,5	16–20 лет	8,2
4 года	3,2	21–25 лет	8,9
5 лет	3,8	26–30 лет	9,3
6–7 лет	4,6	31 и более лет	10,0

Таблица 3

Коэффициенты (K_z) для расчета размеров ущерба в зависимости
от степени загрязнения земель химическими веществами

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	K_z
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	1,5
5	Очень сильная	2,0

Таблица 4

Коэффициенты (K_{ε}) экологической ситуации и экологической
значимости территории

Экономические районы РФ	K_{ε}
Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально-Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо-Кавказский	1,9
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

Таблица 5

Коэффициенты (K_z) для расчета ущерба в зависимости
от глубины загрязнения земель

Глубина загрязнения земель, см	Кг
0–20	1,0
0–50	1,3
0–100	1,5
0–150	1,7
0>150	2,0

Таблица 6

Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, соединение	ПДК	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
		1 уровень	2 уровень низкий	3 уровень средний	4 уровень высокий	5 уровень очень высокий
Свинец	32	<ПДК	От ПДК до 125	125–250	250–600	>600
Ртуть	2,1	<ПДК	От ПДК до 3	3–5	5–10	>10
Мышьяк	2,0	<ПДК	От ПДК до 20	20–30	30–50	>50
Цинк	23	<ПДК	От ПДК до 500	500–1500	1500–3000	>3000
Бензол	0,3	<ПДК	От ПДК до 1	1–3	3–10	>10
Бенз(а)пирен	0,02	<ПДК	От ПДК до 0,1	0,1–0,25	0,25–0,5	>0,5
Толуол	0,3	<ПДК	От ПДК до 10	10–50	50–100	>100
Хром	90	<ПДК	От ПДК до 250	250–500	500–800	>800
Ванадий	150	<ПДК	От ПДК до 225	225–300	300–350	>350
Олово	4,5	<ПДК	От ПДК до 20	20–50	50–300	>300
Фтор	10	<ПДК	От ПДК до 15	15–25	25–50	>50
Стирол	0,1	<ПДК	От ПДК до 5	5–20	20–50	>50
Сернистые соединения	160	<ПДК	От ПДК до 180	180–250	250–380	>380

Таблица 7.

**Плата за захламление земель
несанкционированными свалками отходов (по состоянию на
12.06.2003)**

Виды отходов	Единица измерения	Нормативы платы за размещение отходов (руб.)
Нетоксичные отходы:		
- добывающей промышленности	т	0,4
- перерабатывающей промышленности	м ³	15,0
- бытовые	м ³	20,0
Токсичные отходы:		
- 1 класс токсичности – чрезвычайно опасные	т	1739,2
- 2 класс токсичности – высоко опасные	т	745,4
- 3 класс токсичности – умеренно опасные	т	497,0
- 4 класс токсичности – малоопасные	т	248,4

Таблица 8.

**Коэффициенты пересчета в зависимости
от изменения степени деградации почв и земель (K_c)**

Степень деградации почв по данным контрольных обследований	K_c
0	0
1	0,2
2	0,5
3	0,8
4	1,0

Таблица 9.

Данные для расчета размеров ущерба от деградации земель, загрязнения земель химическими веществами и несанкционированными свалками отходов

№ варианта	Типы и подтипы почв	Время восстановления земель	Площадь земель, загрязненная химическими веществами, га	Загрязняющее вещество	Содержание загрязняющего вещества в почве, мг/кг	Площадь деградированных земель, га	Глубина загрязнения почвы, см	Степень деградации	Годовой доход с единицы площади, тыс. руб.	Масса отходов, т	Класс опасности
1	Чернозем мощный тучный	2 года	0,5	Свинец	150	5,0	100	1	250	8,0	1
2			0,8		120	8,0	20	1		6,2	1
3			2,0		300	20,0	150	2		0,56	2
4	Маломощный слабогумусный чернозем с оврагами	20 лет	3,0	Фтор	15	30,0	10	2	200	7,3	2
5			15,0		20	2,0	15	3		12,0	Бытовые
6			45,0		30	4,0	5	3		67,0	Бытовые
7	Серая лесная	10 лет	30,0	Ртуть	4	3,0	8	4	150	10,0	3
8			12,0		6	10,0	12	4		15,0	3
9			15,0		12	6,0	10	1		15,2	4
10	Каштановая	5 лет	0,2	Цинк	365	2,0	5	1	125	2,0	4
11			2,0		550	20,0	10	1		2,5	1
12			4,0		1700	40,0	15	2		3,0	1
13	Торфяная	15 лет	20,0	Мышьяк	30	3,0	5	3	120	13,0	2
14			25,0		10	2,5	10	3		35,0	Бытовые
15			30,0		40	3,0	15	4		40,0	Бытовые
16	Дерново-подзолистая	18 лет	7,0	Бенз(а)пирен	0,15	40,0	5	4	110	3,5	2
17			10,0		0,20	15,0	7	1		4,0	3
18			15,0		0,40	10,0	25	1		4,5	3
19	Солончак	30 лет	18,0	Стирол	10	15,0	5	1	75	5,0	4
20			20,0		3	25,0	12	2		5,5	4
21			22,0		40	30,0	100	2		6,0	1

Исходные данные для расчетов

Определите ущерб от загрязнения почв химическими веществами, несанкционированными свалками отходов и ущерб от деградации почв. Данные для расчетов приведены в таблице 9. Результаты занесите в сводную расчетную таблицу.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие деградации земель. Назовите основные типы деградации.
2. Перечислите индикаторные показатели для оценки степени деградации земель.
3. Каков порядок определения ущерба от деградации почв и земель?
4. Как определяется экологический ущерб от загрязнения земель химическими веществами?
5. Каково значение коэффициентов экологической ситуации?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

ОЦЕНКА АВТОТРАНСПОРТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АКУСТИЧЕСКУЮ СРЕДУ ГОРОДА

1. Цель и содержание работы

Цель работы – ознакомить студентов с расчетом шумового воздействия автотранспорта на городскую среду и с методами защиты от шума. В настоящее время население городов находится в условиях постоянного акустического дискомфорта как на производстве и в транспорте, так и в быту. Поэтому стали актуальными вопросы разработки методов снижения шумового воздействия различных техногенных источников на окружающую среду городских территорий. По нижеприведенной методике студенты определяют уровень шума вблизи автодорог города.

2. Теоретические положения

2.1. Источники шума в городе.

Воздействие шума на организм человека

Источники шума в городах разнообразны. Причиной шума в городах могут служить предприятия машиностроения, легкой и строи-

тельной промышленности, основным же источником шума является транспорт. Его доля составляет 70–80% от общего фонового шума, передающегося через атмосферу. На крупных транспортных магистралях уровень шума составляет 85–92 дБ с максимумом звукового давления в диапазоне частот 400–800 Гц. Шумовые характеристики транспортных потоков в первую очередь определяются назначением улицы. Наибольшие уровни шума отмечаются на магистральных улицах городов. Средняя интенсивность движения достигает 2000–3000 транспортных единиц в час и больше, а максимальные уровни шума – 90–95 дБ. Уровень уличных шумов определяется интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Кроме того, уровень уличных шумов зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума до 10 дБ. В промышленном городе обычен высокий процент грузового транспорта на магистралях. Увеличение в общем потоке автотранспорта грузовых автомобилей, особенно большегрузных с дизельными двигателями, приводит к росту уровней шума. В целом грузовые и легковые автомобили создают на территории городов тяжелый шумовой режим. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примагистральную территорию, но и в глубь жилой застройки. В табл. 1 приводится шкала оценки шумового загрязнения городских земель.

Таблица 1

Шкала оценки процесса шумового загрязнения городских земель

Уровень шума, дБ	Степень шумового загрязнения
≤ 34	зашумление комфортное
35–50	нормальное
51–60	среднее
61–70	сильное
> 70	чрезвычайное

За точку отсчета наличия процесса зашумления принято критическое значение уровня звука в помещениях выше 24 дБ, а на территории города – выше 34 дБ. Жилые помещения, уровень звука в которых превышает 70 дБ в дневное время и 55 дБ – в ночное, считаются аварийными, а их эксплуатация – недопустимой.

Интенсивный шум создает железнодорожный транспорт. Даже на расстоянии 200 м от железнодорожной линии его уровень составляет примерно 60 дБ. Повышение скорости движения поездов также приводит к значительному росту уровня шума в жилых зонах; расположенных вдоль железнодорожных путей или близ сортировочных станций. Максимальный уровень звукового давления на расстоянии 7,5 м от движущегося электропоезда достигает 93 дБ, от пассажирского – 91, от товарного состава – 92 дБ. При скорости 35 км/ч электропоезд создает шум в 82 дБ; 43 км/ч – 84 дБ; при 55 км/ч уровень звука увеличивается до 89 дБ.

Основной источник железнодорожного шума – удары вагонов при движении на стыках и неровностях рельсов.

Движение тепловозов, товарных составов, диспетчерская связь, сигналы локомотивов также могут быть причиной нарушения акустического режима на территории жилых кварталов.

Из всех видов городского транспорта наиболее шумный трамвай. Стальные колеса трамвая при движении по рельсам создают уровень шума на 10 дБ выше, чем колеса автомобиля при соприкосновении с асфальтом. Трамвай создает шумовые нагрузки при работе двигателя, открывании дверей, подаче звуковых сигналов. Высокий уровень шума от движения трамвая – одна из основных причин сокращения трамвайных линий в городах.

Мощными источниками шума, с которыми связано акустическое загрязнение среды на большой территории, являются аэропорты. Особенно интенсивный шум создается самолетами при взлете. Так, например, уровень шума на расстоянии 1 км от взлетной полосы при взлете самолета АН-24 достигает 107–110 дБ.

Уровень шума в городах за счет роста населения, увеличения скоростей и интенсивности движения транспортных средств возрастает примерно на 0,5–1 дБ в год, а в некоторых крупных городах рост акустической нагрузки достигает 2 дБ в год.

Жилые помещения, особенно расположенные в многоэтажных домах, имеют большое число «внутренних – источников шума: работающие лифты, вентиляторы, насосы, телевизоры, магнитофоны могут создавать шум интенсивностью от 70 до 95 дБ. Громкий разговор по телефону является источником акустического воздействия интенсивностью до 70 дБ.

Сильный шум отрицательно воздействует на органы слуха человека. В первую очередь ухудшается восприятие высоких звуков, а за-

тем и низких. Постоянное его воздействие снижает трудоспособность, может стать причиной неврозов и многих других заболеваний. Наиболее чувствительны к воздействию шума люди старших возрастов. Если в возрасте до 27 лет на шум реагируют примерно 46 % людей, то в возрасте от 58 лет и старше – 72 %. Более восприимчивы люди к акустическому воздействию в ночные часы.

В табл. 2 показано распределение основных видов городского шума по создаваемым уровням звука (дБА), а также (в процентном соотношении) по количеству поступающих от городского населения жалоб на шум.

Таблица 2

Источники городского шума

Вид шума	Уровень звука, дБА	Жалобы населения на шум, %
Бытовой	75–85	12–22
Производственный	75–80	8–12
Транспортный	85–100	66–80

Вопреки бытующему мнению привыкания человека к шуму нет. Вегетативная нервная система человека на любой шум реагирует отрицательно. Медики установили, что физиолого-биохимическая адаптация человека к шуму невозможна. Особенно тяжело переносятся внезапные звуки высокой частоты.

Акустическое загрязнение окружающей среды влияет на человека не меньше, чем разрушенный озоновый слой или кислотные дожди. Длительное шумовое воздействие рассматривается как один из факторов, вызывающих повышенную заболеваемость. Так, изменения функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, повышение содержания холестерина в крови встречаются чаще у лиц, проживающих в шумных районах.

Величины эквивалентного уровня шума $L_{экв}$, воздействующего на человека, от различных техногенных источников не должны превышать для конкретных условий предельных величин, установленных санитарными нормами (табл. 13).

Шум свыше 80 дБА вреден для человеческого организма, а при его уровне выше 90 дБА возможна частичная потеря слуха. Болевой порог лежит в пределах 120–130 дБА.

Производственный шум оказывает влияние на человека во время его нахождения на рабочем месте.

В административных помещениях и учреждениях интенсивность шума достигает 40–60 дБА, работа оборудования в производственных помещениях сопровождается шумом до 70–80 дБА. Наибольшую акустическую нагрузку испытывают рабочие цехов различных заводов и ремонтных предприятий города. Например, в кузнечных цехах молоты, а также механические процессы являются источниками импульсного ударного шума с уровнем звукового давления до 130 дБА, в механических цехах работа металлорежущего оборудования производит шум 85–100 дБА (в отдельных случаях 105–114 дБА), клепальные работы создают шум с уровнем 115 дБА, шлифовальные и сверлильные – 88–118 дБА.

Шумовое воздействие на акустическую среду в городах практически всегда имеет локальный характер и преимущественно вызывается транспортными средствами (до 80 % шума), при этом автомобильный транспорт оказывает наиболее неблагоприятное воздействие, так как автомобили являются преобладающими источниками интенсивного и длительного шума, к тому же распространены по всей территории города.

В табл. 3 продемонстрированы источники транспортного шума, имеющиеся в городе с указанием создаваемых при их эксплуатации уровней звука (в дБА).

Таблица 3

Источники транспортного шума в и характеристики их уровней

Источники шума	Уровень шума, дБА
Ж/д состав	80–100
Трамвай	75–96
Троллейбус	71–84
Легковой автомобиль	60–75
Автобус	80–95
Грузовой автомобиль малой мощности	75–79
Грузовой автомобиль большой мощности	80–87
Мотоцикл	80–100

Транспортный шум имеет наибольшие негативные последствия для населения, чем производственный или бытовой, так как сфера его действия значительно шире, а физические параметры, характеризующие влияние шума на организм человека, несравненно выше.

Возникающий при движении транспортных средств шум ухудшает качество среды обитания человека и животных на прилегающих к дороге территориях. Шум действует на нервную систему человека, снижает трудоспособность, уменьшает сопротивляемость сердечно-сосудистым заболеваниям.

В условиях интенсивной автомобилизации образование зон акустического дискомфорта в городах определяется в основном транспортными средствами, движущимися по автодорогам. Проблема транспортного шума приобретает социальное значение, становясь при этом одной из важнейших проблем эксплуатации автодорог и организации дорожного движения. Шумовое воздействие, которое испытывает население в зоне влияния автодорог, является практически постоянным и не может регулироваться самими людьми без проведения кардинальных планировочных мероприятий (например, замены окон с простыми стеклами на шумозащитные).

Шумовое воздействие автотранспорта испытывают люди, находящиеся (в том числе проживающее) в зоне влияния автодорог и находящиеся непосредственно в транспортном средстве (водители и пассажиры). Требования к шумовым характеристикам автомобилей непрерывно ужесточаются и сейчас во многих странах введены нормы, ограничивающие шум автотранспортных средств.

В табл. 4 и 5 представлены действующие в России допустимые уровни внутреннего и внешнего шума, которые не должны превышать более чем на 1 дБА уровень базовых моделей автомобилей, предназначенных для эксплуатации на общей сети автодорог.

Как видно из таблиц, шумовое воздействие, оказываемое даже базовыми АТС, приближено к уровню, вредному для организма человека (более 80 дБА), тем более этот факт приобретает особое значение, если учесть, что транспортные потоки создают постоянную шумовую нагрузку на акустическую среду в зоне влияния автодорог.

Таблица 4

Допустимые уровни внутреннего шума базовых моделей АТС

Тип автомобиля	Уровни шума АТС, производство которых начато, дБА	
	До 01.01.1991	С 01.01.1991
Легковые и грузопассажирские	80	78
Грузовые и автопоезда для международных перевозок	82	80
Остальные грузовые и автопоезда	84	82
Автобусы с передним расположением двигателя:		
- рабочее место водителя	82	80
- пассажирское помещение	81	80
Автобусы с другим расположением двигателя (кроме городского автобуса):		
- рабочее место водителя	78	78
- пассажирское помещение	82	80

Таблица 5

Допустимые уровни внешнего шума базовых моделей АТС и их модификаций

Тип автомобиля	Уровни шума, дБА
Легковые и пассажирские	77
Грузовые и автопоезда с полной массой свыше 3500 кг и с двигателем мощностью, кВт:	
- <75	81
- ≥ 75 , но <150	83
- ≥ 150	84
Автобусы и грузовые автомобили с полной массой, кг:	
- ≤ 2000	78
- >2000, но <3500	79

Внутренний шум определяется в точках, расположенных в кабине или салоне автомобиля, внешний – в точках, находящихся вне транспортного средства. ГОСТ 33555-2022 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний», ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства.

Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» устанавливают требования к допустимым уровням внутреннего и внешнего шума в автомобилях, а также методы его измерения. Этот стандарт направлен на обеспечение комфортных условий для водителей и пассажиров, а также на снижение уровня шума, который может негативно влиять на здоровье и безопасность.

2.2. Оценка уровня шумового воздействия транспорта

Оценка уровня шумового воздействия транспорта на окружающую среду производится при наличии в зоне влияния дороги мест, чувствительных к шумовому воздействию, селитебных и промышленных территорий населенных пунктов, санитарно-курортных зон, территорий сельскохозяйственного назначения, заповедников, заказников.

Уровень звукового давления определяется по формуле

$$L_p = 10 \cdot \lg(P/P_0) \quad (1),$$

где L_p – уровень звукового давления в дБ; P – интенсивность действующего звука (шума), Вт/м²; P_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте звука 1000 Гц, принимается равной 10^{-12} Вт/м².

Из формулы (1) видно, что увеличение интенсивности звука в 10 раз дает рост уровня звука на 10 дБ.

Величина эквивалентного уровня транспортного шума, образующегося на эксплуатируемой дороге, зависит от следующих факторов.

Транспортные факторы:

- количество транспортных средств (интенсивность движения);
- состав движения;
- эксплуатационное состояние транспортных средств;
- объем и характер груза;
- применение звуковых сигналов.

Дорожные факторы:

- плотность транспортного потока;
- продольный профиль (подъемы, спуски);
- наличие и тип пересечений и примыканий;
- вид покрытия, шероховатость;
- ровность покрытия;
- поперечный профиль, наличие насыпей и выемок;
- число полос движения;

- наличие разделительной полосы;
- наличие остановочных пунктов для транспорта.

Природно-климатические факторы:

- атмосферное давление;
- влажность воздуха;
- температура воздуха;
- скорость и направление ветра, турбулентность воздушных потоков;
- осадки.

Прогнозирование эквивалентного уровня транспортного шума на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения допускается проводить по приближенной формуле

$$L_{\text{трп}} = 50 + 8,8 \cdot \lg N + F, \quad (2),$$

где $L_{\text{трп}}$ – уровень шума на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения, дБА; N – расчетная часовая интенсивность движения, авт./ч; F – фоновый уровень шума, принимается по данным местных органов санитарно-эпидемиологического надзора. Эквивалентный уровень шума в придорожной полосе определяется по формуле

$$L_{\text{экв}} = L_{\text{трп}} + \Delta L_v + \Delta L_i + \Delta L_d + \Delta L_k + \Delta L_{\text{диз}} - \Delta L_L \cdot K_p + F, \quad (3),$$

где ΔL_v – поправка на скорость движения $L_{\text{трп}} + \Delta L_v$, определяется по табл. 6; ΔL_i – поправка на продольный уклон, принимается по табл. 7; ΔL_d – поправка на вид покрытия, принимается по табл. 8; ΔL_k – поправка на состав движения, принимается по табл. 9; $\Delta L_{\text{диз}}$ – поправка на количество дизельных автомобилей, принимается по табл. 10; ΔL_L – величина снижения уровня шума в зависимости от расстояния L в метрах от крайней полосы движения, определяется по табл. 11; K_p – коэффициент, учитывающий тип поверхности между дорогой и точкой измерения, принимается по табл. 12.

Таблица 6

Значения величины $L_{\text{трп}} + \Delta L_v$

Интенсивность движения N, авт./ч	Значения $L_{\text{трп}} + \Delta L_v$ в зависимости от скорости движения, дБА				
	30	40	50	60	70
50	63,5	65,0	66,5	68,0	69,5
100	66,5	68,0	69,5	71,0	72,5
230	69,5	71,0	72,5	74,0	75,5
500	72,5	74,0	75,5	77,0	78,5
880	75,5	76,0	77,5	79,0	80,5
1650	76,5	78,0	79,5	81,0	82,5
3000	78,5	80,0	81,5	83,0	84,5

Таблица 7

Значение поправок на продольный уклон ΔL_i

Величина продольного уклона проезжей части, °	Величина поправки ΔL_i , дБА
До 20	0
40	+1
60	+2
80	+3
100	+4

Таблица 8

Значение поправок на вид покрытия ΔL_d

Вид покрытия	Величина поправки – ΔL_d , дБА
Литой и песчаный асфальтобетон	0
Мелкозернистый асфальтобетон	–1,5
Черный щебень	+1,0
Цементобетон	+2,0
Мостовая	+6,0

Таблица 9

Величины поправок на состав движения ΔL_k

Относительное количество грузовых автомобилей и автобусов (недизельных), %	5–20	20–35	35–50	50–60	65–85
Величина поправки ΔL_k , дБА	-2	-1	0	+1	+2

Таблица 10

Значение поправок на количество дизельных автомобилей – $\Delta L_{\text{диз}}$

Относительное число грузовых автомобилей и автобусов с дизельными двигателями, %	5–10	10–20	20–35
Величина поправки $\Delta L_{\text{диз}}$, дБА	+1	+2	+3

Таблица 11

Значение снижения уровня шума в зависимости от расстояния от крайней полосы движения ΔL_L

Расстояние L, м	Величина поправки ΔL_L , дБА				
	Число полос движения				
	2	4		6	
		Ширина разделительной полосы, м			
5		12	5	12	
25	4,6	3,6	3,4	3,2	3,0
50	7,5	6,1	5,7	5,5	5,2
75	9,2	7,7	7,2	7,1	6,7
100	10,4	8,8	8,4	8,1	7,7
150	12,2	10,5	10,0	9,7	9,3
250	14,4	12,2	11,6	11,4	11,0
300	15,2	13,4	12,8	12,6	12,1
400	16,4	14,6	14,0	13,8	13,3
500	17,4	15,6	15,0	14,7	14,3
625	18,3	16,5	15,9	15,7	15,2
750	19,1	17,3	16,7	16,5	16,0
875	19,8	18,0	17,4	17,1	16,4
1000	20,4	18,5	18,2	17,7	17,2

Таблица 12

Коэффициенты, учитывающие тип поверхности между дорогой и точкой замера K_p

Тип поверхности	K_p
Вспаханная	1,0
Асфальтобетон, цементобетон, лед	0,9
Зеленый газон	1,1
Снег рыхлый	1,25

Полученные величины эквивалентного шума $L_{\text{экв}}$ не должны превышать предельных величин, установленных санитарными нормами, приведенными в табл. 13.

Таблица 13

Предельно допустимые уровни шума

Характер территории	Предельно допустимые уровни шума, дБА	
	С 23 до 7 ч (ночь)	С 7 до 23 ч (день)
Селитебные зоны населенных мест	45	60
Промышленные территории	55	65
Зоны массового отдыха и туризма	35	50
Санитарно-курортные зоны	30	40
Территории сельскохозяйственного назначения	45	50
Территории заповедников и заказников	До 30	До 35

Если установленные предельные значения превышены, следует применять мероприятия и сооружения защиты от шума. Рекомендуются следующие мероприятия:

- устройство древесно-кустарниковой полосы,
- устройство древесно-кустарниковой полосы,
- применение шумозащитных барьеров, валов,
- прокладка трассы дороги в выемке.
- перенос трассы дороги.

При применении шумозащитных мероприятий уровень шума в расчетной точке определяется по формуле

$$L = L_{\text{экв}} - \Delta L_{\text{в}}, \quad (4),$$

где $L_{\text{экв}}$ – эквивалентный уровень шума, определяемый по формуле (3); $\Delta L_{\text{в}}$ – величина снижения уровня шума различными типами зеленых насаждений, принимается по табл. 14.

Таблица 14

**Величины снижения уровня шума
различными типами зеленых насаждений – ΔL_v**

Состав посадок	Ширина посадок, м	Снижение уровня шума за полосой, дБ. Интенсивность движения, авт./ч			
		До 60	200	600	≥ 1200
3 ряда лиственных пород (клен, вяз, липа, тополь) с кустарником (спирея, жимолость)	10	6	7	8	8
4 ряда лиственных пород (липа, клен, тополь, с кустарником в виде 2х ярусной изгороди (акация, спирея, жимолость)	15	7	8	9	9
4 ряда хвойных пород (ель, лиственница) шахматной посадки с 2х ярусным кустарником (терн, клен, жимолость)	15	13	15	17	18
5 рядов лиственных пород	20	8	9	10	11
5 рядов хвойных пород	20	14	16	18	19
6 рядов лиственных пород	25	9	10	11	12

2.3. Способы защиты от шума

В настоящее время население городов находится в условиях постоянного акустического дискомфорта как на производстве и в транспорте, так и в быту. Поэтому стали актуальными вопросы разработки методов снижения шумового воздействия различных техногенных источников на окружающую среду городских территорий.

Для защиты людей от вредного влияния городского шума необходимо регламентировать его интенсивность, спектральный состав, время действия и другие параметры.

При гигиеническом нормировании в качестве допустимого устанавливается такой уровень шума, действие которого в течение длительного времени не вызывает изменений во всем комплексе фи-

физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма.

Снижение городского шума может быть достигнуто, в первую очередь, за счет уменьшения шумности транспортных средств.

Практикуется два метода ослабления шумового воздействия на среду обитания:

а) снижение скорости движения транспортных средств, улучшение регулировки уличного потока, запрещение движения для отдельных видов автомобилей по определенным трассам и в определенное время суток, улучшение звукоизоляции зданий и сооружение противошумовых экранов вдоль скоростных автотрасс;

б) совершенствование ходовой и моторной частей транспортных средств.

Меры по защите от акустического загрязнения среды и вибрации могут быть подразделены на те, которые связаны со снижением шума в самом источнике, и те, которые обеспечиваются использованием определенных архитектурно-планировочных решений и специальных звукопоглощающих материалов при строительстве.

В целях борьбы с производственными шумами должны осуществляться: внедрение малошумных технологических процессов; улучшение конструкций транспортных средств и их эксплуатации, а также содержания железнодорожных и трамвайных путей, автомобильных дорог, уличных покрытий; размещение аэродромов и аэропортов на необходимом расстоянии от населенных пунктов и районов жилой застройки; улучшение планировки и застройки городов.

Снижают уровень шума полосы зеленых насаждений между проезжей частью магистрали и жилой застройкой.

Для акустического комфорта жилых районов устраивается шумозащитное озеленение.

Акустический эффект снижения уровня шума зависит в основном от конструкции и ширины зеленой полосы и ее дендрологического состава.

При проектировании шумозащитных посадок следует стремиться получить в сечении общего контура форму треугольника с более пологой стороной к источнику шума. В этих целях ряды в широких полосах располагают в следующем порядке: 1 – низкий кустарник; 2 – высокий кустарник; 3 – дополнительные древесные породы (подлесок); 4–7 – ряды основных пород; 8 – дополнительные породы; 9 – высокий кустарник (номер ряда считается от источника шума).

Расстояние между растениями следует принимать в соответствии с табл. 15.

Для снижения уровней шума на 15–18 дБ рекомендуется сочетать двух- и трехрядные зеленые полосы с экранирующими барьерами. Значительный эффект достигается при замкнутом типе застройки. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищенная со стороны улицы зелеными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и др.) Расположение магистрали на насыпи или в выемке также снижает уровень шума на близко расположенной территории.

Таблица 15

Расстояния между растениями в шумозащитных посадках

Тип растений	В ряду, м	Между рядами, м
Основная порода	3,0	3,0
Дополнительная порода	2,0	2,0
Высокий кустарник	1,0–1,5	1,5
Низкий кустарник	0,5	1,5

В условиях плотной застройки не всегда удастся разместить зеленую полосу требуемой ширины. В этих случаях создаются шумозащитные экраны в виде вертикальных и наклонных стен из армированного бетона, профилированного листового металла, пластика или стекловолокна.

При разработке проектов детальной планировки и застройки автомагистралей защитный эффект может быть достигнут с помощью зонирования. В зоне, непосредственно примыкающей к магистрали, следует располагать невысокие здания нежилого назначения, в следующей зоне – малоэтажную жилую застройку, далее жилую застройку повышенной этажности и в наиболее удаленной от магистрали зоне – детские учреждения, школы, поликлиники, больницы и др.

Защита от шума достигается специальной планировкой домов с ориентацией окон спален и большинства общих комнат в сторону дворового пространства.

Защита от внутридомового шума связана с использованием звукопоглощающих материалов, звуконепроницаемых окон и четкой работой коммунальных служб, обеспечивающих исправную работу оборудования.

Граждане обязаны соблюдать требования, установленные в целях борьбы с бытовым шумом в квартирах, а также во дворах жилых домов, на улицах, в местах отдыха.

При реконструкции городов одним из важнейших мероприятий по улучшению экологической обстановки является вынос аэропорта за пределы города, перевод на специальные автодороги грузового и транзитного автотранспорта.

Аэропорты следует выносить за пределы города, используя специальное акустическое озеленение их окрестностей и рациональную планировку самого аэропорта.

В целях снижения шумового воздействия автотранспорта на городскую среду можно предложить ряд организационных и конструктивных мероприятий. Снижение уровня шума транспортных потоков предполагает совершенствовать организацию движения транспортных потоков, применение современных типов дорожного покрытия, ограничение движения грузовых автомобилей в густонаселенных районах.

Конструктивные мероприятия, направленные на ограничение распространения шума транспортного потока, предусматривают строительство шумозащитных экранов из природных и искусственных материалов. В целях снижения шума транспортного потока могут быть использованы орографические условия местности.

Снижению уровня трамвайного шума может способствовать улучшение состояния трамвайных путей, а также изменения в конструкции самого вагона (применение экранирующих шум фальшторбов со звукопоглотителями, закрывающими колеса, и др.), ведутся поиски эффективного способа демпфирования колес трамвайного вагона. Определенный эффект может быть получен и от создания малозумного оборудования.

Усовершенствованный и модернизированный трамвай, судьба которого считалась предрешенной, вновь появляется на улицах городов разных стран. В центральной части Волгограда, трассу скоростного трамвая убрали пол землю, На протяжении трех с лишним километров трамвай движется по туннелю с подземными станциями, оборудованными эскалаторами. Для этой трассы создали специальные вагоны.

Значение скоростного трамвая трудно переоценить. Он может с успехом использоваться как основной вид транспорта в малых и средних городах, а в крупных – как городской, пригородный и даже

как междугородный, для связи с новыми жилыми массивами, городами-спутниками, промышленными зонами, аэропортами, зонами отдыха и др. Скоростной трамвай может найти применение в крупных городах, заменить метро на направлениях, где пассажиропотоки на длительный период остаются ниже рекомендуемых для строительства метро. Внедрение нового трамвая позволит улучшить акустический режим городов.

Методы измерения эквивалентного уровня звука изложены в нормативной литературе – ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики».

Основными направлениями деятельности по снижению шумового воздействия от автотранспорта должны стать:

- разработка мероприятий, имеющих шумопонижающий эффект, при разработке городских программ и схем развития транспортных систем города, а также при разработке целевых городских программ, в которых затрагиваются вопросы, связанные с изменением шумового режима;
- разработка и реализация мероприятий по защите от сверхнормативного шумового воздействия
- внедрение применения шумопонижающего дорожного покрытия при проведении строительства,
- разработка системы ограничительных мер в части движения в ночное время по территории спальных районов города отдельных видов транспортных средств (например, мотоциклов и большегрузного транспорта);
- применение шумопонижающих технологий при реконструкции и строительстве трамвайных путей, а также при поэтапной замене трамваев;
- обеспечение внедрения современных шумозащитных технологий в дорожно-мостовом строительстве;
- разработка мероприятий, имеющих шумопонижающий эффект, при разработке генерального плана комплексного развития транспортной системы города;
- внедрение системы контроля соблюдения требований к внешнему уровню шума автомобилей при прохождении государственного технического осмотра транспортных средств.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1. Организация наблюдений за автотранспортом

Студенты для расчета уровня шума вблизи городских автодорог используют исходные данные по вариантам из приложения, учитывают среднюю скорость потока движения, продольный уклон местности, вид покрытия, число полос движения, тип поверхности между дорогой и точкой замера.

3.2. Пример оценки уровня шумового воздействия.

Задача: Обеспечить допустимый уровень шума в селитебной зоне населенного пункта на расстоянии 50 м от оси движения на высоте 12 м от поверхности земли.

Исходные данные:

Интенсивность движения – 1650 авт./ч.

Средняя скорость движения транспортною потока – 60 км/ч.

Продольный уклон – 2,0 %

Покрытие – цементобетонное.

Число полос движения – 4.

Поверхность земли покрыта густым травяным покровом.

Решение:

1. По табл. 6 определяется $L_{\text{трп}} + \Delta L_v$ для скорости транспортного потока $V = 60$ км/ч и интенсивности движения 1650 авт./ч:

$= 81,0$ дБА.

2. Определяется снижение уровня транспортного шума при удалении точки измерения от оси движения на 50 м по табл. 11 с поправочным коэффициентом для травяного покрова 1,1;

$= 6,1 \times 1,1 = 6,7$ дБА.

3. Определяется поправка на вид и шероховатость покрытия из цементобетона по табл. 8:

$= +2,0$ дБА.

4. Определяется поправка для уклона 2,0 % по табл. 7:

$= 0$ дБА.

5. По формуле (3) определяется эквивалентный уровень шума:

$= 81,0 + 2,0 - 6,7 = 76,3$ дБА.

6. Полученный эквивалентный уровень шума сравнивается с предельно допустимым, который в соответствии с табл. 13 равен для селитебных зон населенных мест в дневное время суток 60 дБА, поскольку он превышает предельно допустимый уровень, требуется

применить шумозащитные мероприятия. Рассмотрим устройство защитных древесно-кустарниковых посадок высотой до 5 м.

7. По табл. 14 определяется поправка – снижение уровня шума лесополосой шириной 10 м:

= 8,0 дБА.

Окончательный уровень шума в расчетной точке, с учетом шумозащитных мероприятий составит $76,3 - 8,0 = 68,3$ дБА, что больше предельно допустимого уровня, т. е. принятых мероприятий недостаточно.

3.3. Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование работы;
- цель работы;
- название улицы, на которой находится изучаемая автомобильная трасса, адрес места или название автобусной остановки, на которой проводилось наблюдение;
- результаты наблюдений и расчетов;
- вывод о шумовом воздействии в районе исследованного участка автомобильной трассы.

4. Контрольные вопросы

1. Назовите основные источники шума в городе.
2. Как воздействует повышенный уровень шума на организм человека?
3. Какие показатели влияют на уровень уличного шума?
4. Какие виды транспорта характеризуются наибольшим уровнем шума?
5. Назовите мероприятия, внедрение которых позволит снизить уровень шума.
6. В чем сущность градостроительных мероприятий, направленных на защиту от шума?
7. Какие показатели учитываются при расчете величины шумового воздействия автотранспорта?
8. Какова роль зеленых насаждений в защите населения от шума?

Исходные данные для расчетов

Номер варианта	Интенсивность движения, авт./час				
	Легковые	Малые грузо- вые карбюра- торные	Грузовые кар- бюраторные	Грузовые дизельные	Автобусы кар- бюраторные
1	80	12	50	30	10
2	85	20	60	35	15
3	90	25	70	40	20
4	95	30	80	45	25
5	100	35	85	50	30
6	115	40	90	55	35
7	120	45	95	60	40
8	125	50	100	65	45
9	130	55	105	70	50
10	200	55	15	56	50
11	210	60	65	87	45
12	220	65	43	25	40
13	230	40	97	43	35
14	240	35	12	65	30
15	250	30	78	25	25
16	260	25	25	87	20
17	270	65	45	25	23
18	280	67	40	20	54
19	290	48	35	15	87
20	300	23	30	12	46
21	310	89	25	10	86
22	320	10	50	30	10
23	330	12	55	35	15
24	340	20	60	40	17
25	350	25	65	45	20

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего профессионального образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплине;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа студентов планируется в рабочей программе дисциплины. Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочей программе учебной дисциплины с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа обучающегося по дисциплине «Экология» включает ознакомление с содержанием основной и дополнительной литературы, методических материалов, конспектов лекций для подготовки к занятиям, оформление отчетов по практическим работам, подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации.

Необходимость самостоятельной работы по подготовке к лекции определяется тем, что изучение любой дисциплины строится по определенной логике освоения ее разделов, представленных в рабо-

чей программе дисциплины. Логика изучения предмета заключается в движении от рассмотрения общих научных основ к анализу конкретных процессов и факторов, определяющих функционирование и изменение предмета. В электронном обучении Moodle представлены краткие конспекты лекций вместе с рабочей программой, учебно-методическое обеспечение по предмету. Знакомство с этими материалами позволяет заранее ознакомиться с основными положениями предстоящей лекции и активно задавать конкретные вопросы при ее изложении. При чтении новой лекции обычно указывается на связь ее содержания с тем, которое было прежде изучено. Качество освоения содержания дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине.

Подготовка к практическому занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Текущий контроль успеваемости обучающихся по результатам выполнения практических работ осуществляется в форме отчета, который предоставляется на бумажном или электронном носителе.

По каждой работе обучающиеся самостоятельно оформляют отчеты согласно перечню практических работ рабочей программы. Содержание отчета:

1. Тема работы.
2. Задачи работы.
3. Краткое описание хода выполнения работы.
4. Ответы на задания или полученные результаты по окончании выполнения работы (в зависимости от задач, поставленных в п. 2).
5. Выводы.

Зачет является традиционной формой проверки знаний, умений, компетенций, сформированных у студентов в процессе освоения всего содержания дисциплины. Обычный зачет отличается от экзамена только тем, что преподаватель не дифференцирует баллы, которые он выставляет по его итогам.

Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра, а не за несколько дней до его проведения. Подготовка включает следующие действия. Прежде всего, нужно пе-

речитать все лекции, а также материалы, которые готовились к практическим занятиям в течение семестра. Затем надо соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету. Если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуется делать краткие записи.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Экология как наука, структура экологической области знания. Задачи экологии на современном этапе развития общества.

2. Основные свойства живых систем. Уровни организации жизни на Земле.

3. Среда обитания и экологические факторы. Классификация экологических факторов. Понятие лимитирующего фактора. Пределы толерантности организмов по отношению к действию экологических факторов.

4. Особенности климата гор, леса, почвы, водной среды. Адаптации организмов к действию климатических факторов.

5. Понятие популяции. Основные характеристики популяции. Типы возрастных пирамид. Размещение организмов в популяции.

6. Понятие экосистемы. Классификация экосистем. Примеры экосистем. Состав экосистемы. Развитие экосистем.

7. Трофические отношения организмов в экосистеме. Типы экологических пирамид.

8. Превращение энергии в экосистемах. Классификация экосистем в зависимости от источника и уровня поступления энергии. Понятие продуктивности.

9. Типы взаимоотношений организмов в сообществах (внутри- и межвидовые). Понятие экологической ниши.

10. Биосфера как одна из оболочек Земли. Границы биосферы. В.И. Вернадский о биосфере. Понятие ноосферы.

11. круговороты веществ. Биогенные элементы. Биогеохимический цикл углерода. Вмешательство человека в биогеохимический цикл углерода.

12. Биогеохимические циклы азота, серы, фосфора. Вмешательство человека в биогеохимические циклы. Круговорот воды. Вмешательство человека в круговорот воды.

13. Основные этапы развития взаимоотношений общества и природы. Экологические кризисы и революции. Понятие устойчивого

развития. Концепция перехода общества на модель устойчивого развития.

14. Воздействие человека на окружающую среду. Виды воздействия.

15. Понятие загрязнения окружающей среды. Виды загрязнений. Источники загрязнений. Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье человека.

16. Охрана атмосферного воздуха. Способы и средства очистки промышленных выбросов от пыли и газообразных загрязнений.

17. Охрана водных ресурсов. Методы очистки сточных вод.

18. Методы переработки и ликвидации твердых отходов. Перспективные направления утилизации твердых бытовых и промышленных отходов.

19. Природные ресурсы, их классификация.

20. Нормирование качества окружающей среды. Критерии качества окружающей среды. Нормирование качества атмосферного воздуха, воды в водных объектах, почв.

21. Основные принципы управления природоохранной деятельностью.

22. Правовая защита природной окружающей среды в РФ. Основные законодательные акты РФ по охране окружающей среды.

23. Объекты природоохранного законодательства. Виды ответственности за нарушение природоохранного законодательства.

24. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды. Международные организации, занимающиеся проблемами охраны окружающей среды.

25. Глобальные экологические проблемы. Возможные пути их решения.

26. Экологические проблемы Кузбасса.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусарова, В. С. Экология: практикум для бакалавров и специалистов всех профилей : учебное пособие / В. С. Гусарова. – Ульяновск : УлГТУ, 2019. – 147 с. – ISBN 978-5-9795-1969-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/165010> (дата обращения: 15.05.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Карпенков, С. Х. Экология : учебник : в 2 книгах / С. Х. Карпенков. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Директ-Медиа, 2024. – Книга 2. – 556 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=707514> (дата обращения: 15.05.2025). – Библиогр.: с. 511. – ISBN 978-5-4499-3980-7. – DOI 10.23681/707514. – Текст : электронный.

3. Тулякова, О. В. Экология : учебное пособие : [16+] / О. В. Тулякова. – Изд. 2-е, стер. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. – 182 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575175> (дата обращения: 15.05.2025). – Библиогр.: с. 167-169. – ISBN 978-5-4499-1159-9. – DOI 10.23681/575175. – Текст : электронный.

4. Шилов, И. А. Экология: учебник для вузов / И. А. Шилов. – 7-е изд. – Москва : Юрайт, 2024. – 539 с. – ISBN 978-5-534-09080-2. – URL: <https://urait.ru/book/ekologiya-535653> (дата обращения: 15.05.2025). – Текст : электронный.

5. Экология : учебное пособие : [16+] / Е. Е. Степаненко, А. А. Коровин, С. В. Окрут [и др.]. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2022. – 72 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=708940> (дата обращения: 15.05.2025). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

6. Экология: учебник и практикум для вузов / под общ. ред. А. В. Тотая, А. В. Корсакова. – 5-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 352 с. – ISBN 978-5-534-01759-5. – URL: <https://urait.ru/book/ekologiya-535572> (дата обращения: 15.05.2025). – Текст : электронный.