

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

*Практикум для студентов
небиологических специальностей*

2009

УДК 502(075)
ББК 20.1я73
075

Авторы-составители: доцент кафедры экологии и охраны природы УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат технических наук **В.Е. Савенок**; доцент кафедры экологии и охраны природы УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат ветеринарных наук **А.Н. Вакар**

Рецензенты:

доцент кафедры анатомии, физиологии и валеологии человека УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук *М.В. Шилина*; заведующий кафедрой зоогигиены УО «ВГАВМ», доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В.А. Медведский*

Научный редактор:

заведующий кафедрой экологии и охраны природы УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук, доцент *А.М. Дорофеев*

Практикум разработан для небиологических специальностей вузов. Студентам предлагается изучить различные методики оценки качества окружающей среды, ознакомиться с природоохранными мероприятиями в различных областях и получить практические навыки в этой сфере.

Компьютерные обучающие программы, включенные в данное издание, позволяют проводить часть практических занятий в инновационной форме.

УДК 502(075)
ББК 20.1я73

© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Практические работы	5
Практическая работа № 1. Расчет выбросов загрязняющих веществ механическими транспортными средствами	5
Практическая работа № 2. Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника	24
Практическая работа № 3. Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ разных периодов осреднения	29
Практическая работа № 4. Качественный и количественный анализ содержания тяжелых металлов в промышленных стоках	37
Практическая работа № 5. Определение категории опасности предприятия	44
Практическая работа № 6. Расчеты выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при неконтролируемом горении нефти и нефтепродуктов ...	51
Практическая работа № 7. Оценка шумового режима автотранспорта ...	57
Практическая работа № 8. Расчет экологического налога за размещение отходов производства	63
Практическая работа № 9. Расчет экономического ущерба от загрязнения и нарушения земель	69
2. Компьютерные экологические программы	79
Практическая работа № 10. Обучающая имитационная программа «Озеро»	79
Практическая работа № 11. Обучающая имитационная программа «Рыболовство»	82
Практическая работа № 12. Обучающая имитационная программа «Малая река»	85
Практическая работа № 13. Обучающая имитационная программа «Экспертиза малой реки»	93
Практическая работа № 14. Обучающая имитационная программа «Малая река-конструктор»	102
Практическая работа № 15. Обучающая имитационная программа «Спасти леопарда!»	113
Список литературы	123

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды – задача нашего века, проблема, ставшая социальной. Снова и снова мы слышим об опасности, грозящей нам в результате ухудшения экологической обстановки, но до сих пор многие из нас считают это неприятным, но неизбежным порождением цивилизации и полагают, что мы еще успеем справиться со всеми выявившимися затруднениями. Однако воздействие человека на окружающую среду приняло угрожающие масштабы. Чтобы в корне улучшить положение, понадобятся целенаправленные и продуманные действия. Экологическое воспитание и образование – одна из мер, направленных на улучшение экологической обстановки в Республике Беларусь. Поэтому сейчас во всех вузах страны студенты всех специальностей изучают дисциплину «Основы экологии». Данной практиicum разработан в соответствии с типовой программой А.Н. Маврищева «Основы экологии» для студентов небиеологических специальностей [1].

Данная работа составлена для использования на практических занятиях по курсу «Основы экологии». Целью занятий является изучение различных методик оценки качества окружающей среды, ознакомление с природоохранными мероприятиями, а также получение практических навыков в этой сфере.

Поскольку для различных специальностей рабочими программами установлено различное число часов практических занятий, в учебном издании представлено большое количество практических работ, позволяющее осуществлять их выбор для выполнения с учетом специфики специальности и установленного для нее объема часов по дисциплине «Основы экологии».

Компьютерные обучающие программы, включенные в данное издание, позволяют проводить часть практических занятий в инновационной форме.

Авторы отмечают, что при разработке практических работ № 2 и 4 были использованы материалы кафедры экологии УО «БНТУ» и выражают коллегам благодарность.

1. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа № 1

Расчет выбросов загрязняющих веществ механическими транспортными средствами

Цель работы: рассчитать величину выбросов загрязняющих веществ механическими транспортными средствами в населенном пункте.

1. Общие сведения

Основным загрязнителем атмосферного воздуха является автомобильный транспорт. В крупных городах на долю автотранспорта приходится более 70% всех вредных выбросов в атмосферу. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводится в соответствии с Техническим кодексом установившейся практики (ТКП) и должен проводиться специалистами, прошедшими обучение по его использованию.

Данная работа составлена на основе ТКП 17.08-03-2006 [2], который соответствует методологии Европейского Агентства по окружающей среде (European Environment Agency).

Удельные показатели выбросов, содержащиеся в ТКП 17.08-03-2006, корректируются не реже одного раза в три года, а также в зависимости от состояния автомобильного парка, системы управления транспортом и дорожным движением по населенным пунктам и по времени расчета на основании экспертных заключений организаций, уполномоченных Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

1.1. Термины и определения

– **выброс загрязняющего вещества:** Количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух за рассматриваемый период (секунда, час, месяц, квартал, год), грамм в период.

– **дорога:** Комплекс инженерных сооружений либо полоса земли, предназначенные и используемые для движения в установленном порядке механических транспортных средств и пешеходов.

– **дорожное движение:** Движение пешеходов и (или) транспортных средств по дороге, в том числе стоянка и остановка в пределах дороги, и связанные с ним общественные отношения.

– **населенный пункт:** Компактно заселенная часть территории Республики Беларусь, место постоянного жительства граждан, имеющая необходимые для обеспечения жизнедеятельности граждан жилые и иные здания и сооружения, собственное наименование и уста-

новленные в соответствующем порядке территориальные пределы; к числу населенных пунктов относятся города, поселки городского типа и сельские населенные пункты.

– **интенсивность движения:** Количество транспортных средств, пересекающих заданное сечение дороги в единицу времени.

– **механическое транспортное средство (МТС):** Транспортное средство, приводимое в движение двигателем.

– **транспортное средство:** Устройство, предназначенное для движения по дороге и для перевозки пассажиров, грузов или установленного на нем оборудования.

– **улично-дорожная сеть (УДС):** Сеть улиц и дорог населенных пунктов, состоящая из магистральных улиц и дорог, улиц и дорог местного значения, а также мест остановки и стоянки транспортных средств.

– **удельные показатели выделения загрязняющих веществ:** Усредненные нормативы, которые определены на основании инструментальных замеров, материальных балансов, аналитических расчетов и отнесены к различным единицам: количеству расходуемого топлива, остановок, автомобилей.

1.2. Классификация веществ

Для целей ТКП-17 в соответствии со способом расчета вещества делятся на четыре группы, которые представлены в табл. 1–4.

Группа 1: Вещества, выбросы которых определяются различными режимами движения МТС (табл. 1.1).

Группа 2: Вещества, выбросы которых зависят от потребления топлива МТС и определяются как доля потребления топлива (табл. 1.2).

Группа 3: Вещества, выбросы которых определяются в зависимости от пробега МТС (табл. 1.3).

Группа 4: Детализированные не-метановые летучие органические соединения, которые определяются как доля общего выброса не-метановых летучих органических соединений НМЛОС (табл. 1.4).

Таблица 1.1

Вещества группы 1

Наименование вещества	Эквивалент
Углерода оксид	CO
Азота оксиды	NO _x
Твердые частицы	PM
Летучие органические соединения(ЛОС), в том числе:	VOC
Метан	CH ₄
Не-метановые летучие органические соединения (НМЛОС)	NM VOC

Таблица 1.2

Вещества группы 2

Наименование вещества	Эквивалент
Углерода диоксид	CO ₂
Серы диоксид	SO ₂
Кадмий	Cd
Хром	Cr
Медь	Cu
Никель	Ni
Селен	Se
Цинк	Zn

Таблица 1.3

Вещества группы 3

Наименование вещества	Эквивалент
Аммиак	NH ₃
Азота закись	N ₂ O
Полиароматические углеводороды и стойкие органические соединения	Бенз(а)пирен Индено(1,2,3-d)пирен Бензо(к)флюорантен Бензо(b)флюорантен Бензо(ghi)перилен Флюорантен
Полихлорированные дибензо-диоксины и полихлорированные дибензо-фураны	Диоксины, Фураны

Таблица 1.4

Вещества группы 4

Наименование вещества	Эквивалент
Алканы (C _n H _{2n+2})	Алканы
Алкены (C _n H _{2n})	Алкены
Алкины (C _n H _{2n-2})	Алкины
Альдегиды (C _n H _{2n} O)	Альдегиды
Кетоны (C _n H _{2n} O)	Кетоны
Циклоалканы (C _n H _{2n})	Циклоалканы
Ароматические углеводороды (C _n H _{2n-2})	Ароматические углеводороды

1.3. Классификация механических транспортных средств

В качестве расчетных типов используются МТС, классифицируемые согласно ГОСТ 31286 и используемому виду топлива, которые представлены в табл. 1.5.

Градация МТС-2

Состав транспортных средств	Доля, Δ_m	Тип транспортного средства (вид потребляемого топлива)	Принимаемое для ТКП-17 наименование
Легковые автомобили	1%	Мотоциклы	М
	79%	Легковые автомобили (бензин, газ)	ЛБ
	20%	Легковые автомобили (дизтопливо)	ЛД
Грузовые автомобили	35%	Грузовые автомобили до 3,5 тонн (бензин, газ)	ГАБ
	55%	Грузовые автомобили до 3,5 тонн (дизтопливо)	ГАД
	10%	Грузовые автомобили св. 3,5 тонн	ГД
Автобусы	40%	Автобусы городские и сочлененные	АГ
	25%	Микроавтобусы (газ, бензин)	МАБ (ГАБ)
	25%	Микроавтобусы (газ, дизтопливо)	МАД (ГАД)
	10%	Автобусы междугородные и дальнего следования	АМ

2. Методика расчета

2.1. Определение параметров дорожного движения

Для расчетов выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов используются следующие параметры дорожного движения: *объем движения МТС, скорость движения транспортного потока, длина участка УДС, количество остановок транспортного потока, количество задержек транспортного потока*. Определение параметров дорожного движения может производиться любым известным натурным или расчетным способом, при этом применение методик определения этих параметров должно быть обосновано для обеспечения заданной точности и репрезентативности.

2.1.1. Объем движения МТС, O_j , авт. (автомобилей) – определяется как количество МТС j-типа, прошедших заданный участок УДС за расчетный период по результатам натурных обследований, измерений детекторами транспорта, прогноза расчетными моделями и др. с учетом суточной, недельной, сезонной неравномерности либо рассчитывается по формуле:

$$O_j = \Delta_m \cdot (\Delta_j \cdot Q \cdot T), \quad (1.1)$$

где Δ_m – доля МТС данной расчетной модели в соответствии с принятой градацией (МТС-2 (табл. 1.5) либо МТС-1 либо МТС-3), % (долях); Δ_j – доля МТС j -го типа в составе транспортного потока, % (долях);

Q – средняя расчетная интенсивность движения (часовая), авт./ч.

При определении максимально разовых выбросов (грамм в секунду) в качестве средней расчетной интенсивности выбирается максимальная интенсивность движения в самый неблагоприятный момент времени;

T – расчетный фонд времени, ч, определяемый как количество часов за расчетный период с условиями транспортной нагрузки, соответствующими средней расчетной интенсивности движения.

2.1.2. Скорость движения, V – определяется как скорость сообщения соответствующего транспортного потока на всем протяжении участка УДС и определяется как средняя скорость сообщения по результатам измерений ходовой лабораторией.

2.1.3. Длина участка УДС, L – определяется по траектории движения соответствующего транспортного потока по геоподоснове, чертежам архитектурно-строительных проектов, методами анализа фото- и видеоизображений, натурного измерения расстояний и т.д.

2.1.4. Удельное количество остановок, S – определяется как количество зафиксированных остановок (торможений-разгонов) транспортных средств соответствующего транспортного потока, отнесенное к общему количеству прошедших транспортных средств соответствующего транспортного потока. Количество остановок может быть получено по результатам натурного обследования количества остановок, анализа видеозаписи, анализа очереди и импульса интенсивности, прогноза расчетными моделями и другими методами.

2.1.5. Удельная задержка, D – определяется как время нахождения транспортных средств соответствующего транспортного потока в неподвижном состоянии «на холостом ходу», отнесенное к общему количеству прошедших транспортных средств соответствующего транспортного потока. Задержки могут быть получены по результатам натурного измерения времени задержки, анализа видеозаписи, анализа очереди и импульса интенсивности, прогноза расчетными моделями.

2.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов

2.2.1. Выбросы веществ группы 1 E_i^1 , г – определяются как сумма выбросов при: 1) движении транспортного потока; 2) остановке (торможении-разгоне) и 3) задержке (работе на холостом ходу) и рассчитываются по формуле:

$$E_i^1 = (E_i^m + E_i^s + E_i^d) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.2)$$

где E_i^m – выбросы i -того вещества в атмосферный воздух при движении транспортного потока, г, определяемые в соответствии с 2.2.2;

E_i^s – выбросы i -того вещества в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне), г, определяемые в соответствии с 2.2.3;

E_i^d – выбросы i -того вещества в атмосферный воздух при задержке движения (работе на холостом ходу), г, определяемые в соответствии с 2.2.4;

K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий долю в транспортном потоке МТС расчетных моделей ЛБ и ЛД с холодным (не разогретым) двигателем, определяется по таблице А7 (прил. А);

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий продольный уклон проезжей части. (Принимаем $K_2=1$);

K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние покрытия проезжей части (1 – хорошее, 1,05 – удовлетворительное, 1,10 – неуд.). Принимаем $K_3=1$.

2.2.2. Выбросы i -того вещества E_i^m в атмосферный воздух при движении транспортного потока рассчитываются по формуле:

$$E_i^m = \sum_{j=1}^n q_{ij}^m \cdot L \cdot O_j, \quad (1.3)$$

где q_{ij}^m – удельные выбросы i -го вещества при движении j -го типа МТС в зависимости от скорости движения V , г/авт.км (грамм на один автомобиль на один километр), определяются по таблице А1 (приложение А);

V – скорость транспортного потока, км/ч;

L – длина участка УДС, км; O_j – объем движения j -типа МТС, авт.;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.5.

2.2.3. Выбросы i -того вещества E_i^s в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне) транспортного потока, г – рассчитываются по формуле:

$$E_i^s = \sum_{j=1}^n q_{ij}^s \cdot S \cdot K \cdot O_j, \quad (1.4)$$

где q_{ij}^s – удельные выбросы i -го вещества при остановке (торможении-разгоне) j -го типа МТС, г/ост. (грамм на одну остановку), определяются по таблице А2 (прил. А);

S – удельное количество остановок транспортного потока, ост./авт. (остановок на один автомобиль);

K – коэффициент коррекции выбросов в зависимости от скорости движения транспортного потока, определяется по табл. А3 (прил. А);

O_j – объем движения j -типа МТС, авт.;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.5 (в зависимости от принимаемой градации).

2.2.4. Выбросы i -того вещества E_i^d в атмосферный воздух при задержке движения (работе на холостом ходу), Γ – рассчитываются по формуле:

$$E_i^d = \sum_{j=1}^n q_{ij}^d \cdot D \cdot O_j, \quad (1.5)$$

где q_{ij}^d – удельные выбросы i -го вещества при задержке j -го типа МТС, г/мин, определяются по табл. А.4 (прил. А);

D – удельная задержка транспортного потока, мин/авт. (минут на один автомобиль);

O – объем движения j -типа МТС, авт.;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.5 (в зависимости от принимаемой градации).

2.2.5. Выбросы не-метановых летучих органических соединений (НМЛОС) определяются как разница между выбросами летучих органических соединений (ЛОС) и выбросами метана по формуле:

$$E_{NMVOC}^1 = E_{VOC}^1 - E_{CH_4}^1, \quad (1.6)$$

где E_{VOC}^1 – выбросы летучих органических соединений (ЛОС);

$E_{CH_4}^1$ – выбросы метана, г, рассчитанные в соответствии с п. 2.2.1.

2.2.6. Выбросы веществ группы 2 E_i^2 , г, – определяются как доля от потребленного топлива при движении транспортного потока, при остановке (торможении-разгоне) и задержке (работе на холостом ходу) и рассчитываются по формуле:

$$E_i^2 = 10^{-3} \cdot \sum_{j=1}^n q_{ij}^2 \cdot F_j, \quad (1.7)$$

где q_{ij}^2 – удельное содержание i -го вещества группы 2 в продуктах сгорания топлива, г/кг (грамм на килограмм топлива), определяется по табл. Б1 (прил. Б); n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.5 (в зависимости от принимаемой градации).

F_j – потребленное топливо МТС j -го типа в зависимости от скорости движения V , г, определяемое по формуле:

$$F_j = (F_j^m + F_j^s + F_j^d) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.8)$$

где $F_j^m = \sum_{i=1}^n q_{ij}^m \cdot L \cdot O_j$ – потребленное топливо при движении транспортного потока, г (q_{ij}^m – удельное потребление топлива при движении j -го типа МТС в зависимости от скорости движения V , г/авт.км, определяется по таблице А1 (прил. А); $K_2=K_3=1$ (см. п. 2.2.1).

$F_j^s = \sum_{i=1}^n q_{ij}^s \cdot S \cdot K \cdot O_j$ – потребленное топливо при остановке (торможении-разгоне) транспортного потока, г

(q_{ij}^s – удельное потребление топлива при остановке (торможении-разгоне) j -го типа транспортного средства, г/ост., определяется по табл. А2 (прил. А).

$F_j^d = \sum_{i=1}^n q_{ij}^d \cdot D \cdot O_j$ – потребленное топливо при задержке (работе на холостом ходу) транспортного потока, г (q_{ij}^d – удельное потребление топлива при задержке (работе на холостом ходу) j -го типа МТС г/мин, определяется по табл. А4 (прил. А).

L, O_j, D, S, K, n – то же, что в формулах (1.3)–(1.5).

2.2.7. Выбросы веществ группы 3 E_i^3 , г, определяются в зависимости от пробега МТС и рассчитываются по формуле:

$$E_i^3 = \sum_{j=1}^n q_{ij}^3 \cdot L \cdot O_j, \quad (1.9)$$

где q_{ij}^3 – удельные выбросы i -го вещества группы 3 при пробеге j -го типа МТС, г/авт.км, определяются по табл. В1 (приложение В); L – длина участка УДС, км;

O_j – объем движения j -типа транспортного средства, авт., определяемый в соответствии с 2.1.1;

n – количество типов МТС, определяемое по табл. 1.5 (в зависимости от принимаемой градации).

2.2.8. Выбросы веществ группы 4 E_i^4 , г, определяются как доли, от рассчитанных в соответствии с 2.2.5 выбросов не-метановых летучих органических соединений (НМЛОС – E_{NMVOC}^1), по формуле:

$$E_i^4 = E_{NMVOC}^1 \cdot \Delta_i^4 + E_{ev} \cdot \Delta_{ev}, \quad (1.10)$$

где Δ_i^4 – доля i -того вещества группы 4 в НМЛОС, %, определяется по табл. Г1 (прил. Г);

E_{ev} – выброс летучих органических соединений (ЛОС) только для расчетной модели ЛБ при испарении из топливной системы вне процесса сгорания, г, определяемый по формуле:

$$E_{ev} = q_v \cdot L \cdot O_j + N_p \cdot q_p \cdot T + N_o \cdot q_o \cdot T, \quad (1.11)$$

где q_v – выброс летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливной системы при движении МТС, г/авт.км, определяется по табл. А6 (прил. А);

L – длина участка УДС, км; O_j – объем движения j-типа транспортного средства, авт.;

N_p – среднее количество МТС на стоянке (загрузка стоянки), авт. (*принимается $N_p = 0,1$ ЛБ*);

q_p – удельный выброс летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливного бака при стоянке МТС из-за суточного колебания температур, г/(сут.авт.) (грамм в сутки на один автомобиль), определяется по табл. А6 (прил. А);

N_o – среднее количество постановок на стоянку МТС, авт. (*принимается $N_o = 3$*);

q_o – удельный выброс летучих органических соединений (ЛОС) при остывании МТС, г/(сут.авт.), определяется по табл. А6 (прил. А);

T – продолжительность расчетного периода, сут;

Δ_{ev} – доля i-того вещества группы 4 в НМЛОС, испаряющегося из топливной системы, %, определяется по табл. Г2 (прил. Г);

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1. Название работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Исходные данные для расчета. Время проведения расчета и структура объектов УДС.
- 3.4. Результаты расчета.
- 3.5. Вывод (Анализ полученных результатов).

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1. Какие вредные вещества содержатся в выхлопных газах транспортных средств, имеющих двигатели внутреннего сгорания?
- 4.2. Что такое выброс вредного вещества?
- 4.3. Как рассчитывается выброс i-го вредного вещества группы 1?
- 4.4. Как рассчитывается выброс i-го вредного вещества группы 2?
- 4.5. Как рассчитывается выброс i-го вредного вещества группы 3?
- 4.6. Как рассчитывается выброс i-го вредного вещества группы 4?
- 4.7. Как рассчитывается суммарный выброс вредных веществ групп 1, 2, 3, 4?
- 4.8. Какой двигатель экологически чище: бензиновый или дизельный?

5. Варианты заданий к практической работе (табл. 1.6)

Рассчитать объем движения автотранспорта на участке $У$ № ___ за T , часов на дату и суммарный выброс веществ *Группы* №__ от всех механических транспортных средств (МТС), если средняя расчетная интенсивность движения автомобилей на участке Q , авт./час. Средняя скорость на участке – V , км/ч, соотношение МТС в транспортном потоке $Л/Г/А, \%$ (доля Δ_j), длина участка – L , км, среднее количество остановок на участке – S , среднее время задержки на один автомобиль – D , мин/авт. Средний пробег МТС всех типов X , тыс. км.

Таблица 1.6

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$У$ №	1	1	1	2	2	2	3	3	3
T , ч	3	3	3	3	3	3	3	3	3
дата	23.12	23.12	23.12	10.02	10.02	10.02	15.06	15.06	15.06
Q , авт./час	500	500	500	1200	1200	1200	1000	1000	1000
V , км/ч	50	50	50	40	40	40	40	40	40
$Л/Г/А$, %	70/10/20	70/10/20	70/10/20	40/30/30	40/30/30	40/30/30	60/20/20	60/20/20	60/20/20
L , км	1	1	1	2	2	2	2	2	2
S	3	3	3	4	4	4	3	3	3
<i>Группа</i>	1	2	3	1	2	4	1	2	3-4
D , мин/авт.	2	2	2	3	3	3	3	3	3
X , тыс. км	50	50	50	70	70	70	100	100	100
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$У$ №	4	4	4	5	5	5	6	6	6
T , ч	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Дата	23.10	23.10	23.10	10.02	10.02	10.02	15.06	15.06	15.06
Q , авт./час	1000	1000	1000	400	400	400	600	600	600
V , км/ч	50	50	50	40	40	40	40	40	40
$Л/Г/А$, %	50/20/30	50/20/30	50/20/30	40/30/30	40/30/30	40/30/30	60/20/20	60/20/20	60/20/20
L , км	1	1	1	2	2	2	2	2	2
S	3	3	3	4	4	4	3	3	3
<i>Группа</i>	1	2	3	1	2	4	1	2	3-4
D , мин/авт.	2	2	2	3	3	3	3	3	3
X , тыс. км	50	50	50	70	70	70	100	100	100

*Примечание: Л – легковые автомобили, Г – грузовые автомобили, А – автобусы.

Участки г. Витебска: № 1 – пр-т Победы на участке от УО «ВГУ им. П.М. Машерова» до Ледового дворца.

№ 2 – ул. Космонавтов на участке от автовокзала до ул. Буденного.

№ 3 – Московский пр-т на участке от пл. Победы до УО «ВГУ им. П.М. Машерова».

№ 4 – пр-т Строителей на участке от гостиницы «Лучеса» до Ледового дворца.

Участки г. Новополоцка: № 5 – ул. Блохина на участке от АЗС до станции тех. обслуживания.

№ 6 – ул. Молодежная на участке от гостиницы «Беларусь» до кафе «Белый остров».

6. Пример расчета

Рассмотрим ход решения для 10-го варианта:

6.1. Определение объема движения транспортных средств по формуле (1.1): $O_j = \Delta_m \cdot (\Delta_j \cdot Q \cdot T)$. Используя исходные данные и табл. 1.5:

6.1.1. Определяем количество мотоциклов: $O_m = 0,01 \cdot (0,5 \cdot 1000 \cdot 3) = 15$ штук;

6.1.2. Определяем количество легковых бензиновых (ЛБ):
 $O_{ЛБ} = 0,79 \cdot (0,5 \cdot 1000 \cdot 3) = 1185$ штук;

6.1.3. Определяем количество легковых дизельных (ЛД):
 $O_{ЛД} = 0,2 \cdot (0,5 \cdot 1000 \cdot 3) = 300$ штук;

6.1.4. Определяем количество грузовых автомобилей (ГАБ):
 $O_{ГАБ} = 0,35 \cdot (0,2 \cdot 1000 \cdot 3) = 210$ штук;

6.1.5. Определяем количество грузовых автомобилей (ГАД):
 $O_{ГАД} = 0,55 \cdot (0,2 \cdot 1000 \cdot 3) = 330$ штук;

6.1.6. Определяем количество грузовых автомобилей св. 3,5 т (ГД):
 $O_{ГД} = 0,10 \cdot (0,2 \cdot 1000 \cdot 3) = 60$ штук;

6.1.7. Определяем количество микроавтобусов (МАБ):
 $O_{МАБ} = 0,25 \cdot (0,3 \cdot 1000 \cdot 3) = 225$ штук;

6.1.8. Определяем количество микроавтобусов (МАД):
 $O_{МАД} = 0,25 \cdot (0,3 \cdot 1000 \cdot 3) = 225$ штук;

6.1.9. Определяем количество автобусов городских (АГ):
 $O_{АГ} = 0,4 \cdot (0,3 \cdot 1000 \cdot 3) = 360$ штук;

6.1.10. Определяем количество автобусов междугородних (АМ):
 $O_{АМ} = 0,1 \cdot (0,3 \cdot 1000 \cdot 3) = 90$ штук;

6.1.11. Проверка: $15 + 1185 + 300 + 210 + 330 + 60 + 225 + 225 + 360 + 90 = 3000$ – проходит по участку за 3 часа.

6.2. Определение выбросов каждого из загрязняющих веществ группы 1

Используя исходные данные и табл. А1–А4 рассчитываем по формуле (1.2):

$$E_i^l = (E_i^m + E_i^s + E_i^d) \cdot K_2 \cdot K_3$$

Примечание: На коэффициент K_1 (см. табл. А7) домножать только при расчетах для ЛБ и ЛД.

Для того чтобы произвести расчеты по формуле (1.2), предварительно проводим расчеты по пп. 6.2.1–6.2.3.

6.2.1. Определение выбросов i -го вещества 1 группы в атмосферный воздух при движении всех транспортных средств j -го типа по

формуле (1.3): $E_i^m = q_{ij}^m \cdot L \cdot O_j$

6.2.1.1. **Мотоциклы** – 15 шт:

$E_{\text{СОМ}}^m = 24,2 \cdot 1 \cdot 15 = 363 \text{ г}$; $E_{\text{НОМ}}^m = 0,04 \cdot 1 \cdot 15 = 0,6 \text{ г}$; $E_{\text{ВОСМ}}^m = 8,4 \cdot 1 \cdot 30 = 126 \text{ г}$; $E_{\text{СН4М}}^m = 0,15 \cdot 1 \cdot 15 = 2,25 \text{ г}$.

6.2.1.2. Легковые бензиновые (ЛБ – 1185 шт.) с учетом K_1 (табл. А7 – октябрь):

$E_{\text{СОЛБ}}^m = 7,4 \cdot 1 \cdot 1185 \cdot 1,51 = 13241,19 \text{ г}$; $E_{\text{НОЛБ}}^m = 2,32 \cdot 1 \cdot 1185 \cdot 1,02 = 2804,184 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСЛБ}}^m = 1,3 \cdot 1 \cdot 1185 \cdot 1,34 = 2064,27 \text{ г}$; $E_{\text{СН4ЛБ}}^m = 0,06 \cdot 1 \cdot 1185 \cdot 1,34 = 95,274 \text{ г}$.

6.2.1.3. Легковые дизельные (ЛД – 300 шт) с учетом K_1 (табл. А7 – октябрь):

$E_{\text{СОЛД}}^m = 0,57 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 1,17 = 200,7 \text{ г}$; $E_{\text{НОЛД}}^m = 0,47 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 1,05 = 148,05 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСЛД}}^m = 0,12 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 1,34 = 48,24 \text{ г}$; $E_{\text{СН4ЛД}}^m = 0$; $E_{\text{РМЛД}}^m = 0,17 \cdot 1 \cdot 300 \cdot 1,31 = 29,4 \text{ г}$.

6.2.1.4. Грузовые автомобили бензиновые (ГАБ – 210 шт.):

$E_{\text{СОГАБ}}^m = 9,73 \cdot 1 \cdot 210 = 2043,3 \text{ г}$; $E_{\text{НОГАБ}}^m = 2,85 \cdot 1 \cdot 210 = 598,5 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСГАБ}}^m = 1,32 \cdot 1 \cdot 210 = 277,2$; $E_{\text{СН4ГАБ}}^m = 0,14 \cdot 1 \cdot 210 = 29,4$.

6.2.1.5. Грузовые автомобили дизельные (ГАД – 330 шт.):

$E_{\text{СОГАД}}^m = 1,05 \cdot 1 \cdot 330 = 346,5 \text{ г}$; $E_{\text{НОГАД}}^m = 1,22 \cdot 1 \cdot 330 = 402,6 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСГАД}}^m = 0,51 \cdot 1 \cdot 330 = 168,3 \text{ г}$; $E_{\text{СН4ГАД}}^m = 0,07 \cdot 1 \cdot 330 = 23,1 \text{ г}$;
 $E_{\text{РМГАД}}^m = 0,29 \cdot 1 \cdot 330 = 95,7 \text{ г}$.

6.2.1.6. Грузовые автомобили св. 3,5 т (ГД – 60 шт.):

$E_{\text{СОГД}}^m = 2,46 \cdot 1 \cdot 60 = 147,6 \text{ г}$; $E_{\text{НОГД}}^m = 5,24 \cdot 1 \cdot 60 = 314,4 \text{ г}$; $E_{\text{ВОСГД}}^m = 1,30 \cdot 1 \cdot 60 = 78 \text{ г}$;
 $E_{\text{СН4ГД}}^m = 0,12 \cdot 1 \cdot 60 = 7,2 \text{ г}$; $E_{\text{РМГД}}^m = 0,56 \cdot 1 \cdot 60 = 33,6 \text{ г}$.

Микроавтобусы МАБ=ГАБ, МАД=ГАД

6.2.1.7. Микроавтобусы бензиновые (МАБ – 225 шт.):

$E_{\text{СОМАБ}}^m = 9,73 \cdot 1 \cdot 225 = 2189,25 \text{ г}$; $E_{\text{НОМАБ}}^m = 2,85 \cdot 1 \cdot 225 = 641,25 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСМАБ}}^m = 1,32 \cdot 1 \cdot 225 = 297 \text{ г}$; $E_{\text{СН4МАБ}}^m = 0,14 \cdot 1 \cdot 225 = 31,5 \text{ г}$.

6.2.1.8. Микроавтобусы дизельные (МАД – 225 шт.):

$E_{\text{СОМАД}}^m = 1,05 \cdot 1 \cdot 225 = 236,25 \text{ г}$; $E_{\text{НОМАД}}^m = 1,22 \cdot 1 \cdot 225 = 274,5 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСМАД}}^m = 0,51 \cdot 1 \cdot 225 = 114,75 \text{ г}$; $E_{\text{СН4МАД}}^m = 0,07 \cdot 1 \cdot 225 = 15,75 \text{ г}$;
 $E_{\text{РММАД}}^m = 0,29 \cdot 1 \cdot 225 = 65,25 \text{ г}$.

6.2.1.9. Автобусы городские (АГ – 360 шт.):

$E_{\text{СОМАД}}^m = 3,20 \cdot 1 \cdot 360 = 1152 \text{ г}$; $E_{\text{НОМАД}}^m = 11,73 \cdot 1 \cdot 360 = 4222,8 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСМАД}}^m = 0,78 \cdot 1 \cdot 360 = 280,8 \text{ г}$; $E_{\text{СН4МАД}}^m = 0,18 \cdot 1 \cdot 360 = 64,8 \text{ г}$;
 $E_{\text{РММАД}}^m = 0,44 \cdot 1 \cdot 360 = 158,4 \text{ г}$.

6.2.1.10. Автобусы междугородные (АМ – 90 шт.):

$E_{\text{СОМАД}}^m = 2,39 \cdot 1 \cdot 90 = 215,1 \text{ г}$; $E_{\text{НОМАД}}^m = 9,66 \cdot 1 \cdot 90 = 869,4 \text{ г}$;
 $E_{\text{ВОСМАД}}^m = 1,38 \cdot 1 \cdot 90 = 124,2 \text{ г}$; $E_{\text{СН4МАД}}^m = 0,18 \cdot 1 \cdot 90 = 16,2 \text{ г}$;
 $E_{\text{РММАД}}^m = 0,52 \cdot 1 \cdot 90 = 46,8 \text{ г}$.

6.2.1.11. Определение выбросов i-го вещества 1 группы в атмосферный воздух при движении всех МТС (транспортного потока)

Суммируем для каждого из веществ результаты, полученные в пп. 6.2.1.1–6.2.1.10:

$$E_i^m = \sum_{j=1}^{10} E_{ij}^m$$

$$E_{CO}^m = 363 + 13241,19 + 200,7 + 2043,3 + 346,5 + 147,6 + 2189,25 + 236,25 + 1152 + 215,1 = 20134,89 \text{ г};$$

$$E_{NO_x}^m = 0,6 + 2804,184 + 148,05 + 598,5 + 402,6 + 314,4 + 641,25 + 274,5 + 4222,8 + 869,4 = 13081,032 \text{ г};$$

$$E_{VOC}^m = 126 + 2064,27 + 48,24 + 277,2 + 168,3 + 78 + 297 + 114,75 + 280,8 + 124,2 = 3578,76 \text{ г};$$

$$E_{CH_4}^m = 2,25 + 95,247 + 0 + 29,4 + 23,1 + 72 + 31,5 + 15,75 + 64,8 + 16,2 = 350,274 \text{ г};$$

$$E_{PM}^m = 0 + 0 + 66,81 + 0 + 95,7 + 33,6 + 0 + 158,4 + 46,8 + 65,25 = 466,56 \text{ г}.$$

6.2.2. Определение выбросов *i*-го вещества 1 группы в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне) всех транспортных средств *j*-го типа по формуле (1.4): $E_i^s = q_{ij}^s \cdot S \cdot K \cdot O_j$, где q_{ij}^s определяется из табл. А2, К из табл. А3.

6.2.2.1. Мотоциклы.

$$E_{COМ}^s = 1,2 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 15 = 57,24 \text{ г}; \quad E_{NOМ}^s = 0,2 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 15 = 9,54 \text{ г};$$

$$E_{VOCМ}^s = 0,2 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 15 = 9,54 \text{ г}; \quad E_{CH_4М}^s = 0,15 \cdot 1 \cdot 15 = 6,75 \text{ г}.$$

6.2.2.2. ЛБ (Далее расчеты аналогично 6.2.2.1 для всех остальных транспортных средств):

$$E_{COЛБ} = 12812,22 \text{ г}; \quad E_{NOЛБ} = 1884,15 \text{ г}; \quad E_{VOCЛБ} = 2637,81 \text{ г}; \quad E_{CH_4ЛБ} = 226,098 \text{ г}.$$

6.2.2.3. ЛД

$$E_{COЛД} = 1 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 300 = 954 \text{ г}; \quad E_{NOЛД} = 0,25 \cdot 1,06 \cdot 3 \cdot 300 = 235,8 \text{ г};$$

$$E_{VOCЛД} = 0,35 \cdot 1,06 \cdot 3 \cdot 300 = 333,9 \text{ г}; \quad E_{CH_4ЛД} = 0; \quad E_{PMЛД} = 0,1 \cdot 1,06 \cdot 3 \cdot 300 = 95,4 \text{ г}.$$

6.2.2.4. ГАБ

$$E_{COГаб} = 18 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 210 = 12020,4 \text{ г}; \quad E_{NOГаб} = 4 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 210 = 2671,2 \text{ г};$$

$$E_{VOCГаб} = 1,3 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 210 = 868,14 \text{ г}; \quad E_{CH_4Габ} = 0,14 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 210 = 93,492 \text{ г}.$$

6.2.2.5. ГАД

$$E_{COГад} = 2,4 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 330 = 2518,56 \text{ г}; \quad E_{NOГад} = 2,5 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 330 = 2728,44 \text{ г};$$

$$E_{VOCГад} = 0,6 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 330 = 629,64 \text{ г};$$

$$E_{CH_4Гад} = 0,07 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 330 = 73,458 \text{ г}; \quad E_{PMГад} = 0,2 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 330 = 209,88 \text{ г}.$$

6.2.2.6. ГД

$$E_{COГд} = 3,3 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 60 = 6149,88 \text{ г}; \quad E_{NOГд} = 686,88 \text{ г}; \quad E_{VOCГд} = 152,64 \text{ г};$$

$$E_{CH_4Гд} = 22,896 \text{ г}.$$

6.2.2.7. Микроавтобусы МАБ (МАБ=ГАБ)

$$E_{COмаБ}^s = 12879 \text{ г}; \quad E_{NOмаБ}^s = 2862 \text{ г}; \quad E_{VOCмаБ}^s = 930,15 \text{ г}; \quad E_{CH_4маБ}^s = 100,17 \text{ г}.$$

6.2.2.8. Микроавтобусы МАД (МАД=ГАД)

$$E_{COмаД} = 1717,2 \text{ г}; \quad E_{NOмаД} = 1860,3 \text{ г}; \quad E_{VOCмаД} = 429,3 \text{ г}; \quad E_{CH_4маД} = 50,085 \text{ г};$$

$$E_{PMмаД} = 143,1 \text{ г}.$$

6.2.2.9. Автобусы городские (АГ)

$$E_{COАГ} = 3,6 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 360 = 4121,28 \text{ г}; \quad E_{NOАГ} = 3,9 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 360 = 4464,72 \text{ г};$$

$$E_{VOCАГ} = 1,5 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 360 = 1717,2 \text{ г}; \quad E_{CH_4АГ} = 0,18 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 360 = 206,064 \text{ г};$$

$$E_{PMАГ} = 0,3 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 360 = 343,44 \text{ г}.$$

6.2.2.10. Автобусы междугородние (АМ)

$E_{COAM}=3,5 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 90=1001,7$ г; $E_{NOAM}=3,7 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 90=1058,94$ г;
 $E_{VOCAM}=1,5 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 90=429,3$ г; $E_{CH4AM}=0,18 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 90=51,516$ г;
 $E_{PMAM}=0,3 \cdot 3 \cdot 1,06 \cdot 90=85,86$ г.

6.2.2.11. Определение выбросов *i*-го вещества 1 группы в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне) всех МТС (транспортного потока)

Суммируем для каждого из веществ результаты, полученные в

пп. 6.2.2.1–6.2.2.10: $E_i^s = \sum_{j=1}^{10} E_{ij}^s$

$E_{CO}^s = 57,24 + 12812,22 + 954 + 12020,4 + 2518,56 + 6149,88 + 12879 + 1717,2 + 4121,28 = 2518,56$ г;

$E_{NOx}^s = 9,54 + 1884,15 + 238,5 + 2671,5 + 2728,44 + 686,88 + 2862 + 1860,2 + 4464,72 + 1058,94 = 18464,57$ г;

$E_{VOC}^s = 9,54 + 2637,81 + 333,9 + 868,14 + 629,64 + 152,64 + 930,15 + 429,3 + 1717,2 + 429,3 = 10794,51$ г;

$E_{CH4}^s = 6,75 + 226,098 + 0 + 93,492 + 73,458 + 22,896 + 100,17 + 50,085 + 206,064 + 51,516 = 830,529$ г;

$E_{PM}^s = 95,4 + 209,88 + 143,1 + 343,44 + 85,86 = 877,68$ г.

6.2.3. Определение выбросов *i*-го вещества 1 группы в атмосферный воздух при задержке движения (работе на холостом ходу) по формуле (1.5):

$E_i^d = q_{ij}^d \cdot D \cdot O_j$, где q_{ij}^d – определяется из табл. А4.

6.2.3.1. Мотоциклы:

$E_{COM}^d = 4,2 \cdot 2 \cdot 15 = 126$ г; $E_{NOM}^d = 0,02 \cdot 2 \cdot 15 = 0,6$ г; $E_{VOCM}^d = 0,35 \cdot 2 \cdot 15 = 10,5$ г;
 $E_{CH4M}^d = 0,15 \cdot 2 \cdot 15 = 4,5$ г.

6.2.3.2. ЛБ: $E_{COЛБ} = 2,8 \cdot 2 \cdot 1185 = 6636$ г; $E_{NOЛБ} = 0,05 \cdot 2 \cdot 1185 = 118,5$ г;

$E_{VOCЛБ} = 0,85 \cdot 2 \cdot 1185 = 2014,5$ г; $E_{CH4ЛБ} = 0,06 \cdot 2 \cdot 1185 = 142,2$ г.

6.2.3.3. ЛД: $E_{COЛД} = 1,2 \cdot 2 \cdot 300 = 720$ г; $E_{NOЛД} = 0,3 \cdot 2 \cdot 300 = 180$ г;

$E_{VOCЛД} = 0,25 \cdot 2 \cdot 300 = 150$ г; $E_{CH4ЛД} = 0$; $E_{PMЛД} = 6$ г.

6.2.3.4. ГАБ: $E_{COГаб} = 4,5 \cdot 2 \cdot 210 = 1890$ г; $E_{NOГаб} = 0,05 \cdot 2 \cdot 210 = 21$ г;

$E_{VOCГаб} = 2,3 \cdot 2 \cdot 210 = 966$ г; $E_{CH4Габ} = 0,14 \cdot 2 \cdot 210 = 58,8$ г.

6.2.3.5. ГАД:

$E_{COГад} = 1,5 \cdot 2 \cdot 330 = 990$ г; $E_{NOГад} = 0,45 \cdot 2 \cdot 330 = 297$ г;

$E_{VOCГад} = 0,12 \cdot 2 \cdot 330 = 79,2$ г; $E_{CH4Гад} = 0,07 \cdot 2 \cdot 330 = 46,2$ г; $E_{PMГад} = 0,01 \cdot 2 \cdot 330 = 6,6$ г.

6.2.3.6. ГД: $E_{COГд} = 2,9 \cdot 2 \cdot 60 = 348$ г; $E_{NOГд} = 111,6$ г; $E_{VOCГд} = 36$ г; $E_{CH4Гд} = 14,4$ г.

6.2.3.7. Микроавтобусы МАБ: $E_{COМаб} = 9112,5$ г; $E_{NOМаб} = 22,5$ г;

$E_{VOCМаб} = 1035$ г; $E_{CH4Маб} = 63$ г.

6.2.3.8. Микроавтобусы МАД: $E_{COМад} = 675$ г; $E_{NOМад} = 202,5$ г;

$E_{VOCМад} = 54$ г; $E_{CH4Мад} = 31,5$ г; $E_{PMМад} = 4,5$ г.

6.2.3.9. Автобусы городские (АГ):

$E_{COar}=3312$ г; $E_{NOar}=518,4$ г; $E_{VOCar}=360$ г; $E_{CH4ar}=129,6$ г; $E_{PMar}=21,6$ г.

6.2.3.10. Автобусы междугородные (АМ):

$E_{COam}=828$ г; $E_{NOam}=108$ г; $E_{VOCam}=90$ г; $E_{CH4am}=32,4$ г; $E_{PMam}=5,4$ г.

6.2.3.11. Определение выбросов *i*-го вещества 1 группы в атмосферный воздух при задержке движения (работе на холостом ходу) всех МТС (транспортного потока)

Суммируем для каждого из веществ результаты, полученные в пп.

$$6.2.3.1-6.2.3.10: E_i^d = \sum_{j=1}^{10} E_{ij}^d$$

$$E_{CO}^d = 126 + 6636 + 720 + 1890 + 990 + 348 + 9112,5 + 675 + 3312 + 828 = 2463,75 \text{ г};$$

$$E_{NOx}^d = 0,6 + 118,5 + 180 + 21 + 297 + 111,6 + 22,5 + 202,5 + 518,4 + 108 = 1580,1 \text{ г};$$

$$E_{VOC}^d = 10,5 + 2014,5 + 150 + 966 + 79,2 + 36 + 1035 + 54 + 360 + 90 = 4795,2 \text{ г};$$

$$E_{CH4}^d = 4,5 + 142,2 + 0 + 58,8 + 46,2 + 14,4 + 63 + 31,5 + 129,6 + 32,4 = 522,6 \text{ г};$$

$$E_{PM}^d = 6 + 6,6 + 4,5 + 21,6 + 5,4 = 44,1 \text{ г}.$$

6.2.4. Окончательный расчет (ответ)

Для каждого из веществ, проводим расчеты по формуле (1.2), т.е. суммируем результаты, полученные в пп.: 6.2.1.11, 6.2.2.11, 6.2.3.11.

Условно принимаем, что коэффициенты $K_2=K_3=1$.

$$E_{CO} = 20134,89 + 53229,78 + 24637,5 = 98002,17 \text{ грамм} = 98 \text{ кг};$$

$$E_{NOx} = 13081,032 + 18464,57 + 1580,1 = 33125,702 \text{ грамм} = 33 \text{ кг};$$

$$E_{VOC} = 3578,76 + 10794,51 + 4795,2 + 19168,47 \text{ грамм} = 19 \text{ кг};$$

$$E_{CH4} = 350,274 + 830,529 + 522,6 = 1703,493 \text{ грамм} = 1,7 \text{ кг};$$

$$E_{PM} = 466,56 + 877,68 + 44,1 = 1388,34 \text{ грамм} = 1,4 \text{ кг}.$$

Дополнительно проводим расчет по формуле

$$(1.6): E_{NMVOC}^1 = E_{VOC}^1 - E_{CH4}^1 = 19 - 1,7 = 17,3 \text{ кг}.$$

Вывод: По результатам расчета установлено, что суммарный выброс загрязняющих веществ 1 группы за расчетный период $T=3$ часа составляет:

- оксид углерода – 98 кг; – оксиды азота – 33 кг; – летучие орг. соединения – 19 кг; – метан – 1,7 кг; – твердые частицы – 1,4 кг;
- НМЛОС – 17,3 кг.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица А1

Удельные выбросы веществ группы 1 и потребление топлива в зависимости от скорости движения транспортного потока, г/авт.км

Расчетная модель	Наименование вещества и потребление топлива	Скорость, км/ч											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
ЛБ	СО	32,1	17,1	11,8	9,1	7,4	6,3	5,0	4,5	4,3	4,3	4,5	5,0
	NOx	1,62	1,77	1,94	2,12	2,32	2,53	2,76	3,00	3,25	3,52	3,81	4,11
	VOC	3,9	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
	CH ₄	0,21	0,17	0,13	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06
	Потребление топлива	130,5	82,2	69,3	61,7	55,8	51,6	49,2	48,4	49,4	52,1	56,5	62,7
ЛД	СО	1,44	0,97	0,77	0,65	0,57	0,52	0,47	0,44	0,41	0,38	0,36	0,35
	NOx	0,79	0,68	0,59	0,52	0,47	0,44	0,43	0,44	0,48	0,53	0,60	0,69
	VOC	0,53	0,28	0,19	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
	CH ₄	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	PM	0,37	0,30	0,24	0,20	0,17	0,14	0,13	0,13	0,15	0,17	0,21	0,25
Потр-е топлива	99,0	82,4	68,6	57,5	49,3	43,8	41,2	41,4	44,3	50,1	58,6	70,0	
ГАБ	СО	43,76	31,94	22,33	14,93	9,73	6,74	5,96	7,39	11,03	16,87	24,92	-
	NOx	2,13	2,31	2,49	2,67	2,85	3,03	3,21	3,39	3,57	3,74	3,92	-
	VOC	4,37	3,40	2,57	1,88	1,32	0,89	0,60	0,45	0,43	0,54	0,80	-
	CH ₄	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	-
	Потр-е топлива	175,9	148,3	125,1	106,1	91,4	81,0	74,9	73,1	75,6	82,3	93,4	-
ГАД	СО	1,59	1,40	1,24	1,12	1,05	1,01	1,02	1,06	1,14	1,27	1,43	-
	NOx	4,02	3,07	2,29	1,67	1,22	0,93	0,80	0,83	1,03	1,39	1,92	-
	VOC	0,21	0,23	0,23	0,38	0,51	0,53	0,67	1,11	1,36	1,68	2,02	-
	CH ₄	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	-
	PM	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	-
Потр-е топлива	125,8	104,7	88,1	75,7	67,8	64,2	64,9	70,0	79,5	93,3	111,5	-	
ГД	СО	7,53	4,65	3,51	2,88	2,46	2,17	1,95	1,78	1,64	1,52	-	-
	NOx	17,08	10,27	7,62	6,17	5,24	4,29	4,13	4,09	4,17	4,37	-	-
	VOC	5,32	2,90	2,03	1,58	1,30	1,10	0,96	0,86	0,77	0,71	-	-
	CH ₄	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	-	-
	PM	1,81	1,09	0,81	0,66	0,56	0,49	0,44	0,40	0,37	0,34	-	-
Потр-е топлива	345,2	245,7	201,4	174,9	156,8	147,0	156,8	169,1	183,9	201,3	-	-	
АГ	СО	10,62	6,34	4,69	3,78	3,20	2,80	-	-	-	-	-	-
	NOx	27,02	18,86	15,29	13,17	11,73	10,67	-	-	-	-	-	-
	VOC	4,07	1,99	1,31	0,98	0,78	0,64	-	-	-	-	-	-
	CH ₄	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	-	-	-	-	-	-
	PM	1,44	0,87	0,64	0,52	0,44	0,39	-	-	-	-	-	-
Потр-е топлива	507,5	376,2	315,8	278,9	253,3	234,1	-	-	-	-	-	-	
АМ	СО	9,24	5,16	3,67	2,89	2,39	2,05	1,80	1,61	1,46	1,34	1,23	1,15
	NOx	27,78	17,63	13,51	11,19	9,66	8,26	7,95	7,84	7,94	8,23	8,72	9,41
	VOC	5,74	3,10	2,16	1,68	1,38	1,17	1,02	0,91	0,82	0,74	0,68	0,63
	CH ₄	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	PM	1,70	1,02	0,76	0,61	0,52	0,45	0,41	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
Потребление топлива	554,0	381,1	306,2	262,2	232,4	214,6	202,0	198,3	203,6	217,8	241,0	273,0	
М	СО	19,72	21,14	22,36	23,38	24,20	24,82	25,49	26,14	26,81	27,50	28,21	-
	NOx	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	-
	VOC	16,36	13,32	10,98	9,34	8,40	8,16	8,40	8,33	8,31	8,36	8,47	-
	CH ₄	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	-
	Потребление топлива	39,0	34,9	32,0	30,4	30,0	30,9	32,4	34,0	35,5	37,0	38,3	-

Таблица А2

**Удельные выбросы загрязняющих веществ при остановке
(торможении-разгоне) транспортных средств, г/ост.**

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
М	1,2	0,2	0,2	-	12
ЛБ	3,4	0,5	0,7	-	28
ЛД	1,0	0,25	0,35	0,1	25
ГАБ	18	4,0	1,3	-	40
ГАД	2,4	2,6	0,6	0,2	35
ГД	3,3	3,6	0,8	0,25	70
АГ	3,6	3,9	1,5	0,3	80
АМ	3,5	3,7	1,5	0,3	75

Таблица А3

**Поправочные коэффициенты, учитывающие зависимость
выбросов веществ при остановке МТС от скорости движения
транспортного потока**

	Изменение скорости движения при торможении-разгоне, км/ч									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Поправочный коэффициент	0,21	0,43	0,64	0,85	1,06	1,28	1,49	1,70	1,91	2,13

Таблица А4

**Удельные выбросы загрязняющих веществ при задержке
движения (работе на холостом ходу), г/мин**

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
М	4,2	0,02	0,35	-	14
ЛБ	2,8	0,05	0,85	-	28
ЛД	1,2	0,30	0,25	0,01	20
ГАБ	4,5	0,05	2,3	-	35
ГАД	1,5	0,45	0,12	0,01	30
ГД	2,9	0,93	0,3	0,035	60
АГ	4,6	0,60	0,5	0,03	70
АМ	4,6	0,60	0,5	0,03	70

Таблица А6

Выбросы летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливной системы МТС, г/(сут.-авт.) и г/авт.км

Коэффициенты $q_p/q_o/q_v$	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Ср. За год
Испарение из бака из-за суточного колебания температур, г/(сут.-авт.)	1,40	1,40	1,86	2,48	3,30	4,40	4,40	4,40	3,30	2,48	1,40	1,40	2,96
Испарение после движения, г/(сут.-авт.)	13,4	13,4	19,4	24,9	29,7	31,3	31,3	31,3	29,7	22,6	16,4	13,4	24,9
Испарение при движении, г/авт.км	0,005	0,005	0,013	0,03	0,08	0,19	0,19	0,19	0,08	0,03	0,005	0,005	0,083

Таблица А7

Поправочные коэффициенты, учитывающие зависимость выбросов и потребление топлива от наличия в потоке легковых автомобилей с неразогретыми (холодными) двигателями

Рачет-ная модель	Наименование вещества и потребление топлива	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Ср. За год
ЛБ	СО	2,13	1,90	1,69	1,37	1,26	1,21	1,21	1,13	1,34	1,51	1,69	1,90	1,45
	NOx	1,06	1,05	1,03	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	1,02	1,03	1,05	1,02
	VOС	1,75	1,60	1,46	1,25	1,17	1,14	1,14	1,09	1,23	1,34	1,46	1,60	1,30
	CH ₄	1,75	1,60	1,46	1,25	1,17	1,14	1,14	1,09	1,23	1,34	1,46	1,60	1,30
	Потр-ние топлива	1,18	1,16	1,13	1,09	1,07	1,07	1,07	1,06	1,09	1,11	1,13	1,16	1,10
ЛД	СО	1,38	1,30	1,23	1,12	1,09	1,07	1,07	1,04	1,11	1,17	1,23	1,30	1,15
	NOx	1,13	1,10	1,07	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00	1,03	1,05	1,07	1,10	1,04
	VOС	1,91	1,70	1,51	1,22	1,12	1,07	1,07	1,01	1,19	1,34	1,51	1,70	1,29
	CH ₄	1,91	1,70	1,51	1,22	1,12	1,07	1,07	1,01	1,19	1,34	1,51	1,70	1,29
	PM	1,93	1,70	1,49	1,18	1,07	1,02	1,02	0,96	1,15	1,31	1,49	1,70	1,26
	Потр-ние топлива	1,14	1,11	1,09	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,06	1,07	1,09	1,11	1,07

Таблица Б1

Удельное содержание веществ группы 2 в продуктах сгорания топлива, г/кг

Наименование вещества	Удельное содержание, г/кг	Топливо
Углерода диоксид (CO ₂)	3170	Бензин, газ
	3130	Дизельное топливо
Серы диоксид (SO ₂)	1	Бензин, газ
	0,7	Дизельное топливо

Окончание табл. В1

Кадмий (Cd)	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Любое
Хром (Cr)	$0,05 \cdot 10^{-3}$	Любое
Медь (Cu)	0,0017	Любое
Никель (Ni)	$0,07 \cdot 10^{-3}$	Любое
Селен (Se)	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Любое
Цинк (Zn)	0,001	Любое

Таблица В1

Удельные выбросы группы 3, зависящие от пробега МТС, г/авт.км

Расчетн. модель	NH ₃	N ₂ O	Индексно(1,2,3-сд)пирен	Бензо(к) флюорантен	Бензо(б) флюорантен	Бензо (ghi) перилен	Флюорантен	Бензо(а) пирен	Диоксины	Фураны
М	0,002	0,002	–	–	–	–	–	–	–	–
ЛБ	0,07	0,053	$1,03 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$	$0,88 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$18,22 \cdot 10^{-6}$	$0,48 \cdot 10^{-6}$	$10,3 \cdot 10^{-9}$	$21,2 \cdot 10^{-9}$
ЛД	0,001	0,027	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$0,19 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$0,63 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$
ГАБ	0,07	0,053	$1,03 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$	$0,88 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$18,22 \cdot 10^{-6}$	$0,48 \cdot 10^{-6}$	$10,3 \cdot 10^{-9}$	$21,2 \cdot 10^{-9}$
ГАД	0,001	0,017	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$0,19 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,95 \cdot 10^{-6}$	$18 \cdot 10^{-6}$	$0,63 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$
ГД	0,003	0,03	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$0,77 \cdot 10^{-6}$	$21,39 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{-9}$
АГ	0,003	0,03	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$0,77 \cdot 10^{-6}$	$21,39 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{-9}$
АМ	0,003	0,03	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$6,09 \cdot 10^{-6}$	$5,45 \cdot 10^{-6}$	$0,77 \cdot 10^{-6}$	$21,39 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$7,9 \cdot 10^{-9}$

Таблица Г1

Процентные доли загрязняющих веществ группы 4 в не-метановых летучих органических соединениях, %

Расчетная модель	Алканы	Алкены	Алкины	Альдегиды	Кетоны	Циклоалканы	Ароматические углеводороды
М	17,29	21,3	6,31	4,32	0,32	0,88	49,56
ЛБ	24,53	17,17	2,34	31,1	4,14	0,65	19,49
ЛД	17,29	21,3	6,31	4,32	0,32	0,88	49,56
ГАБ	24,53	17,17	2,34	31,1	4,14	0,65	19,49
ГАД	31,53	13,33	1,05	24,47	0	1,16	25,17
ГД	31,53	13,33	1,05	24,47	0	1,16	25,17
АГ	31,53	13,33	1,05	24,47	0	1,16	25,17

Таблица Г2

Процентные доли не-метановых летучих органических соединений, испаряющихся из топливной системы

Алканы	Алкены	Ароматические углеводороды
88%	9,5%	2,5%

Практическая работа № 2

Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника

Цель работы: изучить методику определения параметров загрязнения воздушного бассейна от одиночных точечных источников.

1. Общие сведения

Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, предназначена для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также вертикального распределения концентраций [3]. На рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры: скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха. Максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасных скоростях и направлении ветра, высокой температуре атмосферы и ее безразличном состоянии), не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны. Приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.

– **Стратификация** – учение о слоистом строении атмосферы, учитывается температурный градиент, движение воздуха, различие его состава в разных слоях.

– **Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ, C_{max} , мг/м³** в атмосфере от одиночного точечного источника выброса круглого сечения, выбрасывающего нагретую пылегазовоздушную смесь, рассчитывается по формуле [1]:

$$C_{max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot t \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} ; \quad (2.1)$$

где A – коэффициент зависящий от температуры стратификации атмосферы. Для условий Республики Беларусь $A = 140, \frac{c^{\frac{2}{3}} \cdot мг \cdot град^{\frac{1}{3}}}{2}$;

H – высота источника выброса от земли, м;

M – интенсивность выброса загрязняющего вещества, г/с;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере и зависящий от состояния загрязняющих веществ и эффективности пылеулавливания (табл. 2.1). Быстрее оседают крупные частицы пыли, большей плотности (ρ_n , г/см³) при малой начальной скорости (ω_0).

Таблица 2.1

Значение коэффициента F

Вещество	Эффективность пылеулавливания, %	F
Газообразные выбросы	–	1
Твердые частицы	> 90	2
	75–90	2,5
	< 75	3

V_1 – расход выбрасываемой пылегазовоздушной смеси, м³/с:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (2.2)$$

где ω_0 – скорость выхода газовой смеси из источника выброса (трубы), м/с;

D – диаметр трубы, м.

Разность между температурой выбрасываемой газовой смеси (T_T) и температурой окружающего воздуха (T_B):

$$\Delta T = T_T - T_B, \quad (2.3)$$

где T_T – температура газовой смеси, °С;

T_B – температура атмосферного воздуха принимаемая для района расположения предприятия в 13 часов самого жаркого месяца года (Определяется по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология», 2000 г.).

η – коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических нарушений. Для одиночного источника при отсутствии рядом стоящих препятствий (высоких зданий, сооружений) $\eta = 1$.

Коэффициенты m и n учитывают условия выброса пылевоздушной смеси. Для их определения вводится коэффициент f , показывающий изменение скорости на единицу температурного градиента и зависящий от параметров источника выброса (трубы):

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (2.4)$$

Безразмерный коэффициент m , определяется по приведенным формулам:

$$\text{при } f < 100 \quad m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (2.5)$$

$$\text{при } f \geq 100 \quad m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad (2.6)$$

n – безразмерный коэффициент, зависящий от параметра V_m :

при $V_m \geq 2$

$$n = 1$$

$1,5 \leq V_m < 2$

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13$$

$$V_m < 0,5 \quad n = 4,4 \cdot V_m$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (2.7)$$

Расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией рассчитывается по формуле (2.8):

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (2.8)$$

где H , м – высота источника выброса;

d – параметр, определяемый следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{при } V_m \leq 0,5 & \quad d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \\ 0,5 < V_m \leq 2 & \quad d = 4,95 \cdot V_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \\ V_m > 2 & \quad d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \end{aligned}$$

Опасная скорость (V_{\max} , м/с) – скорость ветра, при которой предельные концентрации имеют наибольшее значение. V_{\max} соответствует полученным значениям C_{\max} и X_{\max} . Значение опасной скорости на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли) зависит от параметра V_m .

В случае $f < 100$ определяется по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 0,5, \text{ при } V_m \leq 0,5; \\ V_{\max} &= V_m, \text{ при } 0,5 < V_m \leq 2; \\ V_{\max} &= V_m \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}), \text{ при } V_m > 2. \end{aligned}$$

В случае $f \geq 100$ или $\Delta T \geq 100$ значение V_{\max} определяется по формулам:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= 0,5, \text{ при } (V_m)^3 \leq 0,5; \\ V_{\max} &= (V_m)^3, \text{ при } 0,5 < (V_m)^3 \leq 2; \\ V_{\max} &= 2,2(V_m)^3, \text{ при } (V_m)^3 > 2. \end{aligned}$$

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем q (должен быть меньше 1):

$$q = \frac{C_{\max}}{ПДК} \quad (2.9)$$

Результаты расчета записывают в табличной форме (табл. 2.2). Опасность загрязнения атмосферы газообразными веществами с учетом эффекта суммации при одновременном присутствии в атмосфере

$$SO_2 \text{ и } NO_x: q_{SO_2+NO_x} = \frac{C_{\max,SO_2}}{ПДК_{SO_2}} + \frac{C_{\max,NO_x}}{ПДК_{NO_x}} < 1 \quad (2.10)$$

Вид записи результатов расчета

Вещество	C_{max} , мг/м ³	X_{max} , м	V_{max} м/с	q
Зола SO_2 NO_x				
Суммирование SO_2+NO_x		—	—	

По итогам расчета делаются выводы об уровне загрязнения и предлагаются мероприятия по его снижению в случае необходимости.

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1. Название работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Условие задания.
- 3.4. Ход работы (расчеты).
- 3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1. Что такое стратификация?
- 4.2. От чего зависит величина максимальной приземной концентрации (C_{max}) загрязняющих веществ?
- 4.3. Что учитывает и от чего зависит F ?
- 4.4. Что такое санитарно-защитная зона?
- 4.5. Как влияют температурный градиент и начальная скорость газа на площадь рассеивания?
- 4.6. Как оценивается опасность загрязнения атмосферы?
- 4.7. Что такое опасная скорость?

5. Варианты заданий к практической работе (табл. 2.3)

Определить опасность загрязнения атмосферы одиночным точечным источником высотой H , м и диаметром D , м, если скорость выбрасывания газовой смеси ω_0 , м/с. Массовый выброс выбрасываемых загрязняющих веществ M_i , г/с. $\hat{E}_{so_2} = 0,50$ мг/м³; $ПДК_{зола} = 0,05$ мг/м³; $ПДК_{NO_x} = 0,40$ мг/м³. Температура газовой смеси – T_2 , °С, температура воздуха $T_в$, °С. Эффективность пылеулавливания – \mathcal{E} , %.

Таблица 2.3

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H, \text{ м}$	10	25	26	27	28	30	32	33	35
$D, \text{ м}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
$\omega_0, \text{ м/с}$	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$M_{SO_2}, \text{ г/с}$	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
$M_{\text{зола}}, \text{ г/с}$	5,0	6,0	7,0	7,5	2,0	2,5	4,0	4,5	6,0
$M_{NO_x}, \text{ г/с}$	4,0	4,6	4,8	5,2	5,8	6,2	6,8	8,2	9,0
$T_2, ^\circ\text{C}$	124	122	120	118	116	110	105	102	100
$T_6, ^\circ\text{C}$	25	24	22	23	21	20	19	15	12
$\mathcal{E}, \%$	92	92	92	80	80	80	70	70	70
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$H, \text{ м}$	24	25	30	33	34	35	36	37	38
$D, \text{ м}$	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
$\omega_0, \text{ м/с}$	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$M_{SO_2}, \text{ г/с}$	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
$M_{\text{зола}}, \text{ г/с}$	19,0	21,0	24,0	26,0	28,0	32,0	35,0	37,0	40,0
$M_{NO_x}, \text{ г/с}$	11,4	11,8	12,2	13,4	13,8	14,5	15,2	16,2	18,0
$T_2, ^\circ\text{C}$	215	220	240	250	260	266	180	190	200
$T_6, ^\circ\text{C}$	20	30	25	18	16	12	10	9	8
$\mathcal{E}, \%$	72	72	72	82	82	92	92	92	92

Практическая работа № 3

Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ разных периодов осреднения

Цель работы: изучить методику расчета приземных концентраций загрязняющих веществ разных периодов осреднения применительно к крупным точечным источникам методом Гаусса.

1. Общие сведения

Метод Гаусса может быть использован при исследовании воздействия загрязнений атмосферы на рост деревьев и динамику роста сельскохозяйственных культур во время вегетативного периода, а также других исследованиях долговременного воздействия выбросов на окружающую среду [4].

Долгопериодная концентрация – средняя концентрация вредных веществ в атмосфере в течение длительного периода времени (более 20 минут).

Класс устойчивости атмосферы – совокупность климатических факторов, создающих определенные условия рассеивания в атмосфере. В зависимости от устойчивости атмосферы она подразделяется на 6 классов, обозначаемых буквами A, B, C, D, E, F.

Классы устойчивости атмосферы S зависят от скорости ветра, солнечной радиации в дневной период и ночной облачности.

При рассмотрении длительных периодов времени, средняя долгопериодная концентрация в точке A на расстоянии X от источника и под углом φ (рис. 3.1) определяется по формуле (3.1).

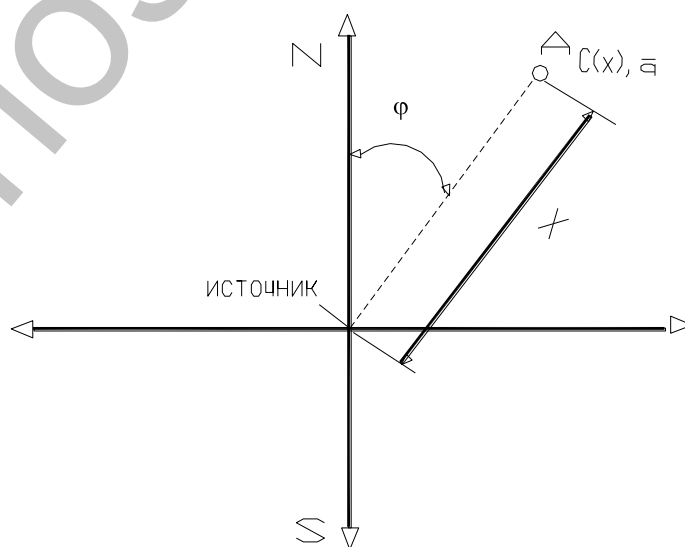


Рис. 3.1. Расчетная схема (точка A с координатами X, φ).

$$\bar{q}(x, \varphi) = \frac{\varphi_0}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{P_\varphi}{P_0} \cdot C(x), \text{ мг/м}^3, \quad (3.1)$$

где: $\frac{P_\varphi}{P_0}$ – отклонение розы ветров от круговой для направле-

ния от источника к точке А под углом φ ;

$\frac{\varphi_0}{\sqrt{2\pi}}$ – угол раскрытия факела, в пределах которого разовая концентрация $C(x)$ не меняется. (Для расчета по методике ОНД-86 это выражение равно 0,04);

$C(x)$, мг/м³ – определяется по методике ОНД-86 [3].

2. Расчет разовых приземных концентраций по методу Гаусса

По методу Гаусса, средняя (долгопериодная) концентрация в точке А с координатами X , φ определяется по формуле:

$$\bar{q}(x, \varphi) = \frac{P\varphi}{P_0} \cdot \sum_{s=1}^6 \frac{\varphi_s P_s q(x)}{\sqrt{2\pi}}, \text{ мг/м}^3, \quad (3.2)$$

где φ_s – горизонтальная дисперсия раскрытия факела при классе устойчивости атмосферы S , значения которой приведены в табл. 3.1;

P_s – вероятность реализации класса устойчивости атмосферы S за период осреднения (см. табл. 3.2).

$q(x)$ – разовая (среднечасовая) приземная концентрация на расстоянии X от источника (от оси факела) при усредненных параметрах выброса и различных классах устойчивости атмосферы, рассчитанная по формуле (3.4).

Расчет величины долгопериодного максимума концентраций по формуле (3.2) выполняется для расстояния, которое определяется по формуле (3.3):

$$X_m = \sum_{s=1}^6 X_{m_s} \cdot P_s, \text{ м}, \quad (3.3)$$

где X_{m_s} – расстояние, на котором разовая концентрация каждого из классов устойчивости S достигает своего максимума.

Таблица 3.1

Горизонтальная дисперсия раскрытия факела φ_s , осредненная за 30 мин – 1 час, в зависимости от классов устойчивости атмосферы

	Класс устойчивости атмосферы					
	A	B	C	D	E	F
Диапазон дисперсии раскрытия факела от направления ветра φ_0 , рад.	0,39	0,36	0,26	0,17	0,08	0,05
$\frac{\varphi_0}{\sqrt{2\pi}}$	0,156	0,144	0,104	0,066	0,032	0,019

Таблица 3.2

Вероятность реализации класса устойчивости атмосферы S за период осреднения

	Класс устойчивости атмосферы					
	A	B	C	D	E	F
Вероятность реализации класса устойчивости атмосферы S за период осреднения P_S	0,0165	0,106	0,099	0,40	0,136	0,048

$$q \approx \frac{M \cdot 10^3}{\pi \cdot U_H \sigma_Y \cdot \sigma_Z} \cdot \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_Z^2}\right), \text{ мг/м}^3, \quad (3.4)$$

где X – координата, направленная вдоль ветра, м;
 Y – перпендикулярное направление по горизонтали, м;
 Z – высота над поверхностью земли, м;
 M – масса выбросов примеси источником, г/с;
 U_H – скорость ветра на эффективной высоте источника H, м/с;
 σ_y, σ_z – горизонтальная и вертикальная дисперсии, функции X, состояния устойчивости пограничного слоя атмосферы, шероховатости подстилающей поверхности и времени осреднения принимаются по табл. 3.3;

H – эффективная высота источника, $(h+\Delta h)$, м;

h – геометрическая высота источника, м;

Δh – подъем факела, м, определяется по формулам (3.6), (3.8),

(3.9);

M – масса выброса из источника, г/с.

Таблица 3.3

Значения горизонтальной и вертикальной дисперсий, σ_y и σ_z для расстояний $10^2 < X < 10^4$ м от источника*

Класс устойчивости атмосферы по Пэскуиллу	Величина горизонтальной дисперсии σ_Y , м	Величина вертикальной дисперсии, σ_Z , м
	Сельская местность ($z_0 \approx 3$ см)	
A	0,22X	0,20X
B	0,16X	0,12X
C	0,11X	0,08X
D	0,08X	0,06X
E	0,06X	0,03X
F	0,04X	0,016X
	Городская застройка ($z_0 \approx 100$ см)	
A-B	0,32X	0,24X
C	0,22X	0,20X
D	0,16X	0,14X
E-F	0,11X	0,08X

*Приведен упрощенный вариант таблицы [4]. Использование приводимых значений дисперсий для расстояний больше 10 км приводит к значительным погрешностям.

Параметр шероховатости подстилающей поверхности для сельской местности принят $z_0 \approx 3$ см, для городской застройки $z_0 \approx 100$ см.

Скорость ветра на уровне эффективной высоты источника Н определяется по формуле (3.5):

$$U_H = U_{10} \frac{\lg\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\lg\left(\frac{10}{z_0}\right)}, \text{ м/с}, \quad (3.5)$$

где U_{10} – скорость ветра на высоте флюгера (10 м), м/с;

z_0 – шероховатость подстилающей поверхности, м.

Подъем дымового факела для нагретых дымовых газов при нейтральных и неустойчивых состояниях атмосферы (классы A, B, C, D) определяется по формуле (3.6)

$$\Delta h = \frac{1.9 \cdot d \cdot W_0}{U_{10}} + \frac{4.95 \cdot F}{U_{10}^3}, \text{ м}, \quad (3.6)$$

где F – параметр плавучести:

$$F = \frac{9.81 \cdot W_0 \cdot d^2 \cdot (T_a - T_a)}{4 \cdot T_a}, \text{ м}^4/\text{с}^3, \quad (3.7)$$

W_0 – скорость дымовых газов в устье дымовой трубы, м/с;
 d – диаметр устья дымовой трубы, м;
 T_e и T_a – температуры выбрасываемых дымовых газов и окружающего воздуха, (K);
 $9,81$ – ускорение свободного падения, м/с².

Для устойчивой стратификации атмосферы при наличии ветра (класс устойчивости **E**) для расчета высоты подъема факела используется формула (3.8)

$$\Delta h = 3.8 \left(\frac{F}{U_h S} \right)^{\frac{1}{3}}, \text{ м}, \quad (3.8)$$

где U_h – скорость ветра на высоте дымовой трубы h , м/с;
 S – параметр устойчивости. Для класса устойчивости **E** величина S принимает значение $8,7 \cdot 10^{-4}$. F – определяется по формуле (3.7).
 Для устойчивых условий при штиле (класс устойчивости **F**) подъем дымового факела определяется по формуле (3.9)

$$\Delta h = 5.1 \cdot F^{1/4} \cdot S^{-3/8}, \text{ м} \quad (3.9)$$

Для класса устойчивости **F** величина S принимает значение $1,75 \cdot 10^{-3}$. F – определяется по формуле (3.7).

Расчет максимума разовой приземной концентрации по методу Гаусса для любого класса устойчивости атмосферы осуществляется по формуле (3.10):

$$q_{\max} \left(X_m \right) \cong \frac{234 \cdot M}{U_H \cdot H^2} \cdot \frac{\sigma_z}{\sigma_y}, \text{ мг/м}^3, \quad (3.10)$$

где M – масса выброса из источника, г/с;
 U_H – скорость ветра на уровне эффективной высоты источника, м/с.

Расстояние X_m , на котором достигается максимум разовой приземной концентрации, равно расстоянию, при котором вертикальная дисперсия факела имеет значение:

$$\sigma_z = \frac{H}{\sqrt{2}} \quad (3.11)$$

Для каждого класса устойчивости атмосферы X_m принимает разные значения X_{mS} .

Таблица 3.4

Годовая роза ветров

	Направление ветра, φ							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
г. Минск								
вероятность P_ϕ	8	10	9	13	14	14	17	15
P_ϕ/P_0	0,64	0,8	0,72	1,04	1,12	1,12	1,36	1,2
г. Витебск								
вероятность P_ϕ	8	9	8	15	18	15	17	10
P_ϕ/P_0	0,64	0,72	0,64	1,2	1,44	1,2	1,36	0,8

Таблица 3.5

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

Наименование веществ	ПДК
Диоксид азота (NO ₂)	0,25
Оксид азота (NO)	0,4
Оксид углерода (CO)	5
Сажа (С)	0,15
Оксид серы (SO)	0,5
Сероводород (H ₂ S)	0,008

3. Пример расчета приземных концентраций загрязняющих веществ

Даны параметры источника выброса: $h=10$ м; $d=0,1$ м; $W_0=0,1$ м/с; $T_T=120^\circ\text{C}=393\text{K}$; $T_a=20^\circ\text{C}=293\text{K}$; г. Витебск ($z_0=1\text{м}$); выброс СО с интенсивностью $M=1$ г/с. Определить разовую приземную и среднюю (долгопериодную) концентрацию в точке А, находящуюся на северо-востоке от источника выброса на расстоянии $X=500$ м ($\phi=\text{СВ}$). Скорость на высоте 10 м $U_{10}=2$ м/с – для всех классов устойчивости.

1. Находим параметр плавучести F по формуле (3.7):

$$F = \frac{9,81 \cdot 1 \cdot 0,1^2 \cdot 100}{4 \cdot 293} = 0,00837.$$

2. Определяем подъем дымового факела Δh , м для нагретых дымовых газов при классах устойчивости **A**, **B**, **C**, **D** по формуле (3.6):

$$\Delta h = \frac{1,9 \cdot 0,1 \cdot 1}{2} + \frac{4,95 \cdot 0,00837}{2^3} = 0,10179 \text{ м.}$$

Для устойчивой стратификации атмосферы при наличии ветра (класс устойчивости **E**) подъем дымового факела Δh определяем по формуле (3.8): $\Delta h=6,41476$ м.

Для устойчивых условий при штиле (класс устойчивости **F**) подъем дымового факела Δh определяем по формуле (3.9): $\Delta h=16,67694$ м.

3. Определяем эффективную высоту источника $H=h+\Delta h$:
 – классы устойчивости **A, B, C, D**: $H=10+0,10018=10,10018$;
 – класс устойчивости **E**: $H=10+6,011=16,011$;
 – класс устойчивости **F**: $H=10+16,6769=26,6769$.
4. Скорость ветра на уровне эффективной высоты источника U_h , м/с определяется по формуле (3.5): – классы устойчивости **A, B, C, D**: $U_h=2,008$; – класс устойчивости **E**: $U_h=2,430$;
 – класс устойчивости **F**: $U_h=2,852$.
5. Для значения $X=500$ м, $z_0=1$ м, определяем по табл. (3.3) σ_y и σ_z для всех классов устойчивости.
6. Используя полученные в пп. 2–5 величины определяем для каждого из классов устойчивости:
 – разовую приземную концентрацию по формуле (3.4);
 – максимально разовую приземную концентрацию по формуле (3.10).
 Результаты заносим в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты расчета

Класс	H , м	U_h , м/с	σ_y , м	σ_z , м	$q(x)$, мг/м ³	$q_{max}(X)$, мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7
A	10,100178	2,0086	160	120	0,008229	0,856472
B	10,100178	2,0086	160	120	0,008229	0,856472
C	10,100178	2,0086	110	100	0,01434	1,038147
D	10,100178	2,0086	80	70	0,028019	0,999217
E	16,01119	2,4305	55	40	0,054975	0,273134
F	26,67693	2,8523	55	40	0,040632	0,08384

7. Из табл. 3.4 находим для направления СВ: $P_\varphi/P_0=0,72$, тогда используя данные столбца 6 табл. 3.5 находим для этого направления среднюю (долгосрочную) концентрацию по формуле (3.2): $\bar{q}(x,\varphi)=0,00094$ мг/м³. Полученное значение сравниваем с допустимым (табл. 3.5). Вывод.

4. Порядок оформления практической работы

- 3.1. Название работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Условие задания.
- 3.4. Ход работы (расчеты).
- 3.5. Вывод.

5. Контрольные вопросы к практической работе

5.1. Дайте определение долгопериодной концентрации?

5.2. Как влияют высота и диаметр трубы на $\bar{q}(x, \varphi)$?

5.3. На каком расстоянии достигается максимум разовой приземной концентрации?

5.4. С какой целью определяется разовая приземная концентрация $q(x)$?

5.5. От чего зависит параметр плавучести F ?

6. Варианты заданий к практической работе (табл. 3.7)

Определить разовую приземную и среднюю (долгопериодную) концентрацию в точке А, находящуюся от источника выброса на расстоянии X , м в направлении φ . Скорость на высоте 10 м – U_{10} , м/с – для всех классов устойчивости. Параметры источника выброса: высота – h , м; диаметр – d , м; скорость дымовых газов в устье источника – W_0 , м/с; температура выбрасываемых газов – T_2 , °С(К); температура окружающего воздуха – T_a , °С(К). Источник находится в г. Витебске ($z_0=1$ м); выбрасываемое вещество I с интенсивностью M , г/с.

Таблица 3.7

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X , м	200	200	300	300	400	400	500	500	200
φ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Ю
U_{10} , м/с	2	2	3	3	4	4	5	5	3
h , м	50	50	60	60	70	70	80	80	100
d , м	0,1	0,1	0,12	0,12	0,14	0,14	0,15	0,15	0,2
W_0 , м/с	1	1	2	2	0,1	0,1	0,2	0,2	1
T_2 , °С	100	100	120	120	100	100	120	120	150
T_a , °С	20	20	20	20	10	10	5	5	20
I	СО	СО	NO ₂	NO ₂	С	С	NO	NO	H ₂ S
M , г/с	10	10	6	6	10	10	11	11	8
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X , м	300	300	400	400	500	500	300	300	400
φ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Ю
U_{10} , м/с	1	1	2	2	3	3	5	5	2
h , м	40	40	50	50	30	30	80	80	70
d , м	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15	0,3
W_0 , м/с	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	1
T_2 , °С	100	100	120	120	100	100	120	120	80
T_a , °С	10	10	5	5	10	10	5	5	15
I	SO	SO	NO	NO	С	С	NO ₂	NO ₂	H ₂ S
M , г/с	0,01	0,01	5	5	10	10	11	11	7

Практическая работа № 4

Качественный и количественный анализ содержания тяжелых металлов в промышленных стоках

Цель работы: изучение спектральных методов анализа, знакомство с устройством и принципом работы спектрометра «Спектроскан». Изучить методику определения состава и количества тяжелых металлов в промышленных сточных водах.

1. Общие сведения

Спектральные методы анализа являются наиболее распространенными способами исследования качественного и количественного состава загрязненной воды.

Под *качественным анализом* понимается определение видов загрязнителей тяжелых металлов в промышленных стоках. *Количественный анализ* заключается в определении концентраций видов загрязнителей.

Инфракрасная и ультрафиолетовая спектроскопии, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, лазерные методы и другие позволяют определить множество микропримесей в воде. Эти методы основаны на избирательном поглощении излучений конкретной длины волны определенными атомами и молекулами или возбуждении атомов с целью получения их характеристики излучений.

К числу наиболее чувствительных методов определения примесей относится *люминесцентный*, который основан на возбуждении атомов контролируемых растворов с помощью рентгеновского или лазерного облучения и измерений длины волны, излучаемой возбужденными компонентами.

В данной работе используется спектрометр рентгеновский сканирующий кристалл-дифракционный портативный «Спектроскан». Он является автоматизированным аппаратом и предназначен для измерения в образце концентрации химических элементов от кальция до урана.

1.1. Устройство и принцип работы «Спектроскана»

Работа спектрометра осуществляется с помощью последовательного выделения линий характеристического рентгеновского флуоресцентного излучения исследуемого образца, облучаемого острой фокусной маломощной рентгеновской трубкой, определения интенсивности этих линий и дальнейшего пересчета интенсивности в концентрацию элементов им соответствующих.

На рис. 4.1 схематично изображены: 1 – рентгеновская трубка, 2 – исследуемый образец, 3 – кристалл-анализатор, 4 – детектор излучения; 5 – входная щель детектора; 6 – индикаторное табло.

Принцип работы спектрометра. Выделенное излучение кристалл-анализатор 3 фокусирует в приемную щель 5, детектора 4, сигнал с которого после пересчетного устройства поступает на индикаторное табло 6 в виде потока импульсов за установленное время экспозиции (в виде спектрограммы – графика зависимости интенсивности излучения, т.е. силы сигнала от длины волны). Полученная величина пиков пропорциональна концентрации соответствующего химического элемента в образце.

Маломощная рентгеновская остро фокусная трубка облучает исследуемую зону образца (диаметр зоны около 10 мм). Возбужденное этим излучением характеристическое флуоресцентное излучение образца попадает на фокусирующий кристалл-анализатор, который в зависимости от угла падения излучения последовательно выделяет характеристические линии элементов (входящих в состав образца) согласно формуле Вульфа-Брегга:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin Q, \quad (4.1)$$

где λ – длина волны падающего излучения от n -го флуоресцирующего элемента;

n – порядок отражения кристалла ($n = 1, 2, \dots$);

$2d$ – постоянная кристаллической решетки кристалл-анализатора;

Q – угол падения излучения на кристалл.

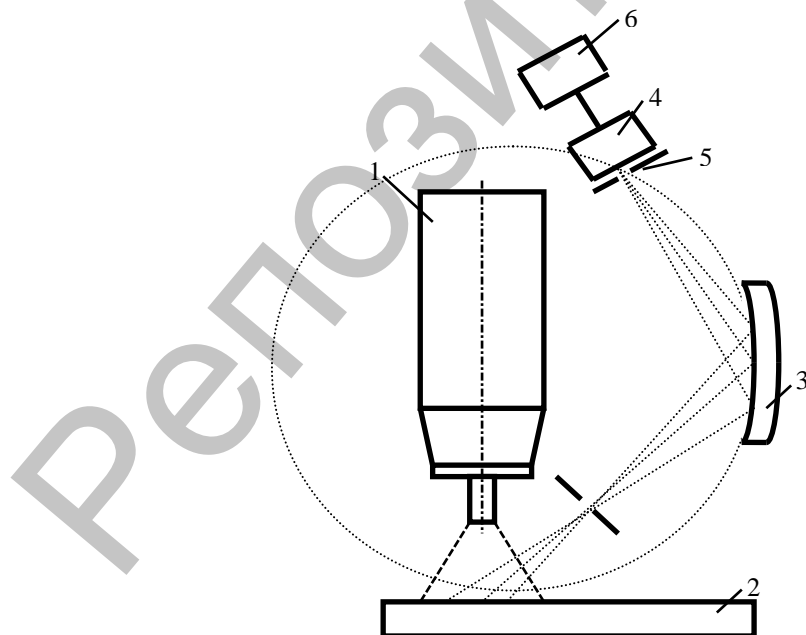


Рис. 4.1. Рентген-оптическая схема спектрометра (условная).

Кинематическая схема спектрометра обеспечивает плавное и синхронное перемещение кристалл-анализатора и детектора таким образом, что при повороте кристалла на угол Q , детектор поворачивается на угол $2 \cdot Q$. При этом каждому положению кристалла и детектора соответствует, по формуле (4.1), определенная выделяемая длина волны. Полному диапазону углов Q , обрабатываемых механизмов спектрометра, соответствует (с учетом возможности работать во втором порядке отражения) диапазон выделяемых элементов от Са до U без исключения.

1.2. Порядок подготовки проб и изготовления контрольных образцов

При рентгеноспектральном анализе растворов интенсивность аналитических линий можно регистрировать или непосредственно от жидкой пробы, или от приготовленного из нее сухого излучателя. Первый способ наиболее простой. Анализируемые пробы наливаются в кюветы из коррозионностойкой стали или пластмассы. Иногда для предохранения кюветы от разрушения их внутренние стенки покрывают парафином или воском. Кюветы закрываются специальной тонкой органической пленкой (майлар, милинес, капрон, поликарбонат и др. устойчивые к рентгеновскому излучению материалы). Иногда растворы переносятся на фильтровальную бумагу, которая после высушивания служит излучателем. При определении малых концентраций раствор выпаривают и затем проводят анализ полученного концентрата. Следует заметить, что концентрат необходимо тщательно перемешать, так как он может быть неоднородным. В нашем случае в качестве анализируемых растворов используют неразбавленные стоки гальванических цехов, где концентрации тяжелых элементов достаточно высоки для проведения эксперимента непосредственно в жидкой фазе.

2. Порядок анализа спектрограмм

Для проведения идентификации загрязнителей (т.е. качественного анализа) необходимо полученную спектрограмму сравнить со стандартной шкалой характеристических линий химических элементов (табл. 4.1). По высоте пики интенсивности излучения металлов на спектрограмме условно можно поделить на предшествующий и основной. На длину волны основного пика приходится максимум излучения. Сравнение проводят путем выявления длин волн, где наблюдаются явные пики спектрограммы и выбором соответствующего химического элемента из табл. 4.1 по найденной длине волны.

После того как определены виды загрязнителей, начинают рассчитывать их концентрацию. Для этого строят *тарировочный график* зависимости высоты пика интенсивности излучения на данной длине волны от концентрации соответствующего химического элемента, для конкретного прибора «Спектроскан». Данные для построения тарировочных графиков приведены в табл. 4.2. Имея тарировочный график и измерив величину пика на спектрограмме, определяют концентрацию загрязнителей в воде.

3. Пример расшифровки спектрограммы

Возьмем для примера спектрограмму (рис. 4.2). На данной спектрограмме видим восемь пиков интенсивности линий. Эти пики соответствуют длинам волн: 1056, 1176, 1290, 1392, 1540, 1757, 1910, 2120 мкм. По табл. 4.1 находим, что данные длины волн соответствуют четырем элементам: 1056, 1176 – *As* (мышьяк); 1290 – *Zn* (цинк); 1392, 1540 – *Cu* (медь); 1757 – *Fe* (железо); 1910, 2120 – *Mn* (марганец). По данным табл. 4.2 строим тарировочный график для выявленных элементов, на котором строим линии зависимости стандартных концентраций от величины интенсивности излучения для каждого из элементов. Далее определяем по заданной спектрограмме величину основного пика интенсивности для каждого элемента и с помощью тарировочного графика находим концентрации загрязнителей.

Необходимо заметить, что некоторые, главным образом, соседние по таблице Менделеева химические элементы, при их одновременном присутствии в пробе способны, в следствие близости их флуоресцентных линий, взаимно влиять на высоту пиков спектрограмм. В связи с этим возникает необходимость построения дополнительных графиков поправок концентрации загрязнителей в зависимости от их соотношения в растворе. Это усложняет процесс анализа спектрограммы и в нашем случае не учитывается.

После проведения количественного анализа химических элементов в воде сравниваем их значения с ПДК [5], приведенными в табл. 4.3, и делаем вывод о степени загрязнения воды и необходимых мерах по снижению концентраций до требуемого уровня.

4. Порядок оформления практической работы

- 4.1. Название работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Принцип работы спектроскана (с зарисовкой схемы).
- 4.4. Условие задания.
- 4.5. Ход работы.
- 4.6. Вывод.

5. Контрольные работы к практической работе

- 5.1. Какие методы спектрального анализа существуют?
- 5.2. На чем основан люминесцентный метод?
- 5.3. Устройство и принцип работы спектроскана?
- 5.4. Порядок анализа спектрограммы?
- 5.5. Порядок подготовки проб и изготовления контрольных образцов?
- 5.6. Что понимается под качественным анализом?
- 5.7. Что понимается под количественный анализом?

6. Варианты заданий к практической работе (табл. 4.4)

По результатам анализа пробы сточной воды на спектроскане получена спектрограмма, на которой выявлено наличие четырех (трех) полос – 1, 2, 3, 4 с длинами волн λ_i , мкм и соответствующей им интенсивностью – I , мА. Используя данные табл. 4.4, провести качественный и количественный анализ содержания химических элементов в пробе сточной воды. Сделать выводы о степени загрязнения пробы воды.

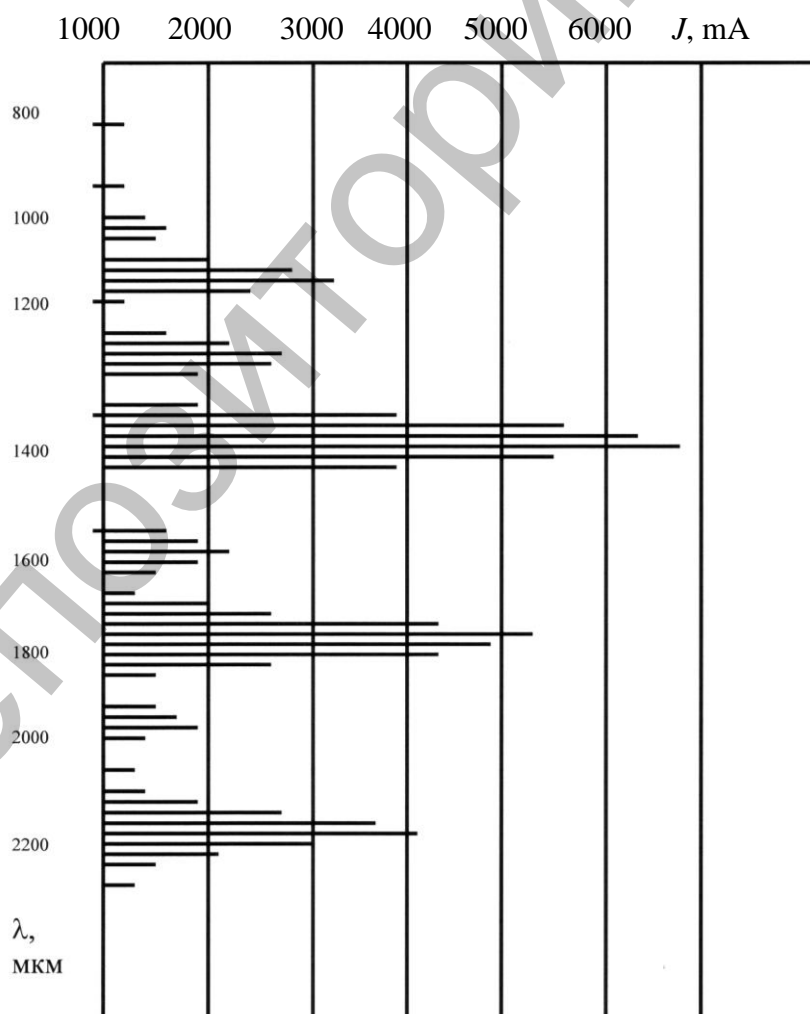


Рис. 4.2. Спектрограмма сточной воды, содержащей ионы тяжелых металлов.

Таблица 4.1

Стандартная шкала характеристических линий химических элементов

Длина волны	1 порядок				Длина волны	1 порядок			
	К					К			
	1	2	1	2		1	2	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2514		Ti			1241			Hg	
2503	V				1238				Re
2463			Pr		1208		Ga		
2370			Nd		1207			Ti	
2290	Cr				1197				Os
2284		V			1176	As			
2282			Pm		1175			Pb	
2199			Sn		1158				Ir
2120	Mn		Eu		1144			Bi	
2102					1128		Ge		
2085		Cu			1120				Pt
2046			Gd		1113			Po	
1976	Fe		Tb		1105	Se			
1936					1085			Ag	
1910		Mn			1083				Au
1909			Dy		1057			Rn	
1845	Co				1056		As		
1788			Hg		1048				Hg
1784			Er		1040	Br			
1757		Fe			1030			Fr	
1726			Tm		1015				Tb
1672	Ni		Yb		992		Se		
1657					983				Pb
1621		Co			980			Ac	
1619			Lu		979	Kr			
1569			Hf		956			Th	
1540	Cu				952				Bi
1521			Ta		933			Ba	
1500		Ni			932		Br		
1476			W		925	Rb			
1475				Yb	922				Po
1435	Zn				910			U	
1432			Re		893				At
1423				Lu	878		Kr		
1392		Cu			875	Sr			
1391			Os		866				Rn
1374				Hf	839				Fr
1351			Ir		829	Y			
1340	Ga			Ta	828		Rb		
1327					814				Ra
1313			Pt		790				Ac
1295		Zn			786	Zr			
1282				W	783		Sr		
1276			Au		765				Th
1254	Ge				746	Nb			

Таблица 4.2

Таблица зависимости интенсивности сигнала прибора от стандартных концентраций химических элементов

Концентрация ионов, мг/л	Сила тока, mA для ионов															
	Ванадий	Хром	Марганец	Железо	Кобальт	Никель	Медь	Цинк	Мышьяк	Бром	Стронций	Молибден	Барий	Ртуть	Свинец	Висмут
0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	500	–	–	–	–	250	–	–
0,05	1300	950	600	400	–	150	–	–	950	50	–	100	–	450	100	600
0,1	2200	1750	1050	750	–	350	–	–	1750	125	–	200	–	850	150	1000
0,25	3800	3400	2200	1900	–	950	–	–	3400	300	–	750	–	1700	450	2100
0,5	5500	5000	4050	3400	1400	2150	450	1050	5000	550	300	2100	300	2500	1050	4000
0,75	5800	5700	5200	4900	1900	3600	650	1650	–	800	450	3700	450	–	2100	5100
1,0	5900	6100	6100	5800	2350	5300	950	2050	–	1100	700	5400	700	–	3400	5900
2,0	–	–	–	–	4100	–	2100	3600	–	–	1850	–	1850	–	–	–
4,0	–	–	–	–	6100	–	5300	6800	–	–	5300	–	5300	–	–	–

Таблица 4.3

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в водных объектах хозяйственного и культурно-бытового назначения

	вещество															
	Ванадий	Хром	Марганец	Железо	Кобальт	Никель	Медь	Цинк	Мышьяк	Бром	Стронций	Молибден	Барий	Ртуть	Свинец	Висмут
ПДК, мг/л	0,1	VI -0,05 III -0,5	0,1	0,3 (1,0)	0,1	0,1	1,0	1,0 (5,0)	0,05	0,2	2,0	0,25	0,1	0,0005	0,03	0,1

Таблица 4.4

Варианты заданий

параметр	Варианты																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
λ , мкм	1	2102	1788	2290	783	1936	1435	1657	1176	1295	1175	2290	1435	1672	1672	1435	1176
	2	1936	1540	2102	1241	1500	1241	1435	1295	1241	1040	1788	1040	1176	1040	1144	1040
	3	1435	1500	1500	933	2290	1788	1392	1040	1040	875	1540	875	875	875	875	783
	4	1175	1241		1175	2102											
I, mA	1	3500	1800	4300	500	780	2200	1400	900	1000	1200	1000	1400	2000	1200	1100	1000
	2	600	600	2700	500	220	510	1200	800	800	1000	1200	1600	1110	900	400	1200
	3	2000	200	180	650	5100	1650	800	600	800	800	800	1000	1250	800	900	1800
	4	3000	400		170	4000											

Практическая работа № 5 Определение категории опасности предприятия

Цель работы: изучить методику определения категории опасности предприятия по параметрам Π и Φ .

1. Общие сведения

Характеристика категории опасности предприятия проводится по методике ОНД 1-84 [6]. Данным нормативным документом устанавливается 4 категории опасности предприятия (КОП). КОП зависит от валового выброса и предельно допустимых концентраций (ПДК), выбрасываемых в атмосферу веществ. С учетом КОП на предприятии должны быть обеспечены мероприятия по защите атмосферного воздуха от загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием.

Согласно методике, при определении КОП определяются параметры Π и Φ . Степень воздействия предприятия на загрязнение атмосферного воздуха характеризуется значением параметра Π . Если для получения разрешения на выброс загрязняющих веществ в атмосферу необходимо учесть источники загрязнения, для которых нет обобщенных данных для расчета параметра Π , то степень воздействия предприятия на загрязнение атмосферного воздуха характеризуется значением параметра Φ .

2. Методика расчета

Для определения параметра Π для каждого i -го вещества каждого j -го источника рассчитывают значения требуемого потребления воздуха ($ТПВ$) и параметра R по следующим формулам:

$$ТПВ_{ji} = 10^3 \frac{M_{ji}}{ПДК_i}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.1)$$

$$R_{ji} = \frac{D_j}{H_j + D_j} \frac{q_{ji}}{ПДК_i}, \quad (5.2)$$

где M_{ji} – количество i -го вещества, выбрасываемого j -м источником, г/с; $ПДК_i$ – разовая предельно допустимая концентрация вещества для населенных мест; D_j – диаметр устья источника. Если устье источника не круглое, то за D_j принимается его наибольший размер; H_j – высота источника над уровнем земли, м; q_{ji} – концентрация вещества в устье источника ($q_{ji} = 10^3 \cdot M_{ji}/Q$), мг/м³; Q – объемный расход выброса, м³/с.

При $D_j > 0,5H_j$ для $\frac{D_j}{H_j + D_j}$ принимается значение, равное 1.

Значение параметра Π_i для каждого вещества определяется по формуле:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^{m_i} (ТПВ_{ji} \cdot R_{ji}), \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.3)$$

где m_i – количество источников на предприятии, выбрасывающих одноименные вещества.

Для групп веществ, обладающих суммацией вредного воздействия, рассчитывается параметр Π_e по формуле:

$$\Pi_e = \sum_{i=1}^{n_1} \Pi_i, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.4)$$

где n_1 – количество веществ, входящих в группу суммации.

Из суммы значений Π_i (суммируются параметры Π i -го вещества от всех источников) и суммы значений Π_e выбирается максимальное значение, которое и принимается за параметр Π для данного предприятия.

Параметр Φ_i для каждого выбрасываемого вещества рассчитывается по формуле

$$\Phi_i = \frac{10^3}{H_{i\text{ср}}} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{M_{ij}}{\text{ПДК}_i}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (5.5)$$

$H_{i\text{ср}}$ – средняя высота выброса.

Для групп веществ, обладающих суммацией вредного воздействия, параметр Φ_e рассчитывается по формуле

$$\Phi_e = \sum_{i=1}^{n_1} \Phi_i, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (5.6)$$

Из всех Φ_i (суммируются параметры Φ i -го вещества от всех источников) и суммы значений Φ_e выбирается максимальное значение, которое и принимается за параметр Φ для данного предприятия.

Значение ПДК загрязняющих веществ для подстановки в формулы (5.2) и (5.5) берется из табл. 5.1.

Таблица 5.1

ПДК загрязняющих веществ

	Вещество	ПДК, мг/м ³
1	Амилены	1,5
2	Бензол	0,1
3	Ксилол	0,2
4	Толулол	0,6
5	Этилбензол	0,02
6	Сероводород	0,008
7	Диоксид азота	0,25
8	Оксид азота	0,4
9	Оксид серы	0,5
10	Оксид углерода	5
11	Сажа	0,15
12	Углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	ОБУВ: 25
13	Углев-ды пр. C ₁₂ -C ₁₉	1

В зависимости от полученного значения **П** или **Ф** по табл. 5.2 определяется категория опасности предприятия.

Таблица 5.2

Категория опасности предприятия в зависимости от параметра П и Ф

Параметр	Категория опасности предприятия (КОП)			
	1	2	3	4
П , м ³ /с	более 10 ⁸	10 ⁸ ÷ 10 ⁶	10 ⁶ ÷ 5·10 ⁴	менее 5·10 ⁴
Ф , м ² /с	более 5·10 ³	5·10 ³ ÷ 3·10 ²	3·10 ² ÷ 80	менее 80

3. Вид записи результатов

Для вариантов, у которых есть все исходные данные для расчета **П**, результаты расчетов записываются в форме таблицы (табл. 5.3). Если источников было несколько, то дополнительно суммарное значение **П_и** для различных веществ записывается в форме табл. 5.4.

Таблица 5.3

Значение П_и для различных источников

Наименование веществ	М, г/с	ПДК, мг/м ³	ТПВ _и , м ³ /с	q _и , мг/м ³	R _и	П _и , м ³ /с
<i>j</i> - Источник						
Углеводы пр. C ₁ -C ₁₀	0,00079	25	0,034	0,619122	0,001651	0,00008217
Диоксид азота	0,02221	0,25	88,84	17,40596	4,641588	412,35870428
Оксид азота	0,04761	0,4	119,025	37,31191	6,218652	740,17505878
Сажа	0,00924	0,15	61,6	7,241379	3,218391	198,25287356

Таблица 5.4

Суммарное значение Π_i для различных веществ

Вещество	Кол-во источников	$\sum \Pi_i, \text{м}^3/\text{с}$
Углеводы пр. $\text{C}_1\text{-C}_{10}$	1	0,00008217
Диоксид азота	3	3956,27108414
Оксид азота	2	1256,42435292
Сажа	2	533,59227294
Оксид серы	1	822,40003845
Оксид углерода	1	7,61341792

Для вариантов, в которых рассчитывался параметр Φ , результаты расчетов записываются в форме табл. 5.5. Для нескольких источников – дополнительно аналогично табл. 5.4.

Таблица 5.5

Значение Φ_i для различных источников

Наименование веществ	М, г/с	ПДК, мг/м ³	$\Phi_i, \text{м}^3/\text{с}$
<i>j</i> - Источник			
Сероводород	0,003896	0,008	54,111
Бензол	0,0227265	0,1	25,251
Ксилол	0,0071426	0,2	3,968
Толуол	0,0142852	0,6	2,645

4. Порядок оформления практической работы

- 4.1. Название работы.
- 4.2. Цель работы.
- 4.3. Условие задания.
- 4.4. Порядок расчета.
- 4.5. Определение категории опасности предприятия по результатам расчета.
- 4.6. Вывод.

5. Контрольные вопросы к практической работе

- 5.1. Что такое ПДК, ТПВ, М?
- 5.2. Что учитывает и от чего зависят параметры Π и Φ ?
- 5.3. Какие категории опасности предприятия Вы знаете?
- 5.4. Что такое ПДК_{сс} и ПДК_{мп}?

6. Варианты заданий к практической работе (табл. 5.6)

Определить категорию опасности предприятия (КОП), которое имеет N источников выброса в атмосферу вредных веществ (см. табл. 5.6). Сделать вывод.

Исходными данными для расчета являются соответствующие Вашему варианту источники выброса вредных веществ и их параметры.

Варианты: **1** (источники № 1, 2, 3), **2** (источники № 2, 3, 4), **3** (№ 3, 4, 5), **4** (№ 4, 5, 6), **5** (№ 6, 7, 8), **6** (источники № 7, 8, 9), **7** (источники № 8, 9, 10), **8** (№ 9, 10, 11), **9** (№ 10, 11, 12), **10** (№ 11, 12, 13), **11** (№ 12, 13, 14), **12** (№ 13, 14, 15), **13** (№ 15, 16, 17), **14** (№ 16, 17, 18), **15** (№ 17, 18, 19), **16** (№ 18, 19, 20), **17** (№ 19, 20, 21), **18** (№ 16, 20, 21).

Таблица 5.6

Параметры источника выброса

Технологическое оборудование, агрегаты, установки	Номер источника	Высота источника выброса, м	Диаметр, м	Параметры газовой смеси на выходе из источника выброса				
				скорость, м/с	объемный расход, Q м ³ /с	температура, °С	Наименование веществ	Выбросы, М, г/с
Наименование (количество, шт.)								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Неплотности ж/д цистерн	1	3	12	-	0,015	20	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0305
							амилены	0,0001
							бензол	0,0001
							ксилол	0,0002
							толулол	0,0001
							сероводород	0,0030
Неплотности резервуара газового конденсата	2	9	15,2	-	0,015	-	сероводород	0,0039
							углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	4,7051
							бензол	0,0228
							ксилол	0,0072
							толулол	0,0143
Неплотности резервуара газового конденсата	3	9	15,2	-	-	20	сероводород	0,0039
							углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	6,0050
							бензол	0,0227
							ксилол	0,0071
							толулол	0,0143
Резервуар для бензиновых фракций	4	9	15,2	-	-	-	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	1,7344
							бензол	0,0050
							ксилол	0,0020
							толулол	0,0035
Резервуар бензина А 76	5	9	15,2	-	-	-	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,2030
							амилены	0,0054
							бензол	0,0043
							ксилол	0,0003
							этилбензол	0,0032

Продолжение табл. 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервуар бензина Аи 92	6	9	15,2	-	-	-	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,1583
							амилены	0,0040
							бензол	0,0037
							ксилол	0,0005
							толулол	0,0035
этилбензол	0,0001							
Резервуар дизельного топлива	7	9	15,2	-	-	-	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0900
							толулол	0,0039
							этилбензол	0,0035
Резервуар печного топлива	8	9	10,4	-	-	-	углев-ды пр. C ₁₂ - C ₁₉	0,0017
							бензол	0,0004
							ксилол	0,0004
							толулол	0,0025
Дренажная емкость	9	3	-	-	-	-	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0036
							бензол	0,0022
							ксилол	0,0022
							толулол	0,0001
Блок насосной	10	3,5	-	-	-	-	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0031
							углев-ды пр. C ₁₂ - C ₁₉	0,0008
							амилены	0,0022
							бензол	0,0001
							ксилол	0,0002
Котельная 1	11	20	0,4			0,816	диоксид азота	0,0033
							оксид азота	0,0444
							сажа	0,0566
							амилены	0,0187
							бензол	0,0187
							ксилол	0,0090
Печь 1	12	7	0,5			1,276	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0016
							диоксид азота	0,0225
							оксид азота	0,1000
							сажа	0,0100
дыхание емкости бензин. Фракция	13	1,2	4,5			0,018	углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0420
							бензол	0,0001
							ксилол	0,0001
							толулол	0,0004
дыхание емкости бензиновой фракции	14	1,2	4,5				углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0426
							бензол	0,0001
							ксилол	0,0001
							толулол	0,0004
дыхание емкости дизтопливо	15	1,2	4,5				углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0103
							ксилол	0,0003
							толулол	0,0004

Окончание табл. 5.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
дыхание дренажной емкости	16	2,5	3				углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0015
							бензол	0,0012
							ксилол	0,0001
							толулол	0,0001
дыхание емкости бензиновой фракции	17	2,5	7,6				углев-ды пр. C ₁ -C ₁₀	0,0422
							амилены	0,0011
							бензол	0,0011
							ксилол	0,0001
							толулол	0,0008
							этилбензол	0,0001
дыхание емкости ма-зут	18	2,5	7,6				углев-ды пр. C ₁₂ -C ₁₉	0,0003
							сероводород	0,0003
							этилбензол	0,0002
дыхание емкости дизтопливо	19	2,5	7,6				углев-ды пр. C ₁₂ -C ₁₉	0,0015
							сероводород	0,0002
дыхание емкости печное топливо	20	2,5	7,6				углев-ды пр. C ₁₂ -C ₁₉	0,0003
							сероводород	0,0002
Котел	21	20	0,4		0,90		диоксид азота	0,1000
							оксид серы	0,0950
							оксид углерода	0,0900

Практическая работа № 6

Расчеты выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при неконтролируемом горении нефти и нефтепродуктов

Цель работы: изучить методику расчета массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при неконтролируемом горении нефти и нефтепродуктов.

1. Общие сведения

Данная методика разработана Белорусским научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом «БелНИПИэнергопром» [7].

Неконтролируемые горения имеют место при пожарах в открытом пространстве, возникающих в результате аварий на нефтебазах, нефтехимических производствах, трубопроводах, на железнодорожном и автомобильном транспорте. В результате неконтролируемого горения происходит выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух (см. табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классы опасности и предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Загрязняющее вещество	ПДК м.р., мг/м ³	ПДК с.с., мг/м ³	Класс опасности
Диоксид азота (NO_2)	0,25	0,1	2
Диоксид серы (SO_2)	0,50	0,2	3
Бенз(а)пирен ($C_{20}H_{12}$)	-	$5 \cdot 10^{-9}$	1
Сажа (С)	0,15	0,05	3
Сероводород (H_2S)	0,008	-	2
Углерода оксид (СО)	5.0	3	4
Углеводороды (С ₁ -С ₁₀)	ОБУВ: 25	-	б/к

Под удельными выбросами, согласно методике, приняты выбросы, отнесенные к единице массы сгоревших нефти и/или нефтепродуктов, и обозначаются символом q . Численные значения удельных выбросов для диоксида азота, оксида и диоксида углерода, сажи, углеводородов, бенз(а)пирена приведены в табл. 6.2 (принимаются в кг/кг или т/т).

Таблица 6.2

Удельные выбросы загрязняющих веществ при сгорании нефтепродуктов

Наименование нефтепродукта	Удельный выброс загрязняющего вещества к единице массы сгоревших нефтепродуктов, кг/кг(т/т)					
	CO	CO ₂	NO ₂ (в пересчете)	C (сажа)	C ₁ -C ₁₀ (углеводороды)	C ₂₀ H ₁₂
Нефть	0,87	1,48	6,9·10 ⁻³	28·10 ⁻³	30·10 ⁻³	7,6·10 ⁻⁸
Бензин	0,85	1,35	1,51·10 ⁻²	20·10 ⁻³	60·10 ⁻³	6,1·10 ⁻⁸
Керосин	0,87	1,41	2,61·10 ⁻²	24·10 ⁻³	50·10 ⁻³	6,9·10 ⁻⁸
Дизельное топливо	0,87	1,41	2,61·10 ⁻²	24·10 ⁻³	50·10 ⁻³	6,9·10 ⁻⁸
Печное бытовое топливо	0,9	1,49	6,9·10 ⁻³	30·10 ⁻³	20·10 ⁻³	7,6·10 ⁻⁸
Моторное топливо	0,86	1,37	2,61·10 ⁻²	24·10 ⁻³	55·10 ⁻³	6,9·10 ⁻⁸
Реактивное топливо	0,87	1,41	2,61·10 ⁻²	24·10 ⁻³	50·10 ⁻³	6,9·10 ⁻⁸
Мазут	0,9	1,49	6,9·10 ⁻³	30·10 ⁻³	20·10 ⁻³	7,6·10 ⁻⁸

2. Методика расчета

Удельные выбросы диоксида серы (SO₂) и сероводорода (H₂S) рассчитываются по формулам (6.1) и (6.2) соответственно в зависимости от содержания серы (S^p) в нефти или нефтепродукте.

$$q_{SO_2} = 2 \cdot \varphi_{SO_2} \cdot \frac{S^p}{100}, \quad (6.1)$$

где $\varphi_{SO_2} = 0,4$ – коэффициент перехода серы в SO₂.

$$q_{H_2S} = 1,06 \cdot \varphi_{H_2S} \cdot \frac{S^p}{100}, \quad (6.2)$$

где $\varphi_{H_2S} = 0,6$ – коэффициент перехода серы в H₂S.

Содержание серы в процентах принимается по сертификатам на нефть и нефтепродукты, а в случае его отсутствия, используются усредненные данные:

Нефть	-1,2%	Мазут высокосернистый	-2,5%
Бензины	-0,05%	Дизельное, реактивное,	
Топливо печное бытовое	-0,5%	топливо	-0,2%

В простейшем случае масса сгоревших нефти и нефтепродуктов (M_{с.нп}) определяется как их потеря (M_n) в резервуарах или на участке разрыва продуктопровода. При этом должно быть четко установлено, что не произошло поглощения части разлившихся нефти и нефтепродуктов почвой и грунтом.

В случае, если имело место поглощение нефти и/или нефтепродуктов почвой (и грунтом) необходимо измерить площадь разлива в метрах квадратных. После этого взять керны почвы и грунта на глубину проникновения в них нефти и/или нефтепродуктов и определить среднее содержание нефти и/или нефтепродуктов в граммах на килограмм.

Суммарное количество поглощенных, но не сгоревших нефти и/или нефтепродуктов в тоннах подсчитывается по формуле:

$$M_{\text{погл}} = 10^{-6} \cdot F \cdot h \cdot \rho_{\text{Г}} \cdot c, \quad (6.3)$$

где F – площадь почвы и грунта, пропитанного нефтепродуктами, м^2 ;
 h – глубина, на которую почва и грунт пропитаны нефтью и/или нефтепродуктами, м ;

c – средняя концентрация нефти или нефтепродуктов в почве и грунте, г/кг ;

$\rho_{\text{Г}}$ – плотность грунта, кг/м^3 .

Сгоревшая масса нефти и нефтепродуктов ($M_{\text{с.нп}}$) определяется по формуле (6.4), как разность потерянных и поглощенных почвой нефти и/или нефтепродуктов:

$$M_{\text{с.нп}} = M_{\text{п}} - M_{\text{погл}} \quad (6.4)$$

При горении на водной поверхности и известном количестве потерянных в результате разлива – нефти и тяжелых нефтепродуктов, $M_{\text{с.нп}}$ определяется как разность потерянных и несгоревших ($M_{\text{н}}$) нефти и/или нефтепродуктов в тоннах. При этом $M_{\text{н}}$ определяется с учетом площади разлива, толщины несгоревшего слоя и плотности по формуле:

$$M_{\text{н}} = F \cdot h_1 \cdot \rho_{\text{нп}} \cdot 10^{-6}, \text{ т}, \quad (6.5)$$

где F – площадь, занимаемая разлитыми нефтью и/или нефтепродуктом, м^2 ;

h_1 – толщина слоя несгоревшей нефти и/или нефтепродуктов, в миллиметрах;

$\rho_{\text{нп}}$ – плотность нефти и/или нефтепродуктов, кг/м^3 .

При горении на водной подстилающей поверхности по окончании горения нефти и/или тяжелых нефтепродуктов остается слой толщиной 2 мм.

В случае, когда потери нефти и/или нефтепродуктов неизвестны, сгоревшая масса в тоннах определяется по скорости выгорания слоя нефти и/или нефтепродуктов и площади пожара, с поправкой на скорость ветра по формуле:

$$M_{c.нп} = 0,06 \cdot U \cdot \rho_{нп} \cdot F \cdot \tau \cdot (W/3), \quad (6.6)$$

где $\rho_{нп}$ – плотность нефти и/или нефтепродуктов, кг/м³;

U – нормальная скорость горения, м/с;

F – площадь пожара, м²;

τ – продолжительность пожара, мин;

W – скорость ветра, м/с;

3 – средняя скорость ветра, м/с.

Значение скорости выгорания (U) и плотности ($\rho_{нп}$) зависят от вида нефти и/или нефтепродукта и представлены в таблице 6.3.

Таблице 6.3

Скорость выгорания и плотность нефтепродуктов

Нефтепродукты	Скорость выгорания, м/с	Плотность топлива, кг/м ³
Бензин	$6,5 \cdot 10^{-5}$	560-800(680)
Керосин	$6,1 \cdot 10^{-5}$	650-920(780)
Мазут	$3,7 \cdot 10^{-5}$	890-1000(950)
Нефть	$2,7 \cdot 10^{-5}$	730-1040(880)
Дизельное топливо	$6,1 \cdot 10^{-5}$	650-920(780)
Моторное топливо	$6,3 \cdot 10^{-5}$	<970-830(900)
Реактивное топливо	$6,1 \cdot 10^{-5}$	810-775(790)
Печное бытовое топливо	$3,7 \cdot 10^{-5}$	960-950(955)

Масса выброса ($M_{i-выброс}$) каждого i -го загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$M_{i-выброс} = q_i \cdot M_{c.нп}, \quad (6.7)$$

где i – загрязняющее вещество (СО и др.);

q_i – удельный выброс, кг/кг или т/т;

$M_{c.нп}$ – масса сгоревших нефти и/или нефтепродукта, в кг или т.

3. Порядок оформления практической работы

3.1. Название работы.

3.2. Цель работы.

3.3. Условие задания.

3.4. Определение массы выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ.

3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1. Какие загрязняющие вещества образуются при горении нефти и нефтепродуктов?
- 4.2. Что такое удельный выброс?
- 4.3. Как определяется масса сгоревших на почве нефтепродуктов?
- 4.4. Как определяется масса сгоревших на воде нефтепродуктов?
- 4.5. Как по скорости выгорания и площади пожара определяется масса сгоревших нефтепродуктов?
- 4.6. Как определяется масса выбросов загрязняющих веществ при горении нефтепродуктов?

5. Варианты заданий к практической работе

Для заданий А, Б, В (табл. 6.4–6.6) определить массу выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ: диоксида серы (SO_2); сероводорода (H_2S); диоксида азота (NO_2); бенз(а)пирена ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}$); сажи (С); оксида и диоксид углерода (CO , CO_2); углеводородов (C_1 – C_{10}). Сделать вывод.

Задание А (варианты 1–7). В результате образования свища на продуктопроводе по данным учета владельца было утеряно M_n , т бензина. При пожаре, площадь возгорания составила F , м^2 . Грунт на глубину h , м пропитан с концентрацией c , г/кг. Плотность грунта $\rho_r=2500$ $\text{кг}/\text{м}^3$. По формуле (6.3) определить массу поглощенного почвой бензина. По формуле (6.4) определить массу сгоревшего бензина.

Таблица 6.4

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7
M_n , т	300	400	500	600	60	70	80
F , м^2	600	650	600	680	200	300	400
h , м	0,3	0,4	0,45	0,25	0,2	0,25	0,25
c , г/кг	42	40	43	41	20	30	35

Задание Б (варианты 8–14): Сгорел мазут. Площадь пожара F , м^2 . Плотность мазута ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$. Продолжительность пожара составила τ , мин. Скорость ветра во время пожара была W , м/с. По формуле (6.6) определить сгоревшую массу мазута.

Таблица 6.5

Варианты заданий

Вариант	8	9	10	11	12	13	14
$F, \text{ м}^2$	90	100	110	120	60	70	80
$\rho, \text{ кг/м}^3$	890	920	1000	900	920	950	980
$\tau, \text{ мин}$	25	27	30	35	17	20	25
$W, \text{ м/с}$	2	2	3	3	4	4	5

Задание В (варианты 15–21): Произошел разлив 100 тонн нефтепродукта плотностью $\rho_{\text{нп}}$, кг/м^3 на реку с последующим его возгоранием, которое удалось потушить. Используя формулу (6.5), определить массу сгоревших нефтепродуктов ($M_{\text{с.нп}}$), если пленка несгоревшего нефтепродукта на реке h_I , мм, а площадь разлива F , м^2 .

Таблица 6.6

Варианты заданий

Вариант	15	16	17	18	19	20	21
$\rho_{\text{нп}}, \text{ кг/м}^3$	850	860	880	900	920	940	950
$h_I, \text{ мм}$	1	1	1	2	2	2	2
$F, \text{ м}^2$	30000	35000	40000	20000	25000	30000	35000

Практическая работа № 7

Оценка шумового режима автотранспорта

Цель работы: изучить методики расчета шумового режима потока автотранспорта на улицах города.

1. Общие сведения

В соответствии со спектральным составом шумов, шумы делятся на:

1. Низкочастотные до 30 Гц – шумы, проникающие через стены, перекрытия. Допустимый уровень – 90–100 дБ.
2. Среднечастотные шумы – звуки с частотой 300–800 Гц. Шумы большинства машин, станков. Допустимый уровень – 85–90 дБ.
3. Высокочастотные – звуки с частотой более 800 Гц. Это звенящие, свистящие шумы, характерные для агрегатов ударного действия. 75–85 дБ.

Уровень уличных шумов обуславливается интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Шум зависит [8]:

– 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 в пределах до 10 дБ;

– от увеличения в общем потоке автотранспорта грузовых автомобилей, особенно большегрузных с дизельными двигателями.

Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примагистральную территорию, но и в глубь жилой застройки. Так, в зоне наиболее сильного воздействия шума находятся части кварталов и микрорайонов, расположенных вдоль магистралей общегородского значения (эквивалентные уровни шума от 67,4 до 76,8 дБ). Уровни шума, замеренные в жилых комнатах при открытых окнах, ориентированных на указанные магистрали, всего на 10–15 дБ ниже.

Шум от двигателя резко возрастает в момент его запуска и прогрева (до 10 дБ). Движение автомобиля на первой скорости (до 40 км/ч) вызывает излишний расход топлива, при этом шум двигателя в 2 раза превышает шум, создаваемый им на второй скорости. Значительный шум вызывает резкое торможение автомобиля при движении на большой скорости.

При гигиеническом нормировании в качестве допустимого ус-танавливают такой уровень шума, влияние которого в течение дли-

тельного времени не вызывает изменений во всем комплексе физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма. Согласно санитарным нормам, уровень шума не должен превышать:

– около зданий в дневное время – 55 дБА, ночью (с 23 до 7 ч утра) – 45 дБА;

– в квартирах – соответственно 40 и 30 дБА.

Кратковременно допустим шум в 80 дБА, более сильный шум вреден.

Интенсивность шума (в дБА) транспортных средств составляет:

– легкового автомобиля – 65–80;

– автобуса – 80–85;

– грузового автомобиля – 80–90;

– мотоцикла – 90–95;

– моторной лодки – 90–95;

– поезда метро – 90–95;

– обычного поезда – 95–100;

– самолета на взлете 110–130.

Суммарный шум от больших транспортных потоков достигает высокого уровня (90–95 дБА) и стоит на магистралях почти круглосуточно.

Шумы оценивают эквивалентным уровнем звука $L_{Аэкв}$. Величину этого показателя измеряют шумомером. Однако такие замеры отражают состояние на момент измерений, а не стабильное значение уровня звука. Поэтому на практике чаще применяют расчетный и графоаналитический метод [8, 9].

1.1. Термины и определения

– **Звук:** Поток звуковой энергии, образующийся в результате колебательных движений какого-либо тела и распространяющийся в окружающей среде в виде волн с определенной скоростью.

– **Шум:** Совокупность звуков различной силы и высоты (неблагоприятно действующий на человека звук). Шумовое загрязнение вносят железнодорожные поезда, трамваи, автомобили, самолеты, крупные предприятия, строительные процессы и др.

– **Интенсивность звука:** Плотность мощности, измеряется в ваттах на 1 м^2 .

– **Мощность звукового давления:** Общее количество звуковой энергии, излучаемое источником шума в окружающее пространство за единицу времени, измеряется в логарифмических единицах – децибелах. Децибел – условная единица измерения звука, которая показывает, насколько данный звук в логарифмических значениях больше порога слышимости.

– **Частота колебаний:** Измеряется в герцах (Гц). Человеческое ухо воспринимает колебания от 20 до 20000 Гц и мощность звука до 130 децибел. Звуки, одинаковые по силе, но разные по частоте колебания, могут восприниматься на слух как не одинаково громкие.

– **Классификация шумов по ширине спектра:** Узкополосный шум – состоит из ограниченного числа смежных частот. Широкополосный – включает все части звукового диапазона.

Воздействие шума на человека определяется уровнем и высотой звуков, составляющих шум, а также продолжительностью его воздействия.

Мероприятия по защите от автомобильного шума

Снижение городского шума может быть достигнуто в первую очередь за счет уменьшения шумности транспортных средств.

К градостроительным мероприятиям по защите населения от шума относятся:

– увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом;

– применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов);

– специальных шумозащитных полос озеленения; использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов;

– рациональная застройка магистральных улиц, максимальное озеленение территории микрорайонов и разделительных полос, использование рельефа местности и др.

Существенный защитный эффект достигается в том случае, если жилая застройка размещена на расстоянии не менее 25–30 м от автомагистралей и зоны разрыва озеленены. При замкнутом типе застройки защищенными оказываются только внутриквартальные пространства, а внешние фасады домов попадают в неблагоприятные условия, поэтому подобная застройка автомагистралей нежелательна. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищенная от стороны улицы зелеными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и т.п.). Расположение магистрали в выемке также снижает шум на близрасположенной территории.

2. Методика расчета

2.1. Расчетный метод

Шумовой характеристикой потоков автомобильного транспорта (включая грузовые автомобили, автобусы и троллейбусы) является эквивалентный уровень звука $L_{Аэкв}$, дБА на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения транспортных средств, рассчитываемый по формуле:

$$L_{Аэкв} = 10 \lg Q + 13,3 \lg v + 4 \lg (1 + p) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15, \text{ дБА}, \quad (7.1)$$

где Q – интенсивность движения автотранспорта, ед/час; v – средняя скорость потока, км/час; p – доля средств грузового и общественного транспорта в общем потоке, %; ΔL_{A1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = 0$, при цементобетонном покрытии дБА = +3 дБА); ΔL_{A2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА (см. табл. 7.1).

Таблица 7.1

Поправочный коэффициент, учитывающий продольный уклон улицы (дороги)

	Продольный уклон проезжей части, %								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
ΔL_{A2} , дБА	1	0,8	0,6	0,4	0	0,6	1,2	1,8	2,5

2.2. Графоаналитический метод

С помощью данного метода эквивалентные уровни звука в точке, расположенной в 7,5 м от ближайшей полосы движения, определяют по номограмме (рис. 7.1), в которой величина $L_{Аэкв}$ поставлена в зависимость от сочетания парных значений.

Алгоритм метода (см. рис. 7.1):

1) На левой шкале скорости движения v , км/ч отмечают скорость потока (точка 1), на шкале процента содержания в потоке грузового и общественного транспорта p отмечают долю грузового и общественного транспорта в общем потоке (точка 2). Затем соединяют точки 1 и 2 и отмечают на середине линии 1–2 точку 3.

2) На шкале плотности потока Q , авт./ч, отмечают точку 4. Затем соединяют точки 3 и 4 и на пересечении линии 3–4 с вертикалью отмечают точку 5.

3) На правой шкале скорости движения v , км/ч – отмечают скорость потока (точка 6). Затем соединяют точки 5 и 6, а на пересечении линии 5–6 со шкалой эквивалентного уровня получают искомое значение (точка 7).

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1. Название работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Условие задания.
- 3.4. Определение уровня шума расчетным и графоаналитическим методами.
- 3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1. Что такое шум?
- 4.2. От чего зависит уровень шума в городе?
- 4.3. Какие Вы знаете мероприятия по защите от автомобильного шума?
- 4.4. От каких величин зависит $L_{Aэкв}$?
- 4.5. В чем заключается графоаналитический метод?

5. Варианты заданий к практической работе (табл. 7.2)

Рассчитать расчетным и графоаналитическим методом эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$ от автотранспорта на участке № __, имеющим асфальтобетонное покрытие, если средняя расчетная интенсивность движения автомобилей на участке Q , авт./час, на время $Ч$, ч. Средняя скорость на участке – v , км/ч, соотношение автомобилей в транспортном потоке – $ЛГ/А$, %. Уклон участка $У$, %.

Таблица 7.2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_0	1	1	2	2	3	3	4	4	5
$Ч$, ч	8 ⁰⁰	13 ⁰⁰	8 ⁰⁰	24 ⁰⁰	13 ⁰⁰	24 ⁰⁰	8 ⁰⁰	13 ⁰⁰	24 ⁰⁰
Q , авт./час	500	800	1000	200	1200	300	1000	1400	150
v , км/ч	50	50	50	40	40	40	40	40	60
$ЛГ/А$, %	70/10/20	60/20/20	60/10/30	40/30/30	60/20/20	70/20/10	60/20/20	50/20/30	60/30/10
$У$, %	0	0	1	1	2	2	3	3	2
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N_0	5	6	6	7	7	8	8	9	9
$Ч$, ч	8 ⁰⁰	13 ⁰⁰	24 ⁰⁰	8 ⁰⁰	13 ⁰⁰	24 ⁰⁰	18 ⁰⁰	13 ⁰⁰	24 ⁰⁰
Q , авт./час	800	1000	180	700	900	300	900	1100	400
v , км/ч	60	60	60	50	50	40	40	40	40
$ЛГ/А$, %	50/30/20	50/10/40	60/10/30	40/30/30	40/40/20	50/20/30	60/20/20	70/20/30	80/10/10
$У$, %	2	-2	-2	2	2	3	3	-1	-4

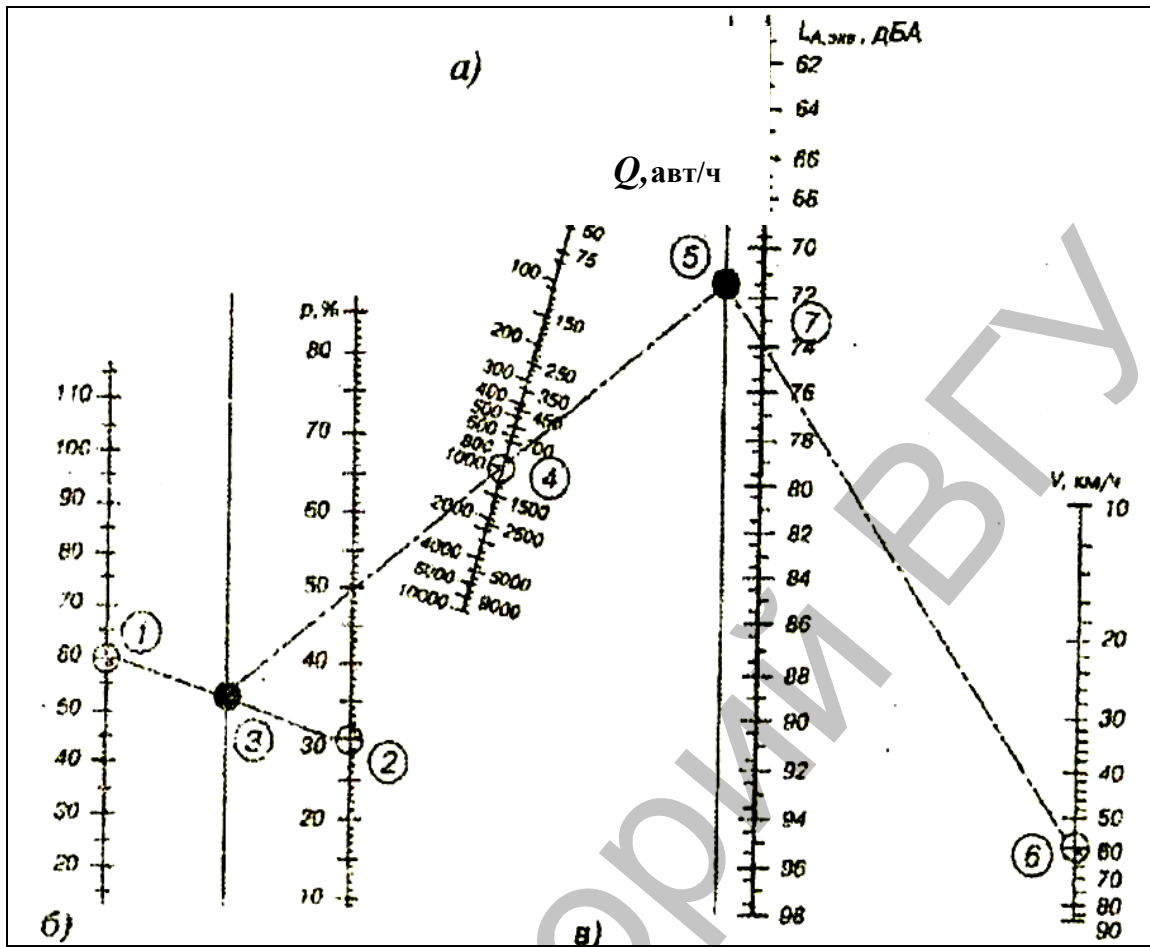


Рис. 7.1. Номограмма.

Практическая работа № 8

Расчет экологического налога за размещение отходов производства

Цель работы: изучить методику расчета экологического налога за размещение отходов производства.

1. Общие сведения

Данная методика является приложением к инструкции о порядке исчисления и уплаты налога за использование природных ресурсов (экологического налога) (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г., № 58) [10].

Налог за использование природных ресурсов («экологический налог») исчисляется индивидуальными предпринимателями ежеквартально, а остальными плательщиками – ежемесячно, исходя из фактических объемов:

- использования (изъятия, добычи) природных ресурсов;
- выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- сбросов сточных вод или загрязняющих веществ в окружающую среду;
- переработанных нефти и нефтепродуктов организациями, осуществляющими переработку нефти;
- перемещенных по территории Республики Беларусь нефти и нефтепродуктов;
- отходов производства, размещенных на объектах размещения отходов (санкционированных местах размещения отходов производства);
- размещенных товаров, помещенных под таможенный режим уничтожения и утративших свои потребительские свойства, а также отходов, образовавшихся в результате уничтожения товаров, помещенных под этот режим;
- полезных ископаемых, добытых на разведанных за счет средств бюджета месторождениях, в стоимостном выражении.

Расчет налога за размещение отходов производства производится исходя из объемов отходов производства, размещенных на объектах размещения отходов (санкционированных местах размещения отходов производства) за каждый истекший отчетный период, и установленной ставки налога в налоговой декларации (расчете) по налогу за размещение отходов производства и налоговой декларации (расчете) по налогу за хранение отходов производства с учетом накопления.

Налог за размещение отходов производства взимается за: захоронение отходов производства; хранение отходов производства; хранение лигнина, твердых галитовых отходов и шламов галитовых гли-

нисто-солевых, фосфогипса; размещение осадка сточных вод на иловых площадках, в прудах и накопителях с учетом накопления.

Налог за хранение отходов с учетом накопления исчисляется исходя из фактических объемов отходов, накопленных в течение календарного года.

При совершенствовании технологических процессов с целью уменьшения (ликвидации) отходов производства, строительстве или реконструкции собственниками отходов объектов размещения и (или) обезвреживания отходов, а также объектов, в процессе эксплуатации которых осуществляется использование отходов производства, налог за размещение отходов производства уменьшается на сумму освоенных капитальных вложений (за исключением капитальных вложений, финансируемых из бюджета) на эти цели индивидуальным предпринимателям ежеквартально, остальным плательщикам – ежемесячно, но не более суммы налога за размещение отходов производства, подлежащей к перечислению в указанный период. При этом сумма налога за хранение отходов производства с учетом накопления уменьшению не подлежит.

Для уменьшения налога за размещение отходов производства на сумму освоенных капитальных вложений при представлении налоговой декларации (расчета) по налогу за размещение отходов производства представляется налоговая декларация (расчет) по налогу за размещение отходов производства с учетом освоенных капитальных вложений, согласованная с территориальными органами Минприроды по месту освоения указанных капитальных вложений.

2. Методика расчета

2.1. Расчет платежей за размещение конкретного вида отходов производства на объектах размещения отходов (в санкционированных местах размещения отходов) в пределах установленного лимита за отчетный период (месяц, квартал, год) производится по формуле:

$$P_{\text{лим}} = C \cdot M_{\text{факт}}, \quad (8.1)$$

где $P_{\text{лим}}$ – размер платежа за размещение отходов производства в пределах лимита, у.е.;

C – ставка налога за размещение отходов производства, в рублях за тонну, установленная Советом Министров Республики Беларусь.¹ [11] (см. табл. 8.1);

$M_{\text{факт}}$ – фактический объем отходов производства, размещенных в отчетном периоде, тонн.

2.2. Сумма налога за размещение отходов производства в пределах установленных лимитов определяется как сумма платежей за размещение всех конкретных видов отходов:

¹ В связи с перманентным изменением индекса цен и услуг, в данной работе для расчетов применяется условная единица (у.е.).

$$P_{\text{лим.сумма}} = P_{\text{лим1}} + P_{\text{лим2}} + P_{\text{лим3}} + \dots + P_{\text{лимn}}, \quad (8.2)$$

2.3. Расчет платежей за размещение конкретных отходов производства сверх установленного лимита или без установленного лимита в случаях, когда его установление предусматривается законодательством, на объектах размещения отходов (в санкционированных местах размещения отходов) производится по формуле:

$$P_{\text{сверх}} = K \cdot C \cdot (M_{\text{факт}} - M_{\text{лим}}), \quad (8.3)$$

где $P_{\text{сверх}}$ – размер платежа за размещение отходов производства сверх установленного лимита или без установленного лимита в случаях, когда его установление предусматривается законодательством;

$K=15$ – коэффициент кратности, установленный в соответствии с законодательством;

$M_{\text{лим}}$ – установленный лимит на размещение отхода производства, тонн.

2.4. Сумма налога за размещение отходов производства сверх установленного лимита или без установленного лимита в случаях, когда его установление предусматривается законодательством, определяется как сумма платежей за размещение всех конкретных видов отходов производства, размещенных сверх установленного лимита или без установленного лимита в случаях, когда его установление предусматривается законодательством:

$$P_{\text{сверх.сумма}} = P_{\text{сверх1}} + P_{\text{сверх2}} + P_{\text{сверх3}} + \dots + P_{\text{сверхn}}. \quad (8.4)$$

Налог за размещение отходов производства сверх установленного лимита или без установленного лимита в случаях, когда его установление предусматривается законодательством, начисляется с месяца, в котором допущено превышение установленного лимита или указанный лимит отсутствует.

2.5. Расчет платежей за хранение с учетом накопления отходов производства, вносимых ежегодно, за конкретный вид отходов определяется по формуле:

$$P_{\text{нак}} = C \cdot (M_{\text{ф}} - M_{\text{п}}), \quad (8.5)$$

где $P_{\text{нак}}$ – размер платежа за хранение отходов производства с учетом накопления ($P_{\text{нак}} \geq 0$);

C – ставка налога за хранение отходов производства с учетом накопления;

$M_{\text{ф}}$ – фактический объем отходов, размещенных на хранение в отчетном периоде;

$M_{\text{п}}$ – объем переработанных, утилизированных, обезвреженных отходов в течение отчетного периода.

2.6. Налог за размещение отходов производства с учетом освоенных капитальных вложений, направленных на совершенствование технологических процессов с целью уменьшения (ликвидации) отходов произ-

водства, строительства или реконструкции объектов размещения и (или) обезвреживания отходов, а также объектов, в процессе эксплуатации которых осуществляется использование отходов, определяется как разность суммы налога за размещение всех видов отходов производства, причитающейся к уплате за отчетный период, и суммы фактически освоенных за отчетный период капитальных вложений, за исключением капитальных вложений, финансируемых из бюджета:

$$P_{\text{пл.кап}} = P_{\text{пл.сумма}} - (K_{\text{всего}} - K_{\text{бюджет}}), \quad (8.6)$$

где $P_{\text{пл.кап}}$ – размер налога за размещение отходов производства с учетом освоенных капитальных вложений, у.е. ($P_{\text{пл.кап}} \geq 0$);

$P_{\text{пл.сумма}}$ – сумма налога за размещение всех видов отходов производства, причитающаяся к уплате за отчетный период (за исключением суммы налога за хранение отходов производства с учетом накопления), у.е.;

$K_{\text{всего}}$ – сумма всех капитальных вложений, освоенных за отчетный период, у.е.;

$K_{\text{бюджет}}$ – сумма капитальных вложений, освоенных за отчетный период из бюджетных источников финансирования, у.е.

Таблица 8.1

Нормативы платы за размещение отходов

Наименование		С, у.е./год
1. За захоронение 1 тонны:		
1.1	Неопасных отходов производства	2,8
1.2	Опасных отходов производства:	
	I класса опасности	701,3
	II класса опасности	210,4
	III класса опасности	70,3
	IV класса опасности	35,0
1.3	Вторичного сырья	3506,3
2. За хранение 1 тонны:		
2.1	Неопасных отходов производства	0,6
2.2	Опасных отходов производства:	
	I класса опасности	60,0
	II класса опасности	18,0
	III класса опасности	6,0
	IV класса опасности, из них:	
	• лигнина	1,2
	• твердых галитовых отходов и шламов галитовых глинистосолевых	0,01
	• фосфогипса	0,12
	• иных отходов	3,0
2.3	Отходов, являющихся средствами ухода за растениями и ядохимикатами, которые утратили свои потребительские свойства или непригодны к применению	0,6

3. За размещение 1 тонны (в сухом веществе) осадка сточных вод на иловых площадках, в прудах и накопителях		0,4
4. За размещение 1 кг товаров, помещаемых под таможенный режим уничтожения и утративших свои потребительские свойства, а также отходов, образующихся в результате уничтожения товаров, помещенных под этот режим		
4.1	Неопасных из них: <ul style="list-style-type: none"> • продуктов питания • медикаментов • иных товаров и отходов 	1,5 29,7 0,1
4.1	Опасных из них: <ul style="list-style-type: none"> • продуктов питания • медикаментов • иных товаров и отходов 	37,4 748,5 3,7

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1. Название работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Условие задания.
- 3.4. Определение экологического налога.
- 3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1. Что такое экологический налог?
- 4.2. Какие виды экологического налога Вы знаете?
- 4.3. В каком случае и на какую сумму уменьшается экологический налог за размещение отходов производства?
- 4.4. Как определяется сумма налога за размещение отходов производства?
- 4.5. Как производят расчет платежей за хранение с учетом накопления отходов производства?
- 4.6. Как производят расчет платежей за размещение отходов производства с учетом освоенных капитальных вложений на совершенствование тех. процессов с целью уменьшения отходов?

5. Варианты заданий к практической работе (табл. 8.2–8.3)

Задание А (варианты 1–8). Провести расчет платежей за размещение предприятием отходов производства, если фактический объем его отходов за год: неопасных отходов – $M_{\text{факт}}$, т, а установленный лимит для предприятия по неопасным отходам – $M_{\text{лим}}$, т; фактический объем опасных отходов I класса – $IM_{\text{факт}}$, т лимит – $IM_{\text{лим}}$, т; фактический объем опасных отходов II класса – $IIM_{\text{факт}}$, т лимит –

$II\bar{M}_{\text{лим,Т}}$; фактический объем опасных отходов III класса – $III\bar{M}_{\text{факт,Т}}$, Т
 лимит – $III\bar{M}_{\text{лим,Т}}$; фактический объем опасных отходов IV класса –
 $IV\bar{M}_{\text{факт,Т}}$, Т лимит – $IV\bar{M}_{\text{лим,Т}}$, Т.

Таблица 8.2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
$M_{\text{факт,Т}}$	10	11	12	13	14	15	16	17
$M_{\text{лим,Т}}$	9	12	8	9	10	14	15	12
$IM_{\text{факт,Т}}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$IM_{\text{лим,Т}}$	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5
$II\bar{M}_{\text{факт,Т}}$	0,8	0,9	1,2	1,2	1,4	1,7	1,8	1,9
$II\bar{M}_{\text{лим,Т}}$	0,9	0,9	1,3	1,4	1,2	1,5	1,4	1,5
$III\bar{M}_{\text{факт,Т}}$	1,2	1,3	1,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$III\bar{M}_{\text{лим,Т}}$	1,3	1,2	1,3	1,4	2,5	2,3	2,4	2,5
$IV\bar{M}_{\text{факт,Т}}$	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
$IV\bar{M}_{\text{лим,Т}}$	3,3	3,3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	3,9

Задание Б (варианты 9–16). Провести расчет платежей за хранение предприятием отходов производства, если фактический объем отходов, размещенных предприятием в течение года на хранение: неопасных отходов – $M_{\text{ф,Т}}$, при этом объем переработанных неопасных отходов за этот период – $M_{\text{п,Т}}$; фактический объем опасных отходов I класса – $IM_{\text{ф,Т}}$ из них переработано – $IM_{\text{п,Т}}$; фактический объем опасных отходов II класса – $II\bar{M}_{\text{ф,Т}}$ из них переработано – $II\bar{M}_{\text{п,Т}}$; фактический объем опасных отходов III класса – $III\bar{M}_{\text{ф,Т}}$ из них переработано – $III\bar{M}_{\text{п,Т}}$.

Таблица 8.3

Варианты заданий

Вариант	9	10	11	12	13	14	15	16
$M_{\text{ф,Т}}$	10	11	12	13	14	15	16	17
$M_{\text{п,Т}}$	5	6	7	8	10	11	12	12
$IM_{\text{ф,Т}}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$IM_{\text{п,Т}}$	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
$II\bar{M}_{\text{ф,Т}}$	0,8	0,9	1,2	1,2	1,4	1,7	1,8	1,9
$II\bar{M}_{\text{п,Т}}$	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$III\bar{M}_{\text{ф,Т}}$	1,2	1,3	1,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$III\bar{M}_{\text{п,Т}}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Практическая работа № 9

Расчет экономического ущерба от загрязнения и нарушения земель

Цель работы: изучить методику расчета экономического ущерба от загрязнения, деградации и нарушения земель.

1. Общие сведения

Методика «Определение размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель» (методика 0212.4. - 97) [12] устанавливает правила расчета экономического ущерба, причиняемого загрязнением земель химическими веществами, деградацией и нарушением земель, а также определяет порядок взимания и использования взысканных средств. Методика распространяется на земли всех категорий, независимо от их местоположения и форм собственности. Методика предназначена для практического применения органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также специалистами органов других заинтересованных министерств и ведомств при определении размера ущерба, причиняемого загрязнением, деградацией и нарушением земель.

1.1. Термины и определения

Загрязнение земель – это внесение химических загрязнителей в количествах и концентрациях, превышающих способность почвенных экосистем к их разложению, утилизации и включению в общий кругооборот веществ и обуславливающее в связи с этим изменение физико-химических, агротехнических и биологических свойств земли, снижающих ее плодородие и ухудшающих качество производимой продукции.

Загрязняющее землю вещество – вещество, накапливающееся в земле в результате антропогенной деятельности в количествах, которые оказывают неблагоприятное воздействие на свойства и плодородие земель, качество сельскохозяйственной продукции, заболеваемость и работоспособность людей, условия их жизни.

Нарушение земель – процесс, происходящий при добыче полезных ископаемых, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ и приводящий к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности, образованию техногенного рельефа и другим качественным изменениям состояния земель. В результате земли утрачивают свою первоначальную хозяйственную ценность или являются источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

Деградация земель – это постепенное ухудшение свойств; земель под влиянием хозяйственной деятельности человека: неправильная агротехника, истощение при некомпенсируемом выносе питательных веществ с растительной продукцией, изменение структуры почвы, водного режима и т.п. В результате усиливаются процессы эрозии, изменяется состав почвенной флоры и фауны в неблагоприятную сторону, снижается плодородие, формируются пустоши и неудобицы.

Экономическим ущербом от загрязнения земель химическими веществами, от их нарушения и деградации называются затраты на восстановление земель до их первоначального состояния и ликвидацию последствий их влияния на реципиентов.

2. Методика расчета

Экономический ущерб от загрязнения земель химическими веществами, деградации нарушения земель измеряется совокупными затратами на восстановление загрязненных земель и приведение этих земель в прежнее состояние. Такие затраты определяются исходя из конкретных видов работ по восстановлению загрязненных земель, их объемов и действующих расценок.

В случае невозможности определить указанные затраты прямым путем, расчет размера ущерба осуществляется в следующем порядке.

Размер экономического ущерба от загрязнения земель химическими веществами рассчитывается на основе укрупненных нормативов совокупных затрат на проведение в полном объеме работ по восстановлению загрязненных земель с учетом уровня инфляции, степени и глубины загрязнения земель, природно-климатической и экономической значимости территорий по формуле:

$$Y_x = HЗ \cdot П \cdot K_u \cdot K_{yz} \cdot K_{23} \cdot K_9 \cdot K_{oom}, \quad (9.1)$$

где Y_x – величина экономического ущерба от загрязнения земель химическими веществами, у.е.;

$HЗ$ – норматив совокупных затрат на проведение работ в полном объеме по восстановлению загрязненных земель; $П$ – площадь загрязненных земель (см. табл. 9.1, 9.2);

K_u – коэффициент увеличения совокупных затрат, учитывающий уровень инфляции (в данной работе принимается $K_u = 1$);

K_{yz} – коэффициент, учитывающий степень загрязнения земель (см. табл. 9.3);

K_{23} – коэффициент, учитывающий глубину загрязнения земель (см. табл. 9.3);

K_9 – коэффициент, учитывающий экономическую значимость земель в административных районах (см. табл. 9.4);

K_{oom} – коэффициент, учитывающий природоохранное, оздоровительное, рекреационное и историко-культурное назначение земель (величина коэффициента определяется по табл. 9.5 в зависимости от размера и характера загрязнения, деградации и нарушения земель особо охраняемых территорий, влияния на реципиентов и других факторов).

Степень загрязнения земель химическими веществами характеризуется пятью уровнями: допустимым (1), слабым (2), средним (3), высоким (4) и очень высоким (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается такое содержание химических веществ, которое не превышает их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). Содержание химических веществ, соответствующее различным уровням загрязнения, приведено в табл. 9.6.

Для расчета по формуле (9.1) величины ущерба от загрязнения химическими веществами земель промышленного, транспортного, оборонного и иного назначения, расположенных за пределами населенных пунктов, земель природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения используется средний норматив совокупных затрат – $HЗ = 6$ у.е./га. Коэффициенты K_{yz} , K_{z3} , $K_{э}$ и K_{oom} соответственно определяются по табл. 9.3–9.6.

Расчет экономического ущерба от загрязнения химическими веществами земель населенных пунктов осуществляется по следующей формуле:

$$U_{xn} = HЗ_{cp} \cdot П \cdot K_u \cdot K_{yz} \cdot K_{z3} \cdot K_{э2}, \quad (9.2)$$

где U_{xn} – величина экономического ущерба от загрязнения химическими веществами земель населенных пунктов, у.е.;

$HЗ_{cp}$ – средний норматив совокупных затрат на проведение в полном объеме работ по восстановлению земель, равный **6 тыс.у.е./га**;

$K_{э2}$ – коэффициент, учитывающий значимость земель в зависимости от ранга населенных пунктов (см. табл. 9.7);

K_u , K_{yz} , K_{z3} – см. формулу (9.1).

При загрязнении земель несколькими химическими веществами вместо коэффициента K_{yz} в формуле (9.1) применяется коэффициент (K_{cz}), учитывающий суммарное загрязнение (см. табл. 9.8).

Суммарный показатель загрязнения земель химическими веществами рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_{j=1}^n \frac{C_{j\text{факт}}}{C_{j\text{фон}}}, \quad (9.3)$$

где $C_{j\text{факт}}$ и $C_{j\text{фон}}$ – фактическое и фоновое содержание j -ых загрязняющих веществ соответственно.

Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка определяется следующим образом (см. табл. 9.9).

Величина экономического ущерба от деградации земель зависит от степени ухудшения механических, биологических, физических, агротехнических, химических и других свойств почв, экономической и природоохранной значимости территорий и рассчитывается по формуле:

$$U_{\delta} = HZ_{cp} \cdot P_{\delta} \cdot K_u \cdot K_{\delta} \cdot K_{\varepsilon} \cdot K_{oom}, \quad (9.4)$$

где U_{δ} – экономический ущерб от деградации земель, у.е.;

P_{δ} – Площадь деградированных земель, га;

HZ_{cp} – средний норматив совокупных затрат на проведение работ в полном объеме по восстановлению деградированных земель, равный **4,5 тыс.у.е./га**;

K_{δ} – коэффициент, учитывающий степень деградации земель (см. табл. 9.10).

Для оценки степени деградации используются количественные показатели. Деградация земель по каждому показателю характеризуется пятью степенями: 0 – недеградированные, 1 – слабodeградированные, 2 – среднедеградированные, 3 – сильнодеградированные, 4 – очень сильно деградированные.

$K_u, K_{\varepsilon}, K_{oom}$ – см. формулу (9.1).

Установление степени деградации земель возможно по любому из приведенных показателей. При наличии двух или более существенных изменений количественных показателей оценка степени деградации земель проводится по показателю, устанавливающему максимальную степень деградации.

Если загрязнение химическими и радиоактивными веществами сельскохозяйственных и лесохозяйственных земель, а также деградация и нарушение их приводят к выбытию таких земель из сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования, то размер экономического ущерба определяется по действующим нормативам возмещения потерь сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства в соответствии с «Порядком определения потерь сельскохозяйственного производства, подлежащих возмещению» и «Порядком определения потерь лесохозяйственного производства, подлежащих возмещению».

Таблица 9.1

**Нормативы совокупных затрат (НЗ) на проведение работ
в полном объеме по восстановлению загрязненных
сельскохозяйственных земель (тыс.у.е./га)**

Группа почв	Наименование группы почв	Пашня и многолетние насаждения, сенокосы и пастбища (проведены работы по коренному улучшению)	Природные сенокосы и пастбища
I	Дерновые и дерновокарбонатные	11,4	2,6
II	Дерново-подзолистые суглинистые	8,2	1,8
III	Дерново-подзолистые супесчаные	5,3	1,1
IV	Дерново-подзолистые песчаные	2,4	0,6
V	Дерново-подзолистые глееватые и глеевые	20,1	1,1
VI	Дерновые глееватые и глеевые	7,0	1,6
VII	Пойменные дерновые заболоченные	7,7	1,7
VIII	Торфяно-болотные	3,6	0,8
IX	Осушенные торфяно-болотные	6,9	1,6
X	Средне- и сильно эродированные	2,6	0,6

Таблица 9.2

**Нормативы совокупных затрат (НЗ) на проведение работ
в полном объеме по восстановлению загрязненных лесных земель
(тыс. у.е./га)**

№ п/п	Серия типов леса (условия местопроизрастания)	Леса первой группы	Леса второй группы
1	Сфагновый	0,7	0,5
2	Осоковый	0,9	0,6
3	Таволговый	1,4	0,8
4	Багульниковый	1,8	1,1
5	Лишайниковый, вересковый	2,5	1,3
6	Долгомошниковый, приручейно-травяной, брусничный	2,6	1,5
7	Мшистый черничный	2,9	1,9
8	Крапивный	3,5	2,2
9	Орляковый	4,0	2,5
10	Снытевый, папортниковый	4,3	2,7
11	Кисличный	4,7	2,9

Таблица 9.3

Коэффициенты, учитывающие: а) уровень загрязнения земель химическими веществами ($K_{уз}$) и б) глубину загрязнения ($K_{гз}$)

<i>а</i>			<i>б</i>	
Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	$K_{уз}$	Глубина загрязнения земель, см	$K_{гз}$
1	Допустимая	0	0–20	1,0
2	Слабая	0,3	0–50	1,3
3	Средняя	0,6	0–100	1,5
4	Высокая	1,5	0–150	1,7
5	Очень высокая	2,0	> 1–150	2,0

Таблица 9.4

Коэффициенты, учитывающие экономическую значимость земель в административных районах ($K_э$)

Наименование районов	Коэффициенты	Наименование районов	Коэффициенты
Витебская область			
1. Бешенковичский	1,30	12. Оршанский	2,30
2. Браславский	1,00	13. Полоцкий	1,45
3. Верхнедвинский	1,30	14. Поставский	1,25
4. Витебский	1,65	15. Россонский	1,15
5. Глубокский	1,70	16. Сенненский	1,15
6. Городокский	1,70	17. Толочинский	2,60
7. Докшицкий	1,80	18. Ушачский	1,30
8. Дубровенский	1,15	19. Чашникский	1,70
9. Лепельский	1,70	20. Шарковщинский	1,50
10. Лиозненский	1,15	21. Шумилинский	1,50
11. Миорский	1,30		

Таблица 9.5

Коэффициенты, учитывающие природоохранное, оздоровительное, рекреационное и историко-культурное назначение земель (K_{oom})*

№ п/п	Наименование особо охраняемых территорий	Коэффициенты
1	Заповедники, заповедные зоны национальных парков, ботанические сады, памятники природы, зоны санитарной охраны источников водоснабжения и курорты	5,1–10,0
2	Заказники, водоохранные полосы (зоны) рек и водоемов, земли оздоровительного назначения, лесопарковые части зеленых зон	2,6–5,0
3	Земли рекреационного и историко-культурного назначения	1,5–2,5
4	Прочие земли	1,0

*При расчетах принимать максимальные значения коэффициентов

Таблица 9.6

Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элементы соединений	ПДК мг/кг	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
		1 уровень допустимый	2 уровень низкий	3 уровень средний	4 уровень высокий	5 уровень очень высокий
1. Свинец	30,0	до ПДК	ПДК-125	125–250	250–600	>600
2. Ртуть	2,2	до ПДК	ПДК-3	3–5	5–10	>10
3. Мышьак	2,0	до ПДК	ПДК-20	20–30	30–50	>50
4. Цинк (вал. содерж.)	100,0	до ПДК	ПДК-500	500–1500	1500–3000	>3000
5. Кобальт	5,0	до ПДК	ПДК-50	50–150	150–300	>300
6. Нефть и н/п	50,0	до ПДК	ПДК-2000	2000–3000	3000–5000	>5000

Таблица 9.7

Коэффициенты, учитывающие значимость земель в зависимости от ранга населенных пунктов ($K_{з2}$)

Категории городских поселений и других населенных пунктов	Коэффициенты
г. Минск	19,1
Областные центры (кроме г. Минска)	7,4
Города областного подчинения с населением:	
свыше 100 тыс. жителей	5,8
от 50 до 100 тыс. жителей	4,2
до 50 тыс. жителей	2,4
Города районного подчинения	1,6
Прочие населенные пункты	1,2

Таблица 9.8

Коэффициенты, учитывающие суммарный показатель загрязнения ($K_{сз}$)

Суммарный показатель загрязнения	Степень загрязнения земель	Коэффициент
<2	Допустимая	0
2–8	Слабая	0,3
8–32	Средняя	0,6
32–64	Высокая	1,0
>64	Очень высокая	2,0

Таблица 9.9

Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка (мг/кг)

Почвы	Zn цинк	Cd кадмий	Pb свинец	Hg ртуть	Cu медь	Co кобальт	Ni никель	As мышьяк
1. Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
2. Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
3. Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
4. Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
5. Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

Таблица 9.10

Коэффициенты, учитывающие степень деградации земель (K_d)

Степень деградации по предыдущему обследованию	Степень деградации по контрольному обследованию				
	0	1	2	3	4
0	0	0,2	0,5	0,8	1,0
1	0	0	0,2	0,5	0,8
2	0	0	0	0,2	0,5
3	0	0	0	0	0,2
4	0	0	0	0	0

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1. Название работы.
- 3.2. Цель работы.
- 3.3. Условие задания.
- 3.4. Расчет экономического ущерба от загрязнения и деградации земель.
- 3.5. Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1. Как Вы понимаете термины «загрязнение земель» и «деградация земель»?
- 4.2. Как классифицируются уровни загрязнения земель?
- 4.3. От чего зависит размер экономического ущерба при загрязнении земель химическими веществами?
- 4.4. От чего зависит размер экономического ущерба при загрязнении химическими веществами земель населенных пунктов?
- 4.5. Как определяется величина экономического ущерба от деградации земель?
- 4.6. Как рассчитывается суммарный показатель загрязнения земель химическими веществами?

5. Варианты заданий к практической работе (Табл. 9.11–9.13)

Задание А (варианты 1–8).

По заявке землепользователя контрольно-токсикологической лабораторией района P обследовано X , га почв типа Π , используемых под пашню и прилегающих к промышленному объекту. В результате установлено, что обследованные площади загрязнены веществом B , на глубину G , м. Содержание B в 1 кг почвы в среднем по площади составляет m , мг. Определить экономический ущерб.

Таблица 9.11

Варианты заданий*

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
P	11	12	13	1	2	3	4	5
X , га	1	1	2	2	3	3	4	4
Π	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
B	1	2	3	4	5	1	2	3
G , см	15	25	45	80	110	130	140	150
m , мг	300	20	30	600	1500	5000	50	80

Задание Б (варианты 9–16).

На X , га земель рекреационного значения района P , леса первой группы L , в почве Π (по табл. 9.9) наблюдалось содержание $C_{j\text{факт}}$, мг/кг валовых форм веществ B_j , на глубину Γ , м. Определить экономический ущерб.

Таблица 9.12

Варианты заданий*

Вариант	9	10	11	12	13	14	15	16
P	4	5	6	7	8	9	10	20
X , га	2	2	3	3	4	4	5	6
L	1	2	3	4	5	6	7	8
Π	1	1	2	2	3	3	4	5
B_j	1, 2, 3	2, 3, 4	3, 4, 5	4, 5, 1	5, 1, 2	2, 3, 5	2, 4, 5	3, 5, 1
$C_{1\text{факт}}$, мг/кг	20	–	–	25	30	–	–	40
$C_{2\text{факт}}$	0,3	0,4	–	–	0,5	0,6	0,7	–
$C_{3\text{факт}}$	6	6	7	–	–	8	–	10
$C_{4\text{факт}}$	–	120	130	140	–	–	150	–
$C_{5\text{факт}}$	–	–	20	25	30	35	40	45
Γ , см	15	25	45	80	110	130	140	150

Задание В (варианты 17–24).

Определить экономический ущерб от деградации земель площадью Π_0 , га в районе P , если земли относятся к категории K (табл. 9.5), степень деградации по предыдущему обследованию - $K_{\text{пред}}$, степень деградации по контрольному обследованию - $K_{\text{контр}}$. Сделать вывод.

Таблица 9.13

Варианты заданий*

Вариант	17	18	19	20	21	22	23	24
P	4	5	6	7	8	9	10	20
Π_0 , га	2	2	3	3	4	4	5	6
$K_{\text{пред}}$	0	0	1	1	2	2	1	1
$K_{\text{контр}}$	1	2	3	4	3	4	3	4
K	1	1	2	2	3	3	4	4

*Примечание: Нумерация районов, типов почв, типов леса, типов территорий, групп веществ согласно таблицам 9.1–9.9.

2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ

Практическая работа № 10 Обучающая имитационная программа «ОЗЕРО»

Цель работы: добиться рационального управления природно-промышленной системой при минимальном ущербе окружающей среде. Цель работы обучаемого заключается в снижении концентрации загрязняющих веществ в водоеме до допустимых пределов и поддержание их на этом уровне.

1. Общие сведения

Управляемая экологическая система «ОЗЕРО» включает в себя:

1. Водоем 200x300 м в черте города, разбитый на три зоны – промышленную, среднюю и культурную.
2. Прибрежные предприятия, используют воду озера для своих технологических процессов, загрязняя ее органикой и неорганикой.
3. Гидрометцентр, обеспечивающий краткосрочный прогноз.
4. Две стационарные станции ежедневного взятия проб воды в промышленной и средней зонах и одну передвижную – для взятия проб воды по необходимости в культурной зоне.
5. Станции подкачки (P) и сброса (S) для создания проточности.
6. Две станции искусственной аэрации вод средней и культурной зон.
7. Финансирующий орган.

Управление экосистемой циклическое.

В начале каждого цикла обучаемый оценивает:

- а) состояние озера – качество воды в каждой зоне озера, уровень воды;
- б) прогноз погоды на текущую декаду;
- в) прогноз деятельности прибрежных предприятий по объему используемой воды и концепциям органики и неорганики в сточных водах;
- г) имеющуюся в его распоряжении денежную сумму для расхода на перекачку воды и аэрацию.

2. Порядок работы

Включить компьютер. Загрузить Обучающую имитационную программу «ОЗЕРО».

2.1. Режимы, входящие в состав меню:

ПОМОЩЬ – выдача на экран инструкции по работе с программой «ОЗЕРО». При чтении инструкции двигать текст на экране можно при помощи клавиши *Page Up* и *Page Down*.

УПРАВЛЕНИЕ – задание параметров. (При задании параметров использовать клавиши стрелка вправо, стрелка влево, стрелка вверх, стрелка вниз.)

СОСТОЯНИЕ – показывает состояние экосистемы на определенную дату.

РАБОТА – запуск системы на выбранный цикл.

ПРОГНОЗ – показывает прогноз погоды на выбранную декаду, прогноз деятельности предприятий на текущую декаду.

Для выхода из программы использовать клавишу **F10**.

3. Краткое руководство по работе с программой

При работе с программой пользователь выполняет функции диспетчера по управлению экологической системой. На работу отводится два месяца. Задача диспетчера состоит в том, чтобы в течение первого месяца управления снизить концентрацию загрязняющих веществ в озере до допустимых пределов (до значений, не превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) по органике и неорганике), при этом содержание кислорода в воде должно быть не меньше нормативного значения. В течение второго месяца поддерживать параметры, характеризующие качество воды в озере на уровне ПДК.

Управляющими параметрами, которые выбирает пользователь, являются:

- продолжительности очередного цикла (от 3 до 10 суток),
- мощность подкачки чистой и откачки загрязненной вод,
- интенсивности искусственной аэрации.

После ввода этих данных в ЭВМ моделируется естественное поведение экологической системы в течение длительности выбранного цикла.

Весь процесс в целом имеет следующие особенности. Завод, фабрика, база забирают воду из озера, и после использования, загрязненную органикой и неорганикой сбрасывают обратно, ботанический сад только забирает воду на полив. Если уровень воды в озере выходит за пределы допустимых норм, то на одни сутки станции перекачки переводятся автоматически на режим подъема уровня или его снижения. Если выделенная на управление денежная сумма оказывается израсходованной раньше двухмесячного срока, то пользователь в ос-

тавшие дни не может воздействовать на систему (экосистема развивается с отключенными станциями воды и ее аэрации). Начиная со второго месяца управления экосистемой, пользователю начисляются штрафные баллы: по одному за каждый день, когда не было обеспечено качество воды. Пользователь отстраняется от должности диспетчера после получения 16-го штрафного балла.

Таким образом, для успешного управления качеством воды в озере необходимо освоить закономерности, лежащие в основе водного баланса, превращения и деструкции веществ, насыщения воды кислородом, влияния метеоусловий на экологические процессы: необходимо научиться оптимальному планированию нескольких взаимосвязанных параметров управления в условиях ограничения суммарной стоимости расходов.

ВНИМАНИЕ: Для освоения работы с программой в диалоговом режиме не требуется специальной подготовки. Знакомство с условиями работы за терминалом, с экологической системой и ее закономерностями, с целью обучения и оценкой деятельности обучаемого производит сама программа.

4. Порядок оформления практической работы

4.1. Название работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Исходные данные.

4.4. Полученные результаты (по компьютеру).

4.5. Вывод (анализ полученных результатов).

Практическая работа № 11

Обучающая имитационная программа «Р Ы Б О Л О В С Т В О»

Цель работы: добиться рационального использования природных ресурсов (рыбных ресурсов) – получение максимального дохода при минимальном ущербе популяции рыб в районах рыболовства.

1. Общие сведения

Компьютерная экологическая программа «Рыболовство» разработана на основе настольной игры профессора М. Медоуза (США) «Всемирное рыболовство».

Программа «Рыболовство» предназначена для моделирования изменения численности популяции рыбы в результате рыбной ловли, и может использоваться в учебном процессе как одна из лабораторных работ в курсах «Охрана природы и рациональное природопользование», «Основы экологии». Она способствует закреплению и развитию теоретических знаний по динамике популяций.

2. Порядок работы

Включить компьютер. Загрузить Обучающую имитационную программу «РЫБОЛОВСТВО».

Для освоения работы с программой в диалоговом режиме не требуется специальной подготовки. Знакомство с условиями работы за терминалом, с экологической системой и ее закономерностями, с целью обучения и оценкой деятельности обучаемого производит сама программа.

3. Инструкция по работе с программой

Представьте себя в роли владельца рыболовной компании. В Вашем распоряжении находятся корабли, которыми Вы ведете лов рыбы. В течение 15 лет (игрового времени) Вы должны управлять компанией таким образом, чтобы получить максимальную прибыль. Для этого в начале каждого игрового года Вы можете осуществлять следующие действия:

- покупать корабли, если пожелаете увеличить количество своих кораблей и имеете достаточно денежных средств (стоимость корабля может изменяться);
- продавать корабли, если они больше не нужны (при продаже корабля Вы получите только половину от текущей стоимости корабля);
- распределять корабли для ловли рыбы по зонам А и Б (места скопления рыбы). Причем, часть кораблей Вы можете оставить в порту.

При распределении кораблей по зонам Вы должны учитывать, что кроме Вас там могут ловить рыбу корабли других компаний. Информация об этом находится в правом нижнем углу экрана.

В начальный момент (начало 1-го года) Вы имеете 3 корабля и 15000 тыс. р. Информация о количестве Ваших кораблей и денег располагается в левом нижнем углу экрана.

Распределяя корабли по зонам, Вы должны предусмотреть, что затраты на содержание корабля в зоне А составят 7500 тыс. р., в зоне Б – 10000 тыс. р., а если Вы оставите корабль в порту – 5500 тыс. р. За одну тонну пойманной рыбы Вы получите 100 тыс. р. Единицы измерения: рыба – в тоннах, деньги – в тысячах рублей.

После 15 лет-туров (игрового времени) Вы получите оценку своим действиям. *Управляя рыболовной компанией, постарайтесь получить максимальную прибыль, но не погубить популяции рыбы в зонах А и Б – от этого будет зависеть Ваша оценка.*

3.1. Исходное состояние

После загрузки программы на экране появится заставка программы «Рыболовство». Нажать пробел – на экране появится рабочее поле с изображением участка моря. В нижней части экрана расположен пульт управления программой. В левом нижнем углу располагается информация о количестве Ваших судов и денег. В правом нижнем углу – информация о количестве судов других компаний, ведущих рыбную ловлю в зонах А и Б.

3.2. Пульт управления

Пульт управления – это девять прямоугольников, на которых изображены функциональные клавиши и пиктограммы.

F1 – правила работы с программой; F2 – график изменения Вашего капитала по годам; F3 – графики количества кораблей, пойманной рыбы и прибыли; F4 – распределение кораблей по зонам; F5 – покупка кораблей; F6 – продажа кораблей; F7 – результат Ваших действий за год; F8 – переход к следующему году; F9 – выход из программы.

Если Вы нажмете клавишу F1 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно с текстом инструкции по работе с программой.

Если Вы нажмете клавишу F2 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно с графиком изменения Вашего капитала (в данном случае это деньги плюс стоимость кораблей) по годам.

Если Вы нажмете клавишу F3 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно с графиками изменения количества Ваших кораблей, пойманной рыбы и прибыли по годам.

Если Вы нажмете клавишу F4 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно, которое предназначено для распределения кораблей по зонам. Для увеличения количества кораблей в зоне нажмите клавишу «вверх», для уменьшения – «вниз». Для выбора зоны используйте клавиши «влево», «вправо».

Если Вы нажмете клавишу F5 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно, в котором Вам предлагается купить корабли. Для увеличения количества купленных кораблей используйте клавишу «вверх», для уменьшения – «вниз». Если Вы работаете с мышкой, то подведите курсор мыши к изображению стрелки и нажмите левую кнопку мыши.

Если Вы нажмете клавишу F6 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно, в котором Вам предлагается продать корабли. Для увеличения количества проданных кораблей используйте клавишу «вверх», для уменьшения – «вниз». Если Вы работаете с мышкой, то подведите курсор мыши к изображению стрелки и нажмите левую кнопку мыши.

Если Вы нажмете клавишу F7 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно, в котором дается информация о результатах прошедшего года.

Если Вы нажмете клавишу F8 или подведете курсор мыши к этой пиктограмме, то на экране появится окно, в котором сообщается «Прошел год». Перед нажатием клавиши F8 Вы должны купить или продать корабли, если в этом есть необходимость, и распределить корабли по зонам для рыбной ловли. Затем нажмите клавишу F8. После чего Вы можете посмотреть итог Вашей деятельности за год и продолжить управление компанией.

Для выхода из программы необходимо нажать клавишу F9 или подвести курсор мышки к соответствующему прямоугольнику пульта управления и нажать левую кнопку.

3.3. Оценка деятельности

После 15 лет игрового времени на экран выдается оценка деятельности обучаемого. В верхней части экрана выводится информация о том, сколько рыбы осталось в зонах А и Б после 15 лет. А в нижней части экрана графически показывается динамика изменения численности популяции рыбы в зонах А и Б.

4. Порядок оформления практической работы

4.1. Название работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Исходные данные.

4.4. Полученные результаты (по компьютеру).

4.5. Вывод (анализ полученных результатов).

Практическая работа № 12

Обучающая имитационная программа «МАЛАЯ РЕКА»

Цель работы: добиться рационального управления природно-промышленной системой при минимальном ущербе окружающей среде. Цель работы обучаемого заключается в выборе оптимальных параметров функционирования системы для достижения максимальной прибыли от хозяйственной деятельности в бассейне реки с учетом затрат. При этом концентрация загрязняющих веществ в реке не должна превышать предельно допустимых норм.

1. Общие сведения

Имитационная программа «Малая река» предназначена для использования в учебном процессе как одна из практических работ в курсах «Охрана природы и рациональное природопользование», «Основы экологии» для подготовки студентов и лиц, ответственных за планирование сельскохозяйственного производства и строительства, специалистов сельского хозяйства, работающих в прибрежных районах. Она способствует закреплению и развитию теоретических знаний по управлению экосистемой.

2. Описание программы

Для освоения работы с программой в диалоговом режиме не требуется специальной подготовки. Знакомство с условиями работы за терминалом, с экологической системой и ее закономерностями, с целью обучения и оценкой деятельности обучаемого производит сама программа.

Программа «МАЛАЯ РЕКА» моделирует естественные процессы, происходящие в системе:

- участок реки;
- промышленное предприятие;
- животноводческий комплекс;
- сельскохозяйственные угодья;
- жилой поселок;
- передвижная станция контроля качества воды.

Описание элементов системы:

2.1. Участок реки длиной 8640 м, шириной 10 м, глубиной 3 м, средней скоростью течения 6 м/мин. Во время паводка скорость течения и расход воды в реке повышается.

2.2. Промышленное предприятие, расположенное на берегу реки на расстоянии 1800 метров от начала участка, загрязняющее воду реки стоками, содержащими органическое загрязняющее вещество (по БПК₅). Количество сточных вод зависит от интенсивности работы предприятия, которая может изменяться от 0 до 150 условных единиц продукции в сутки. Производство единицы продукции дает 0,1 м³ стоков с концентрацией органического загрязняющего вещества по БПК₅ – 2000 мг/л.

2.3. Животноводческий комплекс, расположенный на берегу реки на расстоянии 5400 метров от начала участка, на котором можно выращивать свиней (количеством от 0 до 2000 голов) или крупный рогатый скот (от 0 до 1000). На животноводческом комплексе в сутки на свинью образуется 4,5 литра навозной жижи с БПК₅ – 6000 мг/л, на корову 14 литров с БПК₅ – 8000 мг/л.

2.4. Сельскохозяйственные угодья, на которых можно выращивать пшеницу, рожь, ячмень, кукурузу, картофель. Для повышения урожайности есть возможность внесения азотных, калийных, фосфорных, органических удобрений, известкования почвы, применения ядохимикатов (метафоса – для борьбы с вредными насекомыми, цинеба – для борьбы с болезнями растений, атразина – для борьбы с сорняками). При использовании ядохимикатов и удобрений необходимо учитывать:

- дождевые и паводковые стоки будут загрязнять воду реки тем сильнее, чем больше внесено удобрений и ядохимикатов,
- накопление веществ, неусвоенных растениями, в почве влияет на величину загрязнения реки,
- существенное влияние на качество воды оказывают донные осадения.

2.5. Жилой поселок забирает воду реки для своих нужд. Если вода в реке не достаточно чистая, то затрачиваются средства на ее очистку. В модели установлен предел допустимых концентраций (ПДК) в мг/л по

кислороду	– не менее 4	мг/л,
БПК ₅	– не более 6	мг/л,
атразину	– не более 0,005	мг/л,
метафосу	– не более 0,02	мг/л,
цинебу	– не более 0,03	мг/л.

2.6. Передвижная станция контроля качества воды анализирует содержание кислорода, БПК₅, атразина, метафоса, цинеба в воде в любом выбранном месте участка реки.

3. Управление экосистемой

Работа обучаемого с программой состоит из последовательности туров, где каждый тур – управляющее воздействие на систему и получение результатов. Программа моделирует управление системой в течении пяти лет, где каждый год является одним туром.

Под управляющим воздействием понимается:

- выбор интенсивности работы промышленного предприятия,
- выбор количества голов скота для выращивания на ферме (свиньи или крупный рогатый скот),
- выбор методов очистки сточных вод промышленного предприятия и фермы,
- выбор сельскохозяйственных культур для выращивания в бассейне реки,
- выбор количества применяемых удобрений и ядохимикатов,
- размещение передвижной станции контроля качества воды,
- выбор мероприятий по охране чистоты реки.

3.1. Мероприятия по охране чистоты реки и их стоимость

Лесополоса

Выращивание древесной и кустарниковой растительности по берегам реки способствует уменьшению дождевого стока и выноса загрязняющих веществ. Влияние лесополосы растет с увеличением возраста лесополосы. Посадка лесополосы шириной 10 метров стоит 1000 р.

Вспашка

При работе с программой необходимо учесть, что разные виды вспашки обеспечивают уменьшение дождевого стока в разной степени:

- уплотненная на 16% (стоимость вспашки 100 га – 1000 р.),
- отвальная с микролиманам на 63% (1900 р.),
- безотвальная на 45% (1700 р.),
- отвальная глубиной 22–25 см на 62% (2500 р.),
- глубиной 35–37 см на 77% (3000 р.).

Очистка сточных вод

Для снижения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах необходимо применять очистку. Использование механической очистки позволяет снизить концентрацию загрязняющих веществ, примерно, на 50%, биологической очистки – на 80%, биологической с доочисткой на 98%.

Стоимость механической очистки 1 куб.м сточных вод – 0,05 р., биологической – 0,38 р., биологической с доочисткой – 2 р.

Искусственная аэрация

Искусственная аэрация позволяет увеличить содержание кислорода в воде путем нагнетания воздуха в воду через аэраторы. Место искусственной аэрации можно изменять. При работе необходимо учесть, что концентрация кислорода зависит от концентрации органики (чем больше в воде органики, тем больше расходуется кислорода на ее разложение) и от температуры воды (чем выше температура, тем ниже концентрация кислорода). Повышение содержания кислорода в воде на 2 мг/л с помощью искусственной аэрации стоит 366 р. в месяц.

3.2. Прибыль

Прибыль от ведения хозяйственной деятельности складывается из прибыли, полученной от реализации условной продукции предприятия – 12 р. за единицу, животноводческого комплекса – (100*количество свиней) или (200*количество коров) р. в год; урожая пшеницы, ячменя – 30 р. за центнер; ржи – 28; кукурузы – 12; картофеля – 10 р. за центнер.

3.3. Затраты

Затраты складываются из затрат на осуществление природоохранных мероприятий (см. выше) и затрат на внесение удобрений и ядохимикатов. Стоимость внесения метафоса (на каждый гектар по 1 кг) – 434 р., атразина – 1600 р., цинеба – 600 р., азотных удобрений – 400 р., калийных – 400 р., фосфорных – 400 р., органических (на каждый га по 1 т) – 2000 р., известкования – 2000 р.

3.4. Экономический ущерб

Экономический ущерб зависит от качества воды в реке и складывается из потерь, связанных с ухудшением функционирования основных фондов промышленного предприятия; дополнительных затрат на очистку воды для жилого поселка; потерь из-за заболеваемости населения; затрат учреждений здравоохранения в связи с заболеваемостью населения; собственных затрат населения, связанных с поездками на отдых в другие места.

4. Порядок работы с программой

4.1. Начало работы

Включить компьютер. Загрузить Обучающую имитационную программу «МАЛАЯ РЕКА». После загрузки программы на экране появится заставка программы «МАЛАЯ РЕКА». Для продолжения работы необходимо нажать пробел.

В начале каждого тура задаются параметры функционирования системы: интенсивность работы промышленного предприятия, поголовье скота для выращивания на ферме (в начале игры), методы очистки сточных вод предприятия и фермы, полевая культура для выращивания на прибрежных полях, количество применяемых удобрений и пестицидов, вид вспашки, ширина лесопосадок вдоль реки.

После задания параметров на экране можно наблюдать динамику концентраций кислорода, БПК₅, атразина, цинеба, метафоса в речной воде. Шаг вычислений один месяц. Можно посмотреть динамику концентраций веществ после дождя, а также изменение концентраций веществ вдоль реки в выбранном месяце (клавиши F8 и F9 соответственно).

По окончании тура на экран выдается информация о полученной за год прибыли и экономическом ущербе от загрязнения реки.

После окончания 5 лет игрового времени программа дает оценку деятельности обучаемого.

4.2. Описание разделов меню

– ПОМОЩЬ:

– ПРАВИЛА РАБОТЫ – правила работы с программой (на экран выдается информация о моделируемой экологической системе, о цели игры, о возможных управляющих воздействиях на систему, о стоимости природоохранных мероприятий и т.д.);

– ОБЩАЯ СХЕМА МОДЕЛИ – схема взаимодействия блоков системы (т.е. графическое изображение связей, моделируемых в программе);

– ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ – информация о природоохранных мероприятиях, моделируемых в программе (т.е. информация об эффективности разных методов очистки сточных вод, о влиянии разных видов вспашек на уменьшение дождевого стока, о влиянии лесополосы и искусственной аэрации);

– ТЕКУЩАЯ ОЦЕНКА – оценка деятельности обучаемого по турам (дается сообщение о полученной прибыли и экономическом ущербе за прошедшие туры игры);

– УПРАВЛЕНИЕ:

– ПРЕДПРИЯТИЕ – выбор интенсивности работы предприятия;

– ФЕРМА – выбор количества голов скота (свиньи или крупный рогатый скот) для выращивания на ферме;

– УРОЖАЙ – выбор полевой культуры и количества применяемых удобрений и пестицидов;

– ВСПАШКА – выбор вида вспашки;

- ЛЕСОПОЛОСА – выбор ширины лесополосы;
- АЭРАЦИЯ – выбор места искусственной аэрации;
- СЧЕТ – выбор расположения передвижной станции контроля качества воды и вычисление концентраций загрязняющих веществ в воде реки.

Переход от одного раздела меню к другому производится при помощи клавиш «стрелка влево», «стрелка вправо», «стрелка вверх», «стрелка вниз», Enter и Esc.

4.3. Описание используемых функциональных клавиш

F8 – динамика концентраций после дождя (можно посмотреть изменение концентраций веществ в реке в течение 48 часов после дождя);

F9 – концентрации загрязняющих веществ вдоль реки (дается возможность посмотреть концентрацию веществ не только в месте нахождения передвижной станции контроля качества воды, но и как изменяется содержание веществ в воде по всей длине участка реки);

Esc – выход в операционную систему.

4.4. Наблюдаемые процессы и решаемые задачи

ВТОРИЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

В первый год внести в почву большие дозы удобрений и ядохимикатов, во второй год не вносить вообще. Наблюдать на втором году концентрации веществ, попавших в воду за счет вторичного загрязнения, т.е. за счет взмыва донных осадений и выноса веществ, неуловленных растениями и оставшихся в почве.

УРОЖАЙНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Задавать разные дозы удобрений и ядохимикатов и наблюдать за изменениями урожайности.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДООХРАННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Каждый год задавать разные природоохранные воздействия (например, поочередно задавать методы очистки сточных вод: 1-й год без очистки, 2-й год – механическая очистка, 3-й год – биологическая, 4-й – биологическая с доочисткой), оставляя без изменения другие управляющие воздействия, и наблюдать изменения концентраций веществ в реке и экономические характеристики. Определить оптимальный метод очистки сточных вод предприятия, работающего с максимальной интенсивностью, и фермы с максимальным поголовьем скота.

ВОЗРАСТ ЛЕСОПОЛОСЫ

В первый год посадить лесополосу, внести в почву удобрения и ядохимикаты. В первый и последующие годы управляющие воздействия задавать одинаковыми и наблюдать за концентрациями и

уменьшением экономического ущерба от загрязнения воды. Дозы веществ, вносимых в почву, не должны быть большими, чтобы не вызвать вторичного загрязнения.

ВЫНОС ВЕЩЕСТВ С ПОЛЕЙ ДОЖДЕВЫМИ СТОКАМИ

Вносить разные дозы удобрений и ядохимикатов и наблюдать за изменением концентраций веществ в воде.

4.5. Примеры работы с программой

4.5.1. Погоня за прибылью

Задаем параметры с целью получить максимальную прибыль, мало заботясь о чистоте воды (экономя на этом):

интенсивность работы промышленного предприятия – 150;
очистка сточных вод предприятия – механическая;
поголовье скота – 2000 свиней;
очистка сточных вод фермы – механическая;
сельскохозяйственная культура – картофель;
удобрения (азотные – 50 кг/га, фосфорные – 45 кг/га, калийные – 45 кг/га, органические – 10 т/га, известкование – 1 т/га);
пестициды (метафос – 30 кг/га, цинеб – 3 кг/га, атразин – 6 кг/га);
вспашка – уплотненная;
лесополоса шириной 30 м;
получится результат за первый год;
прибыль – 1442 тыс. р.;
затраты – 123 тыс. р.

Итог: экономический ущерб – 400.8 тыс. р. Слишком большой экономический ущерб говорит о том, что необходимо больше внимания уделять природоохранным мероприятиям. Необходимо улучшить очистку сточных вод, применять меньшее количество удобрений и пестицидов.

4.5.2. Большие затраты на природоохранные мероприятия

Задаем параметры:

интенсивность работы промышленного предприятия – 150;
очистка сточных вод предприятия – биологическая; поголовье скота – 2000 свиней;
очистка сточных вод фермы – биологическая с доочисткой;
сельскохозяйственная культура – пшеница; удобрения (азотные – 20 кг/га), фосфорные – 25 кг/га);
калийные – 20 кг/га, органические – 5 т/га, известкование – 1 т/га;
пестициды (метафос – 15 кг/га, цинеб – 2 кг/га, атразин – 3 кг/га);
вспашка – глубиной 35–37 см;
лесополоса шириной 30 м.

Итог: за первый год прибыль – 1096,4 тыс. р.; затраты – 185,9 тыс. р. Экономический ущерб – 0 тыс. р. – говорит о том, что

управление системой ведется правильно. Получена высокая прибыль и обеспечена чистота воды в реке.

4.6. Оценка действий

По окончании пяти лет игрового времени программа подводит оценку деятельности обучаемого по полученной прибыли и нанесенному экономическому ущербу.

Оценка «отлично» выставляется обучаемому, если он получит прибыль 5 млн р. и экономический ущерб 0 р.

При худших показателях оценка соответственно снижается.

5. Порядок оформления практической работы

5.1. Название работы.

5.2. Цель работы.

5.3. Исходные данные.

5.4. Полученные результаты (оценка действий обучаемого по компьютеру п. 4.6).

5.5. Вывод (анализ полученных результатов).

Практическая работа № 13
Обучающая имитационная программа
«ЭКСПЕРТИЗА МАЛОЙ РЕКИ»

Цель работы: провести экспертизу на участках реки. По результатам экспертизы определить: причины гибели рыбы, величину экономического ущерба, концентрацию органического загрязняющего вещества в сточных водах.

1. Общие сведения

Программа «ЭКСПЕРТИЗА МАЛОЙ РЕКИ» предназначена для использования в учебном процессе как одна из практических работ в курсах «Охрана природы и рациональное природопользование», «Основы экологии» для подготовки студентов и лиц, ответственных за планирование сельскохозяйственного производства и строительства, специалистов сельского хозяйства, работающих в прибрежных районах. Программа предназначена для моделирования проведения экспертизы загрязнения малой реки, она способствует закреплению и развитию теоретических знаний по проведению экспертизы на водосборе малой реки.

Для работы с программой не требуется специальной подготовки. Вся работа осуществляется в режиме «меню» и «вопросов и ответов». Удобный интерфейс позволяет работать с программой пользователю, не имеющему навыков работы с ПЭВМ.

2. Описание программы

На экране монитора изображена малая река с расположенными на ее берегах точечными источниками загрязнения (предприятия, фермы и т.д.). Они помечены красными прямоугольниками. Желтыми кружками помечены участки водосбора реки, которые могут загрязнять реку в результате выноса загрязняющих веществ из почвы дождевыми стоками. Границы участков водосбора отмечены белыми пунктирными линиями.

Средняя скорость течения реки – 0,1 м/с, средняя ширина русла – 2–5 м. Направление течения реки обозначено черной стрелкой. В процессе работы с программой обучаемому предлагается провести экспертизу малой реки на которой произошла массовая гибель рыбы с причинением крупного экономического ущерба. Гибель рыбы, очевидно, произошла в результате попадания в воду реки большого количества загрязняющих веществ.

2.1. Задачи, которые решает обучаемый

1. Определить причину гибели рыбы (кто виноват?):
 - в результате сбросов точечных загрязняющих стоков (предприятий, ферм и т.д.);
 - в результате попадания в реку загрязняющих веществ, вынесенных с полей дождевыми стоками;
 - в результате этих двух причин.
2. Определить количество погибшей рыбы и подсчитать величину экономического ущерба в результате гибели рыбы.
3. Определить концентрацию органического загрязняющего вещества по БПК₅ в сточных водах некоторых загрязняющих стоков.
4. Определить участки реки, которые можно характеризовать как умеренно-загрязненные по пробам зоопланктона в них.
5. Дать рекомендации о максимально допустимом объеме сточных вод некоторых загрязняющих стоков, который не привел бы к загрязнению воды реки (т.е. превышению предельно допустимых концентраций).
6. Дать рекомендации о максимально допустимом содержании ядохимикатов в почве некоторых участков водосбора, которое бы не привело к загрязнению воды из-за выноса ядохимикатов дождевым стоком.

Известно, что в течение длительного времени на площади водосбора идет дождь с интенсивностью водоподачи 0.000000001 м/с. Поэтому можно исходить из того, что процесс формирования дождевого стока – установившийся, т.е. не зависит от времени.

Для решения этих задач, программа позволяет обучаемому получить информацию о гидрологических характеристиках водосбора и реки (пористости, проницаемости почвы, уклоне поверхности водосбора, скорости течения и расходе воды в реке), предельно допустимых концентрациях веществ в воде реки, дает возможность брать пробы воды, почвы, пробы на содержание зоопланктона в воде реки, а также проводить подсчет мертвой рыбы.

Для успешного выполнения задания обучаемый имеет возможность пользоваться математическими формулами, описывающими влияние точечных стоков и дождевых стоков на качество воды, и методикой подсчета экономического ущерба от гибели рыбы. Для расчетов можно использовать встроенный калькулятор с простейшими математическими действиями. После выполнения всех заданий подводится итог работы обучаемого, вычисляются концентрации загрязняющих веществ в воде реки в результате его рекомендаций и дается оценка его действий.

3. Работа с программой

3.1. Начало работы

Включить компьютер. Загрузить Обучающую имитационную программу «ЭКСПЕРТИЗА МАЛОЙ РЕКИ». После загрузки программы на экране появится заставка программы «ЭКСПЕРТИЗА МАЛОЙ РЕКИ». Для продолжения работы необходимо нажать пробел. Затем на экране появится рабочее поле с изображением карты водосбора малой реки. В верхней части экрана расположено основное меню.

3.2. Структура меню

Основное меню содержит разделы меню второго и третьего уровня:

ПОМОЩЬ; КАЛЬКУЛЯТОР; ИНФОРМАЦИЯ; ЭКСПЕРТИЗА; ВИНОВНИК; РЕКОМЕНДАЦИИ; ИТОГ.

ПРАВИЛА РАБОТЫ; ПРОБЫ ВОДЫ; ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 1, 2, 4, 5, 10; МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ; ПРОБЫ ПОЧВЫ; ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЩЕСТВ; МЕРТВАЯ РЫБА; ЗООПЛАНКТОН; УЧАСТОК ВОДОСБОРА 2, 4, 6; ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ; ПДК.

ВАШИ ОТВЕТЫ – ВИНОВНИК ГИБЕЛИ РЫБЫ; ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ; ВЕЩЕСТВА В СТОКЕ; ЗАГРЯЗНЕННЫЕ УЧАСТКИ.

3.3. Описание разделов меню

ПОМОЩЬ: ПРАВИЛА РАБОТЫ – раздел содержит задания, которые необходимо выполнить при работе с программой.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ – в разделе содержатся уравнения, описывающие загрязнение реки точечными и дождевыми стоками, и метод подсчета экономического ущерба от гибели рыбы.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЩЕСТВ – информация о коэффициентах распада (окисления) веществ и выносе вещества из почвы.

КАЛЬКУЛЯТОР – простейший арифметический калькулятор.

ИНФОРМАЦИЯ: ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ – данные о скорости течения реки, расходе воды, характеристиках водосбора и почвы.

ПДК – предельно допустимые концентрации веществ в воде реки.

ВАШИ ОТВЕТЫ – введенные Вами ответы на задания.

ЭКСПЕРТИЗА: ПРОБЫ ВОДЫ – раздел моделирует взятие проб воды в реке.

ПРОБЫ ПОЧВЫ – взятие проб на содержание веществ в почве.

МЕРТВАЯ РЫБА – подсчет мертвой рыбы на площадках.

ЗООПЛАНКТОН – взятие проб воды на зоопланктон.

ВИНОВНИК: **ВИНОВНИК ГИБЕЛИ РЫБЫ** – в этом разделе необходимо дать ответ о виновнике гибели рыбы.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ – необходимо ввести величину ущерба, связанного с гибелью рыбы.

ВЕЩЕСТВА В СТОКЕ – вводится ответ о содержании органического вещества (по БПК₅) в 1-м, 2-м, 4-м и 10-м стоках.

ЗАГРЯЗНЕННЫЕ УЧАСТКИ – вводится ответ об умеренно загрязненных участках по составу зоопланктона.

РЕКОМЕНДАЦИИ: **ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 1 (4,5)** – ввод максимально допустимого объема стока, который бы не привел к загрязнению реки.

УЧАСТОК ВОДОСБОРА 2 (6,4) – необходимо ввести величину максимально допустимого содержания ядохимикатов в почве участков водосбора (*аммиака* в почве 2-го участка водосбора, *даланона* в почве 6-го участка водосбора, *монурона* в почве 4-го участка водосбора), которое не привело бы к загрязнению реки дождевыми стоками.

ИТОГ – конец работы и подведение итогов.

3.4. Работа с меню

Для выбора раздела меню используйте клавиши «вверх», «вниз», «влево», «вправо» и Enter. Если Вы используете мышь, то для выбора раздела меню необходимо подвести стрелку к названию раздела и нажать левую кнопку. Для входа в раздел нужно нажать левую кнопку еще раз. Для выхода из этого меню нажмите ESC. Для получения помощи по работе с меню необходимо нажать клавишу F1.

При просмотре **ПРАВИЛ РАБОТЫ, МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФОРМУЛ**, переход от одной страницы к другой производится нажатием клавиш: PgUp – предыдущая страница, PgDn – следующая страница. Для выхода в меню необходимо нажать ESC. Если используется мышка, то необходимо подвести стрелку области с надписью [PgUp], [PgDn] или [Esc-Выход] и нажать левую кнопку.

При просмотре **ХАРАКТЕРИСТИК ВЕЩЕСТВ** на экран выводится информация о характеристиках десяти загрязняющих веществ, которые содержатся в почве и воде. Это БПК₅, ацетон, азотная кислота, анилин, сульфид углерода, алдрин, монурон, даланон, атразин, аммиак. Выход в меню осуществляется нажатием клавиши ESC.

При работе с **КАЛЬКУЛЯТОРОМ** используйте клавиши 0, 1, 2, ..., 9, +, -, *, /, =. Для отмены результата – клавишу «C». Для выхода в меню нужно нажать Esc. Если Вы работаете с мышью, то подводите стрелку к прямоугольным областям с изображением цифр или знаков и нажимайте левую кнопку. При просмотре **ПДК** (предельно допустимых концентраций) на экран выводится информация о ПДК десяти за-

грязняющих веществ. Выход в меню осуществляется нажатием клавиши ESC.

При просмотре ВАШИХ ОТВЕТОВ на экран выводятся ответы на задания, которые необходимо выполнить при работе с программой. Выход в меню осуществляется нажатием клавиши ESC.

Для получения ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ необходимо стрелками «вверх», «вниз», «влево», «вправо» подвести курсор к выбранному месту и нажать Enter. Для увеличения шага передвижения курсора необходимо нажать клавишу PgDn. Для уменьшения – PgUp. Если Вы работаете с мышью, то подведите стрелку к выбранному месту и нажмите левую кнопку. На экране появится окно с информацией о гидрологических характеристиках водосбора в выбранном месте. Для выхода из этого окна нужно нажать клавишу ESC. Для выхода в меню нажмите клавишу ESC или подведите стрелку мышки в правый верхний угол и нажмите левую кнопку.

Для взятия ПРОБ ВОДЫ необходимо стрелками «вверх», «вниз», «влево», «вправо» подвести курсор к выбранному месту реки и нажать Enter. Для увеличения шага передвижения курсора необходимо нажать клавишу PgDn. Для уменьшения – PgUp. Если Вы работаете с мышью, то подведите стрелку к выбранному месту и нажмите левую кнопку. На экране появится окно с информацией о концентрации десяти загрязняющих веществ в воде в выбранном месте реки. Для выхода из этого окна нужно нажать клавишу ESC или подвести мышшь к области окна с надписью [Esc-Выход] и нажать левую кнопку. Для выхода в меню нажмите клавишу Esc или подведите стрелку мышки в правый верхний угол и нажмите левую кнопку.

Для взятия ПРОБ ПОЧВЫ необходимо стрелками «вверх», «вниз», «влево», «вправо» подвести курсор к выбранному месту водосбора и нажать Enter. Для увеличения шага передвижения курсора необходимо нажать клавишу PgDn. Для уменьшения – PgUp. Если Вы работаете с мышью, то подведите стрелку к выбранному месту и нажмите левую кнопку. На экране появится окно с информацией о содержании десяти загрязняющих веществ в почве в выбранном месте водосбора. Для выхода из этого окна нужно нажать клавишу ESC. Для выхода в меню нажмите клавишу ESC.

Для подсчета количества МЕРТВОЙ РЫБЫ необходимо стрелками «вверх», «вниз», «влево», «вправо» подвести курсор к выбранному месту реки и нажать Enter. Для увеличения шага передвижения курсора необходимо нажать клавишу PgDn. Для уменьшения – PgUp. Если Вы работаете с мышью, то подведите стрелку к выбранному месту и нажмите левую кнопку. На экране появится окно с информацией о количестве мертвой рыбы на площадке 2x2 м в выбранном месте реки. Для выхода из этого окна нужно нажать клавишу ESC. Для выхода в меню нажмите клавишу ESC.

Для взятия проб воды на ЗООПЛАНКТОН необходимо стрелками «вверх», «вниз», «влево», «вправо» подвести курсор к выбранному месту реки и нажать Enter. Для увеличения шага передвижения курсора необходимо нажать клавишу PgDn. Для уменьшения – PgUp. Если Вы работаете с мышью, то подведите стрелку к выбранному месту и нажмите левую кнопку. На экране появится окно с информацией о составе зоопланктона в выбранном месте реки. Для выхода из этого окна нужно нажать клавишу ESC. Для выхода в меню нажмите клавишу ESC.

При входе в раздел меню ВИНОВНИК ГИБЕЛИ РЫБЫ на экране появится окно с вопросом: «Вы готовы назвать виновника гибели рыбы? ДА, НЕТ».

Если Вы готовы назвать виновника, нажимайте «ДА». Затем на экране появится другое окно: «В гибели рыбы виноват точечный сток? ДА, НЕТ».

Здесь, необходимо, как и в предыдущем окне, дать ответ «Да» или «Нет». Если ответ «Да», тогда необходимо ввести номер загрязняющего стока, виновного в гибели рыбы:

«Введите номер загрязняющего стока: ___».

Затем на экране появится окно: «В гибели рыбы виноват дождевой сток? ДА, НЕТ».

Необходимо ответить «Да» или «Нет». Если ответ «Да», то необходимо ввести номер участка водосбора, вынос веществ дождевым стоком с которого привел к гибели рыбы:

«Введите номер участка водосбора: ___».

Для корректировки ответа используется клавиша BackSpace.

Для ответа на вопрос о величине ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА от гибели рыбы необходимо ввести величину экономического ущерба в тысячах рублей:

«Введите величину экономического ущерба: ___ тыс. р.».

Для ответа на вопрос о содержании БПК₅ в ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ СТОКАХ необходимо дать ответ о содержании БПК₅ в 1-м, 2-м, 4-м и 10-м загрязняющих стоках. Для этого в меню:

|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 1|
|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 2|
|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 4|
|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 10|

используя стрелки «вверх», «вниз», выбираем загрязняющий сток и вводим величину концентрации БПК₅ в этом стоке:

«Введите концентрацию БПК₅ в ___ стоке: ___ мг/л».

Для ответа на вопрос об умеренно-загрязненных участках реки по составу зоопланктона необходимо стрелками «вверх», «вниз», «влево», «вправо» подвести курсор к выбранному участку реки и на-

жать Enter. Для увеличения шага передвижения курсора необходимо нажать клавишу PgDn. Для уменьшения – PgUp.

Если Вы работаете с мышью, то подведите стрелку к выбранному участку реки и нажмите левую кнопку. Этот выбранный участок реки будет отмечен заштрихованным прямоугольником. Для отмены ответа нужно подвести курсор в этот прямоугольник и нажать Enter или подвести мышку и нажать левую кнопку. Заштрихованный прямоугольник исчезнет. Для выхода в меню нажмите клавишу ESC или подведите стрелку мышки в правый верхний угол и нажмите левую кнопку. Для того чтобы дать РЕКОМЕНДАЦИИ необходимо в меню:

|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 1|
|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 4|
|ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ СТОК 5|
|УЧАСТОК ВОДОСБОРА 2|
|УЧАСТОК ВОДОСБОРА 6|
|УЧАСТОК ВОДОСБОРА 4|

используя клавиши «вверх», «вниз», выбрать тот или иной раздел и дать ответ на вопрос, который появится в окне. Для выхода в основное меню нужно нажать ESC.

3.5. Оценка деятельности

После выполнения всех заданий подводится итог деятельности обучаемого. Для этого необходимо войти в раздел меню ИТОГ. При входе в раздел меню ИТОГ может появиться надпись: «*Вы не выполнили всех заданий*». Это означает, что необходимо посмотреть, в разделе меню ВАШИ ОТВЕТЫ, какие задания остались невыполненными, и выполнить их. После входе в раздел меню ИТОГ на экране монитора появятся результаты работы обучаемого. В верхней части экрана будет содержаться информация об ответах и рекомендациях обучаемого и правильные ответы. В нижней части – схема реки и графики концентраций загрязняющих веществ в воде участка реки, который выделен красным прямоугольником. Синие линии на графиках обозначают предельно допустимые концентрации. Для просмотра концентраций загрязняющих веществ на других участках используйте клавиши «влево», «вправо» или подведите мышку к участку и нажмите левую кнопку. На схеме реки голубым цветом обозначены сток и участок водосбора, виновные в гибели рыбы. Участки реки, помеченные фиолетовым цветом, можно характеризовать как умеренно-загрязненные. Для получения помощи по итоговому экрану, необходимо нажать F1 или подвести мышку в левый нижний угол экрана и нажать левую кнопку. Для получения оценки деятельности обучаемого, необходимо нажать клавишу F2 или подвести мышку к области, где написано: F2 – оценка деятельности, и нажать левую кнопку. На

экране появится информация о правильности ответов по всем заданиям и общая оценка по десятибалльной системе.

3.6. Выход из программы

Для выхода из программы необходимо нажать клавишу F10. На экране появится запрос: «Вы желаете выйти из программы? ДА, НЕТ».

Необходимо стрелками «влево» «вправо» сделать так, чтобы слово «Да» было на фоне синего прямоугольника и нажать Enter. Если используется мышка, то необходимо подвести стрелку к слову «Да» и два раза нажать на левую кнопку.

4. Рекомендации по выполнению задания

4.1. Кто виноват?

Чтобы определить, кто виноват в гибели рыбы, прежде всего, необходимо определить район гибели рыбы. Затем определить: концентрация каких веществ в этом месте реки намного превышает ПДК. После этого анализировать: в результате чего могло произойти загрязнение реки этими веществами.

4.2. Экономический ущерб от гибели рыбы?

Прежде всего, необходимо определить количество погибшей рыбы. Для этого нужно произвести подсчет погибшей рыбы на площадках (раздел меню МЕРТВАЯ РЫБА), определить среднюю плотность погибшей рыбы, а потом общее количество погибшей рыбы (для этого умножить плотность на площадь района гибели рыбы). А затем, используя методику подсчета (раздел МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ), определить величину экономического ущерба.

4.3. Концентрация вещества в стоке?

Определяется по формуле: $C = (C_c * Q_c + C_p * Q_p) / Q$,

где C , Q – концентрация вещества и расход воды ниже места сброса сточных вод;

C_c , Q_c – концентрация вещества в сточных водах и расход сточных вод;

C_p , Q_p – концентрация вещества и расход воды выше места сброса сточных вод, получаем: $C_c = (C * Q - C_p * Q_p) / Q_c$.

Значения C , Q , C_p , Q_p определяем в разделах ПРОБЫ ВОДЫ и ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ.

4.4. Умеренно-загрязненные участки?

Необходимо взять пробы зоопланктона (раздел меню ЗООПЛАНКТОН) на всех участках реки и по их составу определить: какие участки можно характеризовать как умеренно-загрязненные.

4.5. Рекомендации об объеме стока?

При ответе необходимо исходить из выражения: $Q_c = (C^*Q - C_p^*Q_p)/C_c$.

При этом концентрация вещества в реке ниже места сброса сточных вод C должна быть меньше ПДК. При ответе необходимо учесть уменьшение концентрации вещества в воде реки за счет окисления (разложения и т.д.), и изменение концентрации в результате слияния притоков реки.

4.6. Рекомендации о содержании веществ в почве?

В силу того, что дождь идет длительное время, процесс выноса веществ из почвы можно считать установившимся, т.е. независимым от времени. Тогда формулы, описывающие этот процесс можно записать в виде:

$$q = R*L; \quad Q = q*x + Q_0; \quad S = (f*M*L)/q; \quad C = (S*q*x)/Q + C_0,$$

где R – интенсивность дождевой водоподдачи;

q – расход воды (склоновый сток); L – ширина участка водосбора;

Q – расход воды в реке в результате склонового стока;

x – пространственная координата (вдоль реки);

S – концентрация вещества в склоновом стоке;

f – коэффициент выноса вещества из почвы,

M – содержание вещества в почве;

C – концентрация вещества в воде реки;

Q_0, C_0 – начальные значения расхода воды и концентрации вещества в реке.

Отсюда нетрудно получить выражение для определения максимально допустимого содержания вещества в почве участка водосбора, которое не привело бы к загрязнению реки дождевым стоком. При определении этого значения необходимо также учесть, что на содержание вещества в воде влияют дождевые стоки с других участков водосбора и притоки реки.

5. Порядок оформления практической работы

5.1. Название работы.

5.2. Цель работы.

5.3. Запись данных проб по участкам.

5.4. Ваши ответы и полученные результаты (по компьютеру).

5.5. Вывод (анализ полученных результатов).

Практическая работа № 14
Обучающая имитационная программа
«МАЛАЯ РЕКА-КОНСТРУКТОР»

Цель работы: добиться рационального управления природно-промышленной системой при минимальном ущербе окружающей среде. Освоить методы моделирования управлением качеством воды малой реки.

1. Общие сведения

В вашем регионе течет малая река? А какая вода в ней? Наверное, она загрязнена отходами предприятий и стоками с прибрежных полей, на которых используются удобрения и пестициды. А не планируется ли разместить на берегу реки еще какие-либо предприятия или жилые массивы? Очевидно, качество воды от этого не улучшится. Что же необходимо сделать, чтобы вода в реке стала чистой? Конечно, можно провести натурные эксперименты для определения необходимых природоохранных мероприятий. Но это дорогой путь, требующий много времени, и который может привести к необратимым последствиям. Более эффективным средством является использование модели управления качеством воды малой реки «Малая река-конструктор». Она поможет решить задачи оптимального размещения промышленных и сельскохозяйственных предприятий, жилых массивов, выбора метода очистки сточных вод, определения допустимых доз применяемых удобрений и ядохимикатов, оценки эффективности тех или иных природоохранных действий.

Программа «Малая река-конструктор» предназначена для использования в учебном процессе как одна из практических работ в курсах «Природопользование», «Основы экологии» для подготовки студентов и лиц, ответственных за контроль качества поверхностных вод малых рек. Программа предназначена для моделирования проведения экспертизы загрязнения малой реки, она способствует закреплению и развитию теоретических знаний по проведению экспертизы на водосборе малой реки.

Программа состоит из файлов, загружаемых последовательно для начала работы: «**КОЕФ_РЕК.EXE**»; «**РЕКА57.EXE**»; «**РЕКА58.EXE**».

2. Процессы, моделируемые в программе

Модель, которая реализована в программе «Малая река-конструктор», учитывает наиболее существенные факторы, влияющие на качество воды малой реки:

- содержание веществ в почве;
- дождь и талые воды;
- вынос веществ поверхностным стоком;
- защитная лесополоса;
- вспашка;
- изменение расхода воды в реке;
- качество воды;
- стоки промышленных и с/хоз. предприятий и поселков;
- донные осадения;
- очистка стоков.

В программе имеется возможность моделирования двух видов загрязнений:

- точечные стоки: стоки промышленных или сельскохозяйственных предприятий, жилых поселков;
- поверхностные стоки: стоки дождевых и талых вод, вместе с которыми в реку попадают ядохимикаты и удобрения.

Кроме того, учитывается накопление донных осадений и загрязнение воды за счет их взмыва, влияние изменения расхода воды в реке на степень разбавления стоков, увеличение выноса веществ поверхностным стоком в результате накопления веществ в почве. В качестве природоохранных мероприятий предлагается использование различных методов очистки сточных вод точечных стоков, посадки лесополос вдоль реки, осуществление различных видов вспашки. Имеется возможность менять расположение точечных стоков, добавлять или убирать их, изменять объем стока и концентрации загрязняющих веществ в них.

3. Создание базы данных веществ

На первом этапе программы проводится работа с базой характеристик веществ, для чего загружается файл «**КОЕФ_РЕК.EXE**». После его загрузки на экране монитора появится:

бпк5 і метафос і атразин і цинеб

F1 – помощь, *F2* – добавление, *F3* – удаление, *F4* – просмотр, *Esc* – выход.

В центре экрана расположено окно, где, с помощью клавиш «вверх», «вниз», можно просматривать список веществ, имеющих в базе. В нижней части экрана определены функциональные клавиши для работы с базой. *F3* – удаление вещества из базы. Для удаления необходимо клавишами «вверх», «вниз» подвести курсор к названию вещества и нажать *F3*. *F2* – добавление веществ в базу. Для добавления вещества необходимо нажать клавишу *F2* и затем ввести характеристики вещества:

Название вещества – _____ Коэффициент распада – 0.00018
1/мин.

Функция выпадения в осадок i

i 0.000010 1/мин при скорости течения – 1.0 м/мин i

i 0.000005 1/мин при скорости течения – 1.2 м/мин i

i 0.000004 1/мин при скорости течения – 1.5 м/мин i

Функция взмыва i

i 0.000000 1/мин при скорости течения – 1.5 м/мин i

i 0.000001 1/мин при скорости течения – 2.0 м/мин i

i 0.000008 1/мин при скорости течения – 3.0 м/мин i

i 0.000010 1/мин при скорости течения – 4.0 м/мин i

Коэффициент выноса из почвы – 0.0002 1/мин i

Предельно допустимая концентрация – 2.00 мг/л i

Коэффициент распада, значения функции взмыва при четырех различных скоростях течения, значения функции осаждения при трех различных скоростях течения, коэффициент выноса вещества из почвы и предельно допустимые концентрации. Определение этих характеристик производится по специальной методике. **F4** – просмотр характеристик вещества. Для просмотра необходимо курсором выбрать вещество и нажать **F4**. На экране появятся характеристики вещества. **F1** – помощь. **Esc** – выход в операционную систему.

4. Описание разделов меню файла «РЕКА57.EXE»

РЕЧНАЯ СИСТЕМА, ХАРАКТЕРИСТИКИ УЧАСТКОВ, СТОКИ, ВЕЩЕСТВА И КОНЦЕНТРАЦИИ.

F1 – помощь, **F2** – климатические условия, **Enter** – выбор.

Клавишами «вверх», «вниз» можно выбрать те характеристики модели, которые будут изменены (они будут отображаться голубым цветом). **F1** – помощь. **Esc** – выход.

F2 – настройка на климатические условия. Для задания климатических условий необходимо нажать **F2** и ввести для каждого месяца (январь–декабрь) значения средней температуры воды, интенсивность осадков, испарения, количество дней с осадками в месяце (как сказано в разделе 6.2.1).

4.1. Речная сеть

Этот раздел предназначен для создания конфигурации речной сети. На карте местности каждый участок реки отмечается номером (1, 2, 3,...). Ввод осуществляется по «тройкам» _____ (т.е. два участка реки сливаются в третий участок).

2 – Количество «троек» = (количество участков – 1) / 2.

1 – При создании речной сети сначала задается количество (3) участков речной сети. Затем по каждой «тройке» необходимо задать номер первого участка ___ и признак – является ли участок начальным (т.е. в этот участок не сливается два каких-либо других участка), номер второго и третьего участка с таким же признаком. Ввод по «тройкам» нужно осуществлять сверху вниз, т.е. надо начинать с «троек», содержащих два начальных участка и далее вниз по течению реки.

4.2. Характеристики участков

– Ввод данных об участках реки и притоках-родниках. Для каждого участка реки необходимо ввести следующие данные:

Месяц 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Расход в начале _____

Скорость течения _____

Расход в конце _____

Длина участка реки _____

Ширина участка реки _____

Левый берег Ширина водосбора ___ Правый берег Ширина водосбора ___

Уклон водосбора – ___

Уклон водосбора – ___

Проницаемость – ___

Проницаемость – ___

Пористость – ___

Пористость – ___

Почва – ___

Почва – ___

4.3. Стоки

– Ввод информации о точечных стоках. Задается количество точечных стоков на участке реки, а затем указывается расстояние от начала участка до точечного стока и его объем.

4.4. Загрязняющие вещества и концентрации

– Выбор загрязняющих веществ и их концентраций в точечных стоках.

– База веществ –

і вещество 1

і вещество 2

і вещество 3

і вещество 4

і вещество 5

– Выбранные –

і вещество 2

і вещество 5

В левом окне экрана имеется список загрязняющих веществ, содержащихся в базе. Для просмотра характеристик вещества необходимо клавишами «верх», «вниз» выбрать вещество и нажать **F4**. Появится информация о коэффициенте распада вещества, функции взмыва, функции осаждения, коэффициенте выноса загрязняющего

вещества из почвы, предельно допустимые концентрации. Для выбора вещества, моделируемого в программе, необходимо нажать **Enter**. В правом окне будут отображаться выбранные вещества (их не должно быть более десяти). После выбора веществ необходимо нажать пробел для продолжения. Ввод значений концентраций выбранных веществ в стоках, притоках-ручейках, в начале участков, содержание в почве осуществляется в ответ на запрос в нижней части экрана.

5. Описание разделов меню файла «РЕКА58.EXE»

После загрузки программы на экране появится: «Начать работу. Считать промежуточное состояние».

НАЧАТЬ РАБОТУ. Начать работу с программой или продолжить работу после считывания промежуточного состояния.

СЧИТАТЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЕ СОСТОЯНИЕ. Если была произведена запись промежуточного состояния работы с программой, то можно его считать с диска и продолжить работу.

Выбрав клавишами «вверх», «вниз» раздел «НАЧАТЬ РАБОТУ» и нажав **Enter**, входим в основное меню:

Участок - 1 Следующий Предыдущий Счет Схема / Дата /
Расположение стоков вдоль 1-го участка (отмечено флажками). **F1** – помощь. В нижней части экрана схематически отображается расположение точечных стоков вдоль участка реки.

5.1. Работа с выбранным участком

Участок - 1 – Стоки; Внесение веществ в почву; Вспашка; Лесополоса; Добавление стоков; Концентрации; Информация об участке.

5.1.1. Стоки – изменение объемов стоков, методов очистки, удаление стоков.

Расстояние – 5000 Объем стока – **0.01** Метод очистки – **без очистки**

Расстояние – 8000 Объем стока – **0.01** Метод очистки – **без очистки**

Объем стока. Для того чтобы изменить объем стока, необходимо курсором выбрать сток, нажать **Enter** и ввести новое значение объема: *Объем стока / 0.02 куб. м / мин /*

Метод очистки. Для того чтобы изменить метод очистки, необходимо подвести курсор к методу очистки выбранного стока и нажать **Enter**. Затем выбрать метод очистки:

Метод очистки

- і без очистки і*
- і механический і*
- і биологический і*
- і биол+доочистка і*

Удаление стока. Для удаления стока необходимо подвести курсор к стоку и нажать **F2**. Появится запись: «Желаете удалить сток? Да. Нет.».

Просмотр содержания загрязняющих веществ. Для просмотра содержания веществ в точечном стоке необходимо нажать **F3**: Появится запись: «Содержание веществ в стоке»:

і бпк5 – 1.0 мг/л і
і метафос – 0 мг/л і

5.1.2. Внесение веществ в почву – ввод количеств веществ, вносимых в почву:

і бпк5 – 5 кг/га і
і метафос – 0 кг/га і

Для ввода количества вещества, необходимо подвести курсор к веществу, нажать Enter и ввести _____ количество вещества, внесенного в почву по берегам участка реки, например: **10 кг/га** в текущем месяце.

5.1.3. Вспашка – выбор вида вспашки вдоль берега участка реки:

і без вспашки і
і уплотненная і
і отвальная с микролиманами і
і безотвальная і
і отвальная глубиной 22–25 см і
і глубиной 35–37 см і

Выбор вида вспашки осуществляется клавишами «вверх», «вниз» и **Enter**.

5.1.4. Лесополоса – выбор ширины лесополосы вдоль участка реки:

і нет і
і 10 метров і
і 20 метров і
і 30 метров і

Выбор ширины лесополосы осуществляется клавишами «вверх», «вниз» и **Enter**.

5.1.5. Добавление стоков – добавление точечных стоков на участке реки:

і Расстояние от начала участка до стока – 1000 м і
і Объем стока – 0,2 куб.м/мин і
і Концентрация веществ в стоке:
бпк5 – 10 мг/л і
метафос – 0 мг/л і

Необходимо ввести расстояние от начала участка до стока, объем стока и содержание загрязняющих веществ в нем.

5.1.6. Концентрации – просмотр концентраций веществ в воде участка реки:

і Участок реки - 3 - Концентрация веществ (мг/л) в 6 месяце -
 і Расстояние 2000 4000 6000 8000 10000 12000 14000 16000 і
 і *вещество 2* 1.503 1.136 0.856 0.647 0.490 0.371 0.343 0.256 і
 і *вещество 5* 0.751 0.568 0.429 0.325 0.247 0.187 0.216 0.163 і
 Концентрации веществ после дождя -
 і *вещество 2* 1.503 1.136 0.856 0.647 0.490 0.371 0.343 0.256 і
 і *вещество 5* 0.751 0.568 0.429 0.325 0.247 0.187 0.216 0.163 і

Графики концентраций. Для просмотра графиков концентраций необходимо клавишами «вверх» «вниз» выбрать вещество и нажать **F4**.

Концентрация кислорода. Концентрацию кислорода можно посмотреть только тогда, когда были вычисления органики по БПК₅. Для просмотра необходимо подвести курсор к БПК₅ нажать **F5**.

Предельно допустимые концентрации. Для просмотра ПДК веществ необходимо нажать **F6**.

5.1.7. Информация об участке – данные об участке реки:

Участок реки - 3
 і Месяц 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 і
 і Расход в начале _____ і
 і Скорость течения _____ і
 і Расход в конце _____ і
 і Длина участка реки - ___ Ширина участка реки - ___ і
 Левый берег *Ширина водосбора* ___ Правый берег *Ширина водосбора* ___
Уклон водосбора ___ *Уклон водосбора* - ___
Проницаемость ___ *Проницаемость* - ___
Пористость - ___ *Пористость* - ___
Почва - ___ *Почва* - ___

В 14000 метрах приток - ___

Следующий – переход к следующему участку реки. **Предыдущий** – переход к предыдущему участку реки. **Счет** – вычисление концентраций веществ по всем участкам реки. **Схема** – схематическое изображение участков реки.

5.2. Запись промежуточного состояния

Для записи промежуточного состояния работы с моделью необходимо, находясь в основном меню, нажать **F10**.

6. Пример работы с программой

Предположим, недалеко от нас протекает малая река. На прибрежных полях планируется выращивать сельскохозяйственные рас-

тения, разместить некоторые предприятия. Необходимо определить, к чему это приведет, какая вода будет в реке.

6.1. Выбор загрязняющих веществ

Выбираем *цинеб* и *метафос* – их концентрации будем прогнозировать при работе с программой. Проверим их наличие в базе данных о характеристиках загрязняющих веществ. Для этого необходимо загрузить файл «**КОЕФ_РЕК.EXE**»:

```

i          i бпк5          i          i
i          i метафос      i          i
i          i атразин      i          i
i          i цинеб        i          i
  
```

F1 – помощь, **F2** – добавление, **F3** – удаление, **F4** – просмотр, **Esc** – выход.

Используя клавиши «вверх», «вниз» и **F4** можем посмотреть, имеются ли в базе характеристики веществ, концентрации которых мы хотим прогнозировать. Если этих веществ нет, то мы можем дополнить базу (см. раздел 3 «Создание базы данных веществ»).

6.2. Настройка программы на выбранную реку

Для этого необходимо загрузить файл «**РЕКА57.EXE**»:

```

i          i Речная система      i          i
i          i Характеристики участков i          i
i          i Стоки                i          i
i          i Вещества и концентрации i          i
  
```

F1 – помощь, **F2** – климатические условия, **Enter** – выбор.

6.2.1. Для задания климатических условий региона, где протекает река, нажмем клавишу **F2** и введем для каждого месяца (январь–декабрь) значения средней температуры воды, количество осадков за месяц, интенсивность испарения, количество дней с осадками в месяце:

```

i Месяц  Температура воды  Осадки  Испарение  Дней с осадками
i 1      _____        _____        _____        _____        i
i 2      _____        _____        _____        _____        i
i 3      _____        _____        _____        _____        i
.....
i 12     _____        _____        _____        _____        i
Температура воды в 1 месяце = _____ i
  
```

После этого, клавишами «вверх», «вниз» выберем в меню характеристики, по которым будем производить настройку. В нашем случае требуется проводить настройку по всем характеристикам.

6.2.2. Задание речной сети

На карте каждый участок реки отметим номером (1, 2, 3). Ввод производим по «тройкам» (- два участка реки сливаются в третий). Сначала задаем количество участков речной сети. Их не может быть более 31 (Это связано с возможностями программы).

Введите количество участков (от 3 до 31) **вводим: 3.**

Затем по каждой «тройке» (в нашем случае «тройка» одна) задаем номер первого участка с признаком, является ли участок начальным (т.е. в этот участок не сливаются два каких-либо других участка), номера второго и третьего участков с таким же признаком.

Вводите: **1y2y3n:**

i номер участка->1

i является ли участок начальным ? (да-у/нет-п) = y

i номер участка->2

i является ли участок начальным ? (да-у/нет-п) = y

i номер участка->3

i является ли участок начальным ? (да-у/нет-п) = n

6.2.3. Характеристики каждого участка

После того как мы задали конфигурацию речной сети, введем характеристики каждого участка:

Ввод данных по 1-му участку реки _____ i
i Месяц 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 i
i Расход в начале _____ i
i Скорость течения _____ i
i Расход в конце _____ i
i Длина участка реки – _____ Ширина участка реки – _____ i
Левый берег *Ширина водосбора* _____ Правый берег *Ширина водосбора* _____
Уклон водосбора – _____ *Уклон водосбора* – _____
Проницаемость – _____ *Проницаемость* – _____
Пористость – _____ *Пористость* – _____
Почва – _____ *Почва* – _____

Затем вводится информация о притоках-ручейках (в данном случае это такие притоки, которые не загрязняют реку).

Притоки на 1-м участке _____ i

i В 10000 метрах приток – _____ i

i Объем притока – _____ i

6.2.4. Количество точечных стоков

Задаем информацию о количестве точечных стоков на каждом участке реки, расстоянии от начала участка до стоков и объемы стоков:

i Количество точечных стоков (участок 1) = 2 i

Ввод данных по 1-му участку _____і
 і В 15000 метрах сток – 1.00000 і
 Расстояние от начала участка до 2-го стока – ____ метров і

6.2.5. Выбор загрязняющих веществ

Выбираем загрязняющие вещества из базы веществ, представленной в левом окне экрана:

і	—База веществ—	і	—Выбранные—	і
і	і бпк5	і	і цинеб	і
і	і метафос	і	і метафос	і
і	і атразин	і		
і	і цинеб	і		

Используя клавиши «вверх», «вниз» и **Enter**, мы выбираем *бпк5* и *метафос*, которые отображаются в правом окне. Динамику концентраций этих двух веществ в воде реки можно наблюдать в дальнейшем.

Выбрав вещества, остается ввести следующие данные: концентрации веществ в точечных стоках, притоках, в начале участка (для начальных участков), содержание веществ в почве: Ввод данных по 1-му участку _____і

і	Содержание цинеб	в почве = 11.000 г/кв.м	і
і	Содержание метафос	в почве = 6.000 г/кв.м	і

6.3. Вычисление концентрации веществ

После настройки модели, мы можем вычислять концентрации выбранных нами веществ в реке. Для этого загрузим файл «**РЕКА58.EXE**».

Участок - 1 Следующий Предыдущий Счет Схема і Дата і
 Расположение стоков вдоль 1-го участка _____і (отмечено флажками).

F1 – помощь. Подведем курсор к разделу меню «**Счет**» и нажмем **Enter**. Произойдет вычисление концентраций веществ по всем участкам реки на дату, стоящую в правом верхнем углу экрана (т.е. на 1 января 1-го года моделирования). Для просмотра концентраций веществ подведем курсор к разделу «**Участок**», нажмем **Enter** и выберем раздел подменю «**Концентрации**». Нажав **Enter** мы увидим значения концентраций веществ на 1-м участке:

Участок реки - 1 _____ Концентрация веществ (мг/л) в 1 месяце:

і	Расстояние	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	і
і	цинеб	1.503	1.136	0.856	0.647	0.490	0.371	0.343	0.256	і
і	метафос	0.751	0.568	0.429	0.325	0.247	0.187	0.216	0.163	і

Если нажать **F4**, то мы увидим графики концентраций веществ. Переход от одного участка к другому осуществляется в основном меню разделами «*Следующий*», «*Предыдущий*». Если еще раз войти в раздел меню «*Счет*» и нажать **Enter**, то мы вычислим концентрации веществ на начало февраля 1-го года и т.д.

Заключение: *Посмотреть концентрации веществ в разное время года, сравнить их между собой и с предельно допустимыми, после этого сделать выводы о необходимости изменения методов очистки сточных вод точечных стоков, объема стоков, расположения стоков и т.д. (см. раздел Описание разделов меню файла РЕКА58.EXE).*

7. Порядок оформления практической работы

7.1. Название работы.

7.2. Цель работы.

7.3. Моделирование: заполнить таблицу исходных данных по участкам (см. файл «**РЕКА57.EXE**»).

7.4. Определить концентрации загрязняющих веществ в реке: записать результаты (см. файл «**РЕКА58 .EXE**»).

7.5. Вывод (анализ полученных результатов).

Практическая работа № 15

Обучающая имитационная программа «СПАСТИ ЛЕОПАРДА!»

Цель работы: поднять катастрофически снижающуюся численность дальневосточного леопарда как минимум до 100 особей или добиться того, чтобы несколько леопардиных семей стали жить на территории Уссурийского заповедника. На осуществление этой задачи вам отводится 30 лет игрового времени.

1. Общие сведения

Имитационная программа «Спасти леопарда!» разработана компанией «Никита» по заказу Всемирного фонда дикой природы России (WWF). Действие происходит на реальной карте Хабаровского края. Там, где среди таежных сопок обитает редкий и, к сожалению, вымирающий дальневосточный леопард. По оценкам экспертов, в настоящее время его численность не превышает трех десятков. И это **РЕАЛЬНЫЕ** данные. В игре вам предстоит перевоплотиться в старшего сотрудника WWF. В вашем распоряжении окажется полный спектр реальных природоохранных мероприятий. Грамотно их используя, вы сможете не только восстановить популяцию леопарда, но и расселить его на смежных территориях. Под вашим руководством будут работать восемь советников, каждый из которых является специалистом в своей области.

Далее по тексту вы можете встретить множество специфичных для деятельности WWF терминов. Таких, как: нецелевые и целевые счета, фандрейзинг, фонды, эпизоотии и др. За разъяснением обращайтесь к разделам **Помощь**, **Деятельность WWF** и разделу **Словарь «Справочник»**, войти в который вы сможете, нажав на кнопку с изображением открытой книги на правой панели инструментов или с помощью клавиши **F1** непосредственно из игры.

1.1. Описание программы

В целом жанр игры можно охарактеризовать как экологическую стратегию. Однако, как вы убедитесь позже, в нее «вкраплены» элементы и других жанров.

Действие игры переносит нас в Хасанский район – южную оконечность Дальнего Востока России. Ваша задача – успешно применять природоохранные мероприятия с целью сохранения и увеличения популяций животных. Под вашей опекой находятся: кабарга, косуля, пятнистый олень и, конечно же, дальневосточный леопард. Охраной и подкормкой копытных вам придется заниматься по той причине, что они являются кормовой базой леопарда, т.е. его пищей, а без полноценного питания оставшимся леопардам долго не продержаться. Кро-

ме этого вам придется бороться с браконьерами, пожарами, холодными зимами и падежом копытных.

Все вышеперечисленные мероприятия требуют значительных финансовых вложений, привлечением которых вам также придется заниматься совместно с борьбой за сохранение животных. Основным источником финансирования являются сторонники WWF, однако возможно привлечение дополнительных средств на отдельные мероприятия. В качестве возможных финансовых доноров в игре выступают благотворительные фонды, коммерческие организации и «семья WWF», т.е. отделения WWF в разных странах мира. Финансы также пополняются за счет взносов различных государственных фондов и деятельности центра экотуризма.

Чтобы не запутаться во всех перипетиях деятельности WWF, в игре вам будут помогать восемь советников. Каждый из них – специалист по определенному кругу вопросов. Каждого из них можно нанять или уволить в любой момент времени. Вы можете даже установить им автоматический режим работы, и тогда советник будет сам принимать решения в зависимости от текущей ситуации. Однако следует помнить, что наиболее эффективная игра возможна только на «реальном» уровне сложности, когда все решения вы принимаете самостоятельно.

Периодически советники будут предлагать вам встроенные мини-задачи: *Фотоохота*, *Рейд на катере*, *Переговоры*. Их успешное завершение поможет вам достичь более высокого рейтинга, а также приятно разнообразит игровой процесс.

2. Инструкция по работе с программой

После просмотра вводного ролика и ознакомления с *«Письмом составителей»*, вы попадаете в *«Главное меню»* программы. Отсюда вы сразу можете начать новую игру, нажав кнопку *«Начать новую»*. Здесь же вы можете посетить Интернет-сайт игры (кн. *«Игровой сайт»*). А кнопка *«Загрузить»* поможет восстановить ранее сохраненную игру.

Более подробно о функциональности *«Главного меню»* вы можете узнать в разделе *«Главное меню»*.

Итак, для того чтобы войти в игру, нажмите *«Начать новую»* и выберите уровень сложности, например: *«Легкий»*. Если все было сделано верно, перед вами возникнет основной экран игры. Справа и слева вы увидите панели инструментов, а в центре – карту Хабаровского края. Карту можно просматривать в двух масштабах. Вы можете убедиться в этом, нажав клавишу *ТАВ* или покрутив колесо мыши. Навигация по карте осуществляется либо с помощью *клавиши-стрелок*, либо с помощью курсора мыши, подведенного к краю экрана, либо

путем «перетаскивания» мышью белой рамки в окне **«Мини-карта»**. Окно «Мини-карта» вы найдете в левом верхнем углу экрана рядом с логотипом WWF.

Чтобы узнать о назначении любой кнопки на панелях инструментов, а также в любом диалоговом окне, наведите на кнопку курсор мыши, и примерно через секунду на экране возникнет всплывающая подсказка.

В большинстве диалоговых окон вы найдете кнопку с изображением вопросительного знака. Нажав на нее, вы получите краткую справку по назначению и функционированию этого окна.

2.1. Левая панель инструментов

Кроме уже знакомой «Мини-карты», на левой панели инструментов находятся (в порядке – сверху вниз) кнопки:

1. **«Стань сторонником WWF»** вызовет на экран html-страницу, где вы сможете ознакомиться с условиями и способами вступления в ряды сторонников WWF.
2. **«Специалисты по сохранению леопарда»** и **«Специалисты по привлечению финансов»** приведут вас в виртуальные офисы, где вы сможете пообщаться с советниками, а также изменить их режимы работы. Подробнее – см. раздел **«Офисы»**.
3. **«Привлечение сторонников»** вызывает всплывающее меню со списком мероприятий по привлечению в WWF сторонников. Отображает текущее число частных сторонников WWF. Подробнее – см. раздел **«Привлечение сторонников»**.
4. **«Охрана природы»** вызывает всплывающее меню со списком природоохранных мероприятий. Отображает текущее число леопардов. Подробнее – см. раздел **«Природоохранные мероприятия»**.
5. **«Привлечение финансов»** вызывает диалоговое окно со списком фондов-доноров. Отображает текущее значение нецелевого счета. Подробнее – см. раздел **«Фонды»**.
6. **«Статистика»** вызывает одноименное диалоговое окно, отображающее отчеты о состоянии финансовых счетов, численности популяций животных и т.д. Подробнее – см. раздел **«Статистика»**.
7. Индикатор **«Дата»** – отображает текущую игровую дату в виде: Год, Месяц.
8. **«Регулятор скорости игры»** – позволяет регулировать скорость игры. Имеет пять фиксированных положений. Нижнее положение – игра остановлена. Каждое последующее в порядке снизу вверх немного увеличивает скорость игры.

2.2. Правая панель инструментов

2.2.1. «Фильтры»

Предназначены для управления отображением основных слоев на карте:

- a. Леопард – отображает текущий ареал леопарда.
- b. Кабарга – отображает текущий ареал кабарги.
- c. Косуля – отображает текущий ареал косули.
- d. Пятнистый олень – отображает текущий ареал пятнистого оленя.
- e. Браконьерство – отображает плотность браконьеров в районе.
- f. Пожары – при включенном слое вы будете видеть места лесных пожаров.
- g. Географические названия – при включенном слое на карте отображаются названия деревень и городов.

2.2.2. Меню фильтров *«Действующие мероприятия»*. Отображает список дополнительных фильтров, управляющих отображением слоев и пиктограмм действующих мероприятий.

2.2.3. Кнопка *«Справочник»*. Вызывает окно справочника с мини-энциклопедией животного мира тайги, словарем специальных терминов и помощью по игре. Подробнее – см. раздел *«Справочник»*.

2.2.4. Кнопка *«Настройки»*. Вызывает диалоговое окно с настройками игры. Подробнее – см. раздел *«Настройки»*.

2.2.5. Кнопка *«Главное меню»*. Вызывает уже знакомое вам главное меню игры. Подробнее – см. раздел *«Главное меню»*.

2.3. Главное меню

Главное меню работает в одном из двух режимов. Условно их можно обозначить как *«Вне игры»* и *«В игре»*. Первый режим активируется сразу после вводного ролика, когда игра еще не начата, а второй – при вызове меню непосредственно из игры. Доступность пунктов меню в каждом из режимов обозначим так: [*Вне игры*], [*В игре*], [*Всегда*].

Главное меню содержит следующие пункты:

2.3.1. **Продолжить игру** [В игре]

Просто закрывает главное меню и позволяет продолжить приостановленную игру.

2.3.2. **Начать новую...** [Всегда]

Открывает меню *«Выберите уровень сложности»* и позволяет начать игру с самого начала. Также см. *«Уровни сложности»*.

2.3.3. **Загрузить...** [Всегда]

Открывает окно *«Загрузка игры»* и позволяет загрузить ранее сохраненную игру.

2.3.4. **Сохранить...** [В игре]

Открывает окно *«Сохранение игры»* и позволяет сохранить текущую игру.

2.3.5. Сайт игры... [Всегда]

Загружает интернет-страничку сайта игры. Требуется подключение к Интернету.

2.3.6. Авторы [Всегда]

Позволяет просмотреть список авторов игры. Чтобы прервать показ, нажмите любую клавишу.

2.3.7. Выйти из игры [Всегда]

Закрывает игру и позволяет выйти в Windows. Несохранившаяся игра при этом будет потеряна.

2.4. Уровни сложности

1. *Детский.*

2. *Легкий.*

3. *Реальный.*

Каждый из уровней не отличается от других ничем, кроме как начальными установками сумм на счетах, установками режимов работы советников и начальной численностью сторонников WWF. В *детском* режиме все сотрудники действуют самостоятельно и скорость игры максимальна. Поэтому, если вы не захотите менять скорость или режимы работы сотрудников, вам останется только реагировать на сообщения сотрудников и наблюдать за развитием сюжета.

Сохранение и загрузка программы возможны только из окон «*Сохранение игры*» и «*Загрузка игры*» соответственно. Эти окна вызываются из «*Главного меню*» игры, а также по нажатию на клавишу **F5 (F6)** непосредственно из игры. Функционально и визуально эти окна схожи. Слева расположен список ячеек для записи/сохранения. В занятых ячейках отображается краткая информация о сохраненной игре – дата и численность популяции леопарда на момент записи. Пустые ячейки идентифицируются надписью «пусто». Навигация по списку ячеек осуществляется либо *клавишами-стрелками*, либо с помощью *колеса мыши*. Запись игры возможна в любую ячейку – как в занятую (в этом случае ранее сохраненная игра будет перезаписана), так и в пустую, а загрузка – только из занятой ячейки.

2.5. Офисы

Команда из восьми специалистов разделена на два офиса. Доступ в каждый из них осуществляется путем нажатия кнопок «*Специалисты по сохранению леопарда*» или «*Специалисты по привлечению финансов*» на левой панели инструментов.

В офисе по «Сохранению леопарда» работают следующие специалисты:

1. *Специалист по леопарду.*

2. *Специалист по копытным.*

3. Специалист по борьбе с браконьерами.

4. Специалист по лесу.

В офисе по «Привлечению финансов» работают следующие специалисты:

1. Специалист по работе с государственными фондами.

2. Специалист по работе с корпорациями.

3. Специалист по работе со сторонниками.

4. Специалист по экологическому туризму.

Функционально офисы идентичны друг другу. В левом нижнем углу расположена «карточка» сотрудника, отображающая его фотографию, название должности и текущий режим работы. Каждый из сотрудников представится вам и кратко расскажет о своей деятельности, если вы нажмете мышью на его фотографию. Нажатие мышью на самого сотрудника приведет к появлению диалогового окна, содержание которого зависит от режима работы сотрудника.

Возможны следующие режимы работы:

2.5.1. Уволен

Сотрудник уволен. Фигура в офисе пропадает. Фотография на «карточке» становится черно-белой. И вам ничего не остается, кроме как заниматься его вопросами самостоятельно. Периодически один из оставшихся сотрудников предлагает нанять ранее уволенного.

2.5.2. Решать проблемы самостоятельно

Сотрудник сам выявляет наихудшие ситуации и пытается их нивелировать, проводя характерные для него мероприятия. При попытке обратиться к нему за советом всегда отвечает фразой: «Ситуация под контролем, я работаю».

2.5.3. Предлагать варианты действий

Сотрудник выявляет проблемные места и при обращении к нему за советом предлагает несколько мероприятий на выбор. Выбор предложенного варианта переносит вас в окно настройки мероприятия, где вам остается только «оплатить» предложенные действия.

2.5.4. Сообщать о возникновении проблем

При обращении к сотруднику, тот, не анализируя обстановки, предлагает весь спектр доступных ему мероприятий. При выборе предложенного варианта появляется окно настройки данного мероприятия. Выйти из офиса вы сможете, нажав курсором мыши на дверь или с помощью клавиши *Esc*.

2.6. Природоохранные мероприятия

Меню мероприятий вызывается из левой панели инструментов («*Охрана природы*») и содержит следующие пункты:

2.6.1. Антибраконьерские бригады

Позволяет создать до 10 бригад для борьбы с браконьерами.

Каждую созданную бригаду можно снарядить индивидуально или расформировать. Работающая бригада снижает уровень браконьерства в зоне своего действия пропорционально значению эффективности бригады, которая зависит от площади охваченной территории и сбалансированности снаряжения. Снаряжение стареет и для сохранения эффективности работы бригады его надо регулярно обновлять.

2.6.2. Заповедники

Позволяет создать до пяти заповедников на выбор. Работающий заповедник снижает уровень браконьерства на своей территории.

2.6.3. Просвещение населения

Позволяет в выбранных деревнях провести просветительскую работу с населением. Просвещенные деревни вносят меньший вклад в уровень браконьерства на окружающей их территории.

2.6.4. Занятость населения

Позволяет в выбранных деревнях обеспечить население работой. Деревни с занятым населением вносят меньший вклад в уровень браконьерства на окружающей их территории.

2.6.5. Восстановление оленеферм

Позволяет восстановить работу оленеферм во всех существующих деревнях. Автоматически обеспечивает население работой. Соответственно деревни с занятым населением вносят меньший вклад в уровень браконьерства на окружающей их территории.

2.6.6. Дотации для оленеферм

Позволяет в выбранных деревнях выдать денежные дотации для поддержания деятельности оленеферм. Автоматически обеспечивает население работой. Соответственно, деревни с занятым населением вносят меньший вклад в уровень браконьерства на окружающей их территории.

2.6.7. Переселение

Позволяет переселить население выбранных деревень в другие районы России. Выселенные деревни перестают негативно влиять на уровень браконьерства на окружающей их территории. Однако в выселенную, но нерекультивированную деревню население возвращается через некоторое время и браконьерство возрождается вновь.

2.6.8. Рекультивация земли

Позволяет окончательно сровнять с землей выселенную деревню, чтобы население в нее не вернулось вновь.

2.6.9. Противопожарная бригада

Позволяет создать противопожарную бригаду, базирующуюся в районе г. Владивостока. Наличие бригады гарантирует своевременное тушение лесных пожаров.

2.6.10. Противопожарная пропаганда

Позволяет расставить в лесу аншлаги (плакаты), предупрежда-

дающие об опасности пожара. Провести работу с населением о недопущении костров в лесу и т.п. Снижает вероятность возникновения лесных пожаров.

2.6.11. Противопожарные просеки

Позволяет распахать в лесу непроходимые для пожара просеки. Предотвращает распространение лесных пожаров.

2.6.12. Посевы сои

Позволяет осуществить подкормку косули и оленя во время зимы. Стимулирует копытных достигать большей плотности популяции.

2.6.13. Солонцы

Позволяет осуществить подкормку косули и оленя солью. Стимулирует рождаемость и сопротивление болезням у копытных. Позволяет достичь большей плотности популяции.

2.6.14. Зимняя подкормка оленя и косули

Позволяет осуществить подкормку косули и оленя различными кормами во время зимы. Стимулирует копытных достигать большей плотности популяции.

2.6.15. Зимняя подкормка кабарги

Позволяет осуществить подкормку кабарги во время зимы. Стимулирует копытных достигать большей плотности популяции.

2.6.16. Генетика

Позволяет построить один питомник-вольер для скрещивания диких леопардов и леопардов из зоопарка. Питомник-вольер необходим для предотвращения генетического вырождения катастрофически уменьшающейся популяции леопарда.

2.6.17. Реинтродукция

Позволяет построить питомники (не более десяти строений) для разведения леопардов и выпуска их в дикую природу.

2.7. Привлечение сторонников

Меню мероприятий по привлечению сторонников вы найдете на левой панели инструментов, нажав *«Привлечение сторонников»*. Меню содержит следующие пункты:

2.7.1. Частные сторонники

Позволяет определить число ежегодно привлекаемых частных сторонников. Для привлечения людей в WWF требуются финансовые вложения, однако их членские взносы ощутимо пополняют нецелевой счет.

2.7.2. Корпоративные сторонники

Позволяет определить число ежегодно привлекаемых корпоративных сторонников. Для привлечения компаний в клуб WWF требуются финансовые вложения, однако их членские взносы пополняют нецелевой счет.

2.7.3. Центр экотуризма

Позволяет создать центр экологического туризма. Будучи достаточно дорогим мероприятием, уже через несколько лет после постройки центр начинает приносить прибыль за счет посещения его туристами.

2.8. Фонды

Окно «*Источники финансирования*» вызывается путем нажатия на кнопку «*Привлечение финансов - \$*», расположенную на левой панели инструментов. Окно содержит список возможных доноров и средства, необходимые для обращения к ним за финансированием. Выберите целевой счет, который необходимо пополнить, введите желаемую сумму и оплатите запрос. Через некоторое время донор начнет выплаты на указанный счет, хотя с некоторой вероятностью может и отказать. Поэтому выбирайте доноров с наибольшей вероятностью финансирования выбранного целевого счета. Вероятность отображается в виде индикаторной полоски прямо под названием фонда. Чем длиннее полоска, тем выше вероятность.

Более подробную информацию вы найдете в игровой помощи, нажав на кнопку со знаком вопроса в диалоговом окне.

2.9. Статистика

Окно «*Статистика*» вызывается путем нажатия на круглую кнопку «*Статистика*», расположенную на левой панели инструментов (прямо под лапой леопарда). Окно содержит несколько закладок, на каждой из которых сгруппирована различная статистическая игровая информация: графики, суммы, численности популяций и др.

Более подробную информацию вы найдете в игровой помощи, нажав на кнопку со знаком вопроса в диалоговом окне.

2.10. Справочник

Справочник вызывается из правой панели инструментов («*Справочник*»), а также по нажатию на клавишу *F1* непосредственно из игры. Он содержит следующие разделы:

2.10.1. Животный мир Уссурийской тайги

2.10.2. Деятельность WWF

2.10.3. Словарь

2.10.4. Игровая помощь

В каждом разделе имеется оглавление (список слева) и текст (справа), объясняющий выбранный пункт оглавления. Навигация по оглавлению осуществляется либо *клавишами-стрелками*, либо с помощью колеса мыши. В разделе «*Животный мир*» текст сопровождается одним или более изображениями. Возможно увеличение изображения.

3. Настройки

Окно вызывается из правой панели инструментов (кн. «Настройки») и содержит следующие элементы управления настройками игры:

3.1. Регулятор «Громкость звука»

Позволяет плавно изменять громкость игровых звуков.

3.2. Переключатель «Безопасный курсор для Voodoo»

Включите, если движущийся курсор мыши портит содержимое экрана игры и оставляет «грязь».

3.3. Переключатель «Плавная навигация по карте»

Включите, чтобы получить плавное изменение положения окна видимости при навигации по мини-карте.

3.4. Переключатель «Плавная заливка слоев»

Включите, чтобы получить более равномерную заливку слоев популяций. Требуется дополнительной мощности процессора.

3.5. Горячие клавиши

Esc – Главное меню

F1 – Справочник

F5 – Запись игры

F6 – Восстановление игры

+ – Увеличение скорости игры

- – Уменьшение скорости игры

* – Изменение скорости игры: макс. \ останов.

4. Порядок оформления практической работы

4.1. Название работы.

4.2. Цель работы.

4.3. Исходные данные

4.4. Полученные результаты (по компьютеру).

4.5. Вывод (анализ полученных результатов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перечень типовых учебных программ по сост. на 12.06.07 / сост. С.М. Артемьева и др./ Основы экологии. Рег. № ТД-191/ – Мн.: ГУО «РИВШ», 2007. – С. 142.
2. ТКП-17.08-03-2006. Охрана окружающей среды и природопользование. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах. – Мн., 2006. – 18 с.
3. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 68 с.
4. Методика расчета приземных концентраций разных периодов осреднения: сб. норм. док. по вопросам охраны окружающей среды / сост. И.В. Войтов, Р.К. Кожевникова. – Вып. 30. – Мн.: ОДО «Лоранж-2», 2001. – С. 35–60.
5. ГН 2.1.5.10-21-2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Утв. постановлением Главного гос. санитарного врача Республики Беларусь от 12 декабря 2003.
6. ОНД-1-84 Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям. – М.: Госкомгидромет, 1984. – 22 с.
7. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при неконтролируемом горении нефти и нефтепродуктов: сб. норм. док. по вопросам охраны окружающей среды / сост. И.В. Войтов, Р.К. Кожевникова. – Вып. 27. – Мн.: ОДО «Лоранж-2», 2001. – С. 143–153.
8. Литвенкова И.А. Экология городской среды с основами промышленной экологии: учебно-методический комплекс / И.А. Литвенкова. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2007. – 126 с.
9. МГСН 2.04-97. Московские городские строительные нормы «Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях». – Режим доступа: <http://www.skonline.ru/doc/9892.html>
10. Инструкция о порядке исчисления и уплаты налога за использование природных ресурсов (экологического налога) / Сб. норм. док. по вопросам охраны окружающей среды / сост. Р.К. Кожевникова. – Вып. 53. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2005. – С. 73–118.
11. О ставках налога за использование природных ресурсов (экологического налога). Пос. См РБ от 01.02.2005 г., № 118 // Сб. норм. док. по вопросам охраны окружающей среды / сост. Р.К. Кожевникова. – Вып. 50. – Мн.: БелНИЦ «Экология», 2005. – С. 17–31.
12. Методика 0212.4.-97. Временная методика определения размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>; <http://www.pravoby.info/index.htm>

Репозиторий ВГУ