

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Геотехника и строительная механика»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие

для студентов специальностей

1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,

1-70 03 01 «Автомобильные дороги»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области строительства и архитектуры*

Минск
БНТУ
2024

УДК 502/504(075.8)

ББК 20.1я7

О-75

А в т о р ы:

*Т. М. Уласик, И. А. Бусел, В. Г. Мякота,
А. М. Бубнова, Л. Ю. Медведев*

Р е ц е н з е н т ы:

ведущий научный сотрудник РУП «Институт БелНИИС»
Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь,
канд. техн. наук, доцент *В. Н. Кравцов*;
кафедра строительных конструкций Полоцкого государственного
университета им. Евфросинии Полоцкой
(зав. кафедрой, канд. техн. наук *А. Н. Хаткевич*,
канд. техн. наук, доцент *А. П. Кремнёв*)

О-75 **Основы** экологии : учебно-методическое пособие для студентов
специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строитель-
ство», 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Т. М. Уласик [и др.]. –
Минск : БНТУ, 2024. – 77 с.
ISBN 978-985-583-952-2.

С целью выработки у будущих инженеров-строителей навыков оценки качества среды обитания и установления допустимых антропогенных нагрузок на практических занятиях предусмотрено решение ряда конкретных экологических задач.

В первой главе изучаются особенности привноса в атмосферу (главный геохимический цикл) примесей и их влияние через комплексный показатель ИЗА. Вторая глава посвящена вопросу регулирования концентрации вредных веществ в атмосфере путем их рассеивания в приземной тропосфере. Фактические воздействия шума транспортных потоков и меры защиты от них являются предметом изучения в третьей главе. В четвертой главе рассматривается одна из актуальных проблем современных городских агломераций – обращение с твердыми бытовыми отходами (ТБО), т. е. их складирование и эксплуатация, включая сбор и использование биогаза и фильтрата. Пятая глава посвящена детальному изучению природных ресурсов и их современному использованию. Шестая глава позволяет оценить степень загрязнения придорожных полос автомобильных дорог. В седьмой главе изучается частота колебаний и выраженность биоэнергетического поля организма, что характеризует состояние здоровья и возможности человека.

УДК 502/504(075.8)

ББК 20.1я7

ISBN 978-985-583-952-2

© Белорусский национальный
технический университет, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

1. ДИНАМИКА И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ	6
1.1. Общие сведения о приземном слое воздуха	6
1.1.1. Термины и определения	6
1.1.2. Приземная часть атмосферного бассейна	6
1.1.3. Воздействие атмосферных токсикантов на человека	8
1.2. Исходные данные	9
1.3. Задание	10
Литература по теме	10
2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ	11
2.1. Термины и определения	11
2.2. Формирование концентраций загрязняющих веществ	11
2.3. Определение значения величины предельно допустимого выброса	14
2.4. Задание	14
3. ШУМОВОЙ РЕЖИМ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ, ТЕРРИТОРИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ	15
3.1. Общие сведения о шуме	15
3.1.1. Термины и определения	15
3.1.2. Источники и нормирование шума	16
3.1.3. Принципы защиты застройки от шума	18
3.1.4. Оценка шумового режима	18
3.2. Натурное обследование территории	19
3.3. Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью	21
3.3.1. Графический расчет	21
3.3.2. Аналитический расчет	22
3.3.3. Расчет эквивалентного уровня шума, создаваемого трамваями	22
3.3.4. Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью	23
3.4. Расчет суммарного (эквивалентного) уровня звука на территории жилой застройки	23
3.5. Шумовой режим помещений	25

3.6. Задание	27
Литература по теме.....	27
4. ПОЛИГОНЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	28
4.1. Общие сведения	28
4.1.1. Термины и определения.....	28
4.1.2. Обращение с отходами.....	28
4.1.3. Рисайклинг как система сбора и переработки твердых бытовых отходов	29
4.1.4. Устройство и возведение полигона захоронения твердых бытовых отходов	30
4.2. Расчетная часть	32
4.2.1. Расчет вместимости полигона и объема отходов	32
4.2.2. Расчет выделяющегося биогаза.....	34
4.2.3. Сточные воды полигона.....	36
4.3. Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона твердых бытовых отходов.....	37
4.3.1. Мониторинг выбросов	37
4.3.2. Отвод биогаза.....	38
4.3.3. Сбор и обезвреживание фильтрата	38
4.3.4. Рекультивация полигонов	39
4.4. Задание	39
Литература по теме.....	39
5. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ	41
5.1. Общие сведения	41
5.2. Задание и методические рекомендации	46
6. РАСЧЕТ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ В 20 М ОТ АВТОМАГИСТРАЛИ С ИНТЕНСИВНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА.....	47
6.1. Основные теоретические сведения	47
6.1.1. Влияние развития промышленности, энергетики и транспорта на окружающую среду	47
6.1.2. Меры защиты от вредного воздействия ядовитых веществ ...	50
6.2. Расчетная часть	51
Контрольные вопросы.....	57
Литература по теме.....	58

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗ ФИЗИЧЕСКОГО, ЭМОЦИОНАЛЬНОГО И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИКЛОВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПАСНЫХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА	59
7.1. Основные теоретические сведения	59
7.2. Расчетная часть	62
Литература по теме.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Среднегодовые концентрации ЗВ в атмосфере городов Беларуси (мг/м ³)	65
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Перечень веществ, обладающих эффектом суммации	73
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Источники загрязнения воздуха	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Параметры выброса нагретой газовой смеси	75
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Баллы шкалы Бофорта и действие ветра	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Варианты заданий для проектирования полигона ТБО.....	77

1. ДИНАМИКА И ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА БЕЛАРУСИ

1.1. Общие сведения о приземном слое воздуха

1.1.1. Термины и определения

$ПДК_{СС}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющих веществ (ЗВ), практически не влияющая отрицательно на живые организмы.

$ПДК_{МР}$ – предельно допустимая максимальная разовая (не более 20 мин) концентрация.

$ССК$ – среднесуточная концентрация вещества.

Среднегодовая концентрация (СГК) – содержание примеси, определяемое как среднее значение из $ССК$, измеренных по полной программе контроля не менее чем за 200 суток.

Эффект суммации (ЭС) – усиление вредного воздействия ЗВ, обладающих однонаправленным действием.

Эффект потенционирования (ЭП) – ослабление вредного воздействия ЗВ в определенном их сочетании.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – интегральный количественный показатель содержания в воздухе ЗВ с учетом их концентрации и класса опасности.

Мониторинг – система наблюдений, контроля и управления за состоянием ОС для предупреждения о возможных нежелательных и критических ситуациях, вредных и опасных для людей и других живых существ.

Уровень загрязнения (УЗ) – соотношение фактической концентрации ЗВ с $ПДК_{СС}$.

1.1.2. Приземная часть атмосферного бассейна

Чистый и сухой воздух на уровне моря представляет собой механическую смесь нескольких газов: азот – 78,08 %, кислород – 20,95 %, аргон – 0,93 %, углекислый газ – 0,03 %. На долю остальных газов – неона, гелия, метана, криптона, ксенона, водорода, йода, угарного газа и оксидов азота – приходится менее 0,1 %.

Загрязнение атмосферы – изменение газового состава атмосферы в результате привноса в нее примесей. Выделяют загрязнение воздуха антропогенное, обусловленное выбросами от различных отраслей хозяйственной деятельности человека, и естественное, вызванное природными процессами.

Наиболее распространенными примесями в атмосфере являются: твердые частицы (сажа, копоть и т. д.), сернистый газ (SO_2), окись углерода (CO), окислы азота (NO), в последние годы – формальдегид (НСНО). Сернистый газ поступает в атмосферу главным образом при сжигании твердого и жидкого топлива, содержащих серу (каменный уголь, мазут), а окислы азота – при сжигании топлива при высоких температурах в транспортных двигателях, на тепловых электростанциях и некоторых промышленных объектах. Сжигание органического топлива приводит к поступлению в атмосферу окислов углерода (CO_2 и CO). Наличие формальдегида в атмосфере обусловлено выбросами автотранспортных средств в сочетании с высокой интенсивностью солнечной радиации.

Основными источниками выбросов ЗВ в атмосферу на территории РБ являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленность. На долю передвижных источников загрязнения атмосферы приходится более 70 %. Крупнейшими стационарными источниками загрязнения воздуха на территории Беларуси являются: Новополоцкое ПО «Нафтан», Мозырьский НПЗ, Новолукомльская ГРЭС, ПО «Беларуськалий», Гродненское ПО «Азот», Минская ТЭЦ-4, Мозырьская ТЭЦ, Минский тракторный завод, Минская станция аэрации, Белорусский цементный завод.

Постоянный мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 19 городах республики. В этих городах размещены стационарные станции, на которых 3–4 раза в сутки проводится наблюдение за 24 видами ЗВ. Основной объем наблюдений относится к веществам, имеющим повсеместное распространение (твердые частицы, диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота). В ряде городов проводится контроль специфических ЗВ, которые присутствуют в выбросах предприятий. Во всех промышленных центрах определяется содержание формальдегида.

Величина ПДК зависит от степени токсичности вещества, характеризующейся классом опасности. В зависимости от степени воз-

действия на организм человека все нормируемые вещества подразделяются на четыре класса опасности:

– 1-й класс – чрезвычайно опасные, значение ПДК_{МР} которых в воздухе рабочей зоны не должно превышать 0,01 мг/м³;

– 2-й класс – высокоопасные со значением ПДК_{МР} от 0,01 до 0,1 мг/м³;

– 3-й класс – умеренно опасные со значением ПДК_{МР} от 0,1 мг/м³ до 1 мг/м³;

– 4-й класс – малоопасные со значением ПДК_{МР} больше 1 мг/м³.

Гигиеническая оценка загрязнения воздуха выполняется по численному значению величины ИЗА. Этот безразмерный показатель определяется как сумма СГК для пяти веществ, имеющих наибольший для каждого конкретного места уровень и приведенных к классу опасности для человека сернистого газа (SO₂). Значение ИЗА рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^5 (c_{сг_i} / \text{ПДК}_{\text{СС}_i}) \gamma_i,$$

где $c_{сг_i}$ – среднегодовая концентрация i -й примеси, мг/м³;

ПДК_{СС_{*i*}} – среднесуточная ПДК для i -й примеси, мг/м³;

γ_i – коэффициент, соответствующий классу опасности вещества, принимаемый равным 1,7 для 1-го класса; 1,3 – для 2-го класса; 1 – для 3-го класса; 0,85 – для 4-го класса.

Уровень загрязнения классифицируется согласно существующим методикам и оценивается как:

- низкий (ИЗА < 5);
- повышенный (5 ≤ ИЗА < 7);
- высокий (7 ≤ ИЗА ≤ 14);
- очень высокий (ИЗА > 14).

1.1.3. Воздействие атмосферных токсикантов на человека

Чаще всего вредное влияние происходит через органы дыхания. За одни сутки в организм человека попадает 6–12 м³ воздуха (0,5–2 литра за один вдох).

Оксид углерода CO. Сродство гемоглобина крови к нему в 300 раз больше, чем к кислороду, что препятствует переносу кислорода и приводит к кислородному голоданию организма. При отравлении через 2–3 часа появляется головная боль, ощущение пульса в висках, головокружение. Воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает удушье.

Оксиды азота NO_x – бесцветные, не имеющие запаха ядовитые газы. В городах, взаимодействуя с углеводородами выхлопных газов, они образуют фотохимический смог. Отравляющее действие начинается с кашля, затем кашель усиливается, появляется рвота, иногда головная боль. При контакте с влажной поверхностью слизистой оболочки оксиды азота образуют кислоты HNO₃ и HNO₂, которые приводят к отеку легких.

Диоксид серы SO₂ – бесцветный газ с острым запахом, создает неприятный вкус во рту, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательные пути.

Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др.) обладают наркотическим действием, в малых концентрациях вызывают головную боль, головокружение и т. п.

Дисульфид углерода CS₂ является ядом нервного действия, вызывает психическое расстройство, наркотическую потерю сознания.

Хлор Cl₂ наносит урон органам зрения и дыхания.

Фториды вымывают кальций из костей, отрицательно влияют на дыхательные пути.

1.2. Исходные данные

1. Среднегодовые концентрации ЗВ в атмосфере городов Беларуси: справочно-статистические материалы по состоянию окружающей среды и природоохранной деятельности в Республике Беларусь (см. прил. 1).

2. Сведения о ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе. Извлечения из списка Минздрава СССР от 27.08.84 № 3086-84 (см. прил. 2).

3. Перечень веществ, обладающих эффектом суммации (см. прил. 3).

4. Источники загрязнения воздуха (см. прил. 4).

1.3. Задание

1. Изучить термины и определения.
2. Привести примеры отрицательных влияний ЗВ на человека.
3. Рассчитать среднегодовые уровни загрязнения атмосферы по одному из городов Беларуси (прил. 1 и 2).
4. Построить графики колебания уровней загрязнения для каждого из контролируемых веществ.
5. Выявить варианты сочетаний веществ, обладающих эффектом суммации (прил. 3) и рассчитать соответствующие УЗ.
6. Рассчитать значение величин ИЗА по годам и представить в виде графика.
7. Выявить возможные источники каждого из ЗВ (прил. 4).
8. Сделать заключение по атмосферной ситуации города.

Литература по теме

1. Челноков, А. А. Основы промышленной экологии : учебное пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. – Минск : Высшэйшая школа, 2001. – 343 с.
2. Стадницкий, Г. В. Экология : учебное пособие для вузов / Г. В. Стадницкий, А. И. Радионов. – СПб. : Химия, 1996. – 240 с.
3. Состояние природной среды Беларуси : экологический бюллетень 2003 г. – Минск : РУП «Минсктиппроект», 2003. – 232 с.

2. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ

2.1. Термины и определения

$ПДК_{MP}$, $ПДК_{CC}$, $ЗВ$, $ОС$, $УЗ$ – см. п. 1.1.1.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – научно-технический норматив, устанавливаемый из условия, что содержание ЗВ в приземном слое воздуха (на высоте 1,5–2 м от поверхности земли) от рассматриваемого источника не превысит ПДК для населения, животных и растений.

2.2. Формирование концентраций загрязняющих веществ

При проектировании новых и реконструкции действующих промышленных предприятий необходимо заранее рассчитать ожидаемое количество и состав выбросов. На базе выполненных расчетов следует прогнозировать вероятный уровень загрязнения атмосферного воздуха и разрабатывать возможные природоохранные мероприятия. Ожидаемое количество выбросов определяют расчетным путем по укрупненным удельным показателям.

Разработка и внедрение ПДВ на практике способствует ограничению попадания вредных веществ в атмосферу.

На рассеивание ЗВ в атмосфере влияют:

- направление ветра;
- скорость ветра;
- температура атмосферного воздуха;
- температурная стратификация атмосферы.

Приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от:

- состава образующейся пылегазовоздушной смеси;
- параметров источника выброса;
- интенсивности выброса;
- температуры выброса;
- эффективности пылеулавливания;
- аэродинамических условий.

Максимальную концентрацию ЗВ в приземном слое C_{max} от одиночного точечного источника выброса круглого сечения рассчитывают по формуле:

$$C_{\max} = \frac{AMF\eta mn}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (2.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации в атмосфере и характеризующий условия перемешивания примесей (для Беларуси $A = 140$);

M – интенсивность выброса, мг/с;

H – высота источника выброса, м;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц из атмосферы ($F = 1$ для газообразных веществ; $F = 2$ для минеральных частиц при степени очистки более 90 %; $F = 2,5$ – то же при степени очистки от 75 до 90 %; $F = 3$ – то же при степени очистки менее 75 %);

η – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей ($\eta = 1$ для ровных поверхностей, $\eta < 1$ для местности с препятствиями);

n – коэффициент, учитывающий скорость ветра U_m' (см. прил. 5, 6):

$$\text{при } U_m > 2 \text{ м/с} \quad n = 1;$$

$$\text{при } 0,5 < U_m \leq 2 \text{ м/с} \quad n = 0,532U_m^2 - 2,13U_m + 3,13;$$

$$\text{при } U_m \leq 0,5 \text{ м/с} \quad n = 4,4 U_m;$$

ΔT – разность температур нагретой смеси и атмосферного воздуха, °С;

V_1 – объем выбрасываемой нагретой смеси газов:

$$V_1 = \frac{\pi D^2 U_0}{4}, \text{ м}^3/\text{с};$$

m – коэффициент, учитывающий условия выхода нагретой смеси газов:

$$m = \left(0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}\right)^{-1},$$

$$f = 1000 \cdot \frac{U_0^2 D}{H^2 \Delta T},$$

где U_0 – скорость выхода нагретой смеси газов, м/с;

D – диаметр сечения источника выброса, м.

Максимальное расстояние X_{\max} от точечного источника выброса до точки с C_{\max} рассчитывается по формуле:

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} dH, \text{ м},$$

где d – безразмерный эмпирический коэффициент влияния скорости ветра, который определяется в зависимости от параметра U_m :

$$\text{при } U_m \leq 0,5 \text{ м/с} \quad d = 2,48U_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

$$\text{при } 0,5 < U_m < 2 \text{ м/с} \quad d = 4,95U_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

$$\text{при } U_m > 2 \text{ м/с} \quad d = 7\sqrt{U_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}).$$

Опасность отсутствует, если на расстоянии X_{\max} соблюдается условие непревышения уровня загрязнения:

$$УЗ = \frac{C_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{МР}}} \leq 1,$$

$$\text{ПДК}_{\text{МР}}^{\text{SO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3,$$

$$\text{ПДК}_{\text{МР}}^{\text{NO}_x} = 0,085 \text{ мг/м}^3,$$

$$\text{ПДК}_{\text{МР}}^{\text{зола}} \leq 0,5 \text{ мг/м}^3.$$

При оценке опасности загрязнения атмосферы оксидами SO_2 и NO_x следует учитывать однонаправленное действие этих веществ (так называемый «эффект суммации»), т. е.

$$УЗ = \frac{C_{\max \text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\max \text{NO}_x}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_x}} \leq 1.$$

В случае превышения норм ($УЗ > 1$) следует по формуле (2.1) считать ПДВ, при котором не будет превышения уровня загрязнения.

2.3. Определение значения величины предельно допустимого выброса

Расчет ПДВ для данного вида вещества базируется на определении значения мощности выброса M_B при $C_{\max} = \text{ПДК}_{\text{МР}}$:

$$M_B = \frac{C_{\max} H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFm\eta}, \text{ мг/с.}$$

При окончательном расчете ПДВ необходимо учесть фоновую концентрацию веществ C_ϕ и эффект суммации:

$$\text{ПДВ} = \frac{(C_{\max} - C_\phi) H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{AFm\eta}, \text{ мг/с,}$$

где $C_{\phi, \text{SO}_2} = 0,001 \text{ мг/м}^3$; $C_{\phi, \text{NO}_x} = 0,015 \text{ мг/м}^3$; $C_{\phi, \text{зола}} = 0,018 \text{ мг/м}^3$.

2.4. Задание

1. По одному из вариантов прил. 1 рассчитать значения величин C_{\max} и X_{\max} .
2. Оценить уровень загрязнения приземного слоя воздуха для каждого из веществ.
3. Определить допускаемую мощность выброса M_B .
4. Результат расчетов представить в табличной форме.

Вещество	C_{\max} , мг/м ³	X_{\max} , м	УЗ	ПДВ, мг/с
Окислы серы				
Окислы азота				
Зола				

3. ШУМОВОЙ РЕЖИМ ТРАНСПОРТНОЙ МАГИСТРАЛИ, ТЕРРИТОРИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ

3.1. Общие сведения о шуме

3.1.1. Термины и определения

Звук – распространяющиеся в упругой среде и воспринимающиеся слухом (ухом) возмущения в виде колебаний и волн (в воздухе – воздушный шум, в жидкости или твердом теле – структурный звук).

Порог слышимости p_0 – воспринимаемое незащищенным человеческим ухом давление (человеческое ухо слышит звук на частоте 1 кГц в динамическом диапазоне от $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па до $p = 20$ Па).

Полное давление p_i – создавшееся в реальных условиях в рассматриваемой области давление (скалярная величина, зависящая от времени t и координаты r).

Звуковое давление p – это переменное изменение статического давления воздуха, измеряемое в паскалях (1 Па = 1 Н/м²):

$$p = p_i - p_0.$$

Звуковой луч – направление распространения звуковой волны.

Фронт волны – геометрическое место точек, в которых фаза колебаний имеет одно и то же значение.

Звуковое поле – область пространства, в которой распространяются звуковые волны.

Частота колебаний f – величина, обратная периоду колебаний, измеряемая в герцах:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}, \text{ Гц,}$$

где ω – круговая частота, рад/с.

Резонанс – явление, при котором имеет место совпадение частот колебаний вынужденных f и свободных f_0 .

Затухающие колебания – свободные колебания с убывающей (затухающей) энергией.

Инфразвук – колебания или волны, частота которых меньше воспринимаемой ухом человека (менее 16 Гц).

Ультразвук – колебания или волны, частота которых больше воспринимаемой ухом человека (более 20 кГц).

Шум – звук, нарушающий тишину, постоянно присутствующий или мешающий слуховому восприятию, приводящий к напряженности или нарушению здоровья (нежелательный, неприятный).

Шум окружающей среды – звук, который обычен для определенного места (цех, квартира, улица).

Уровень звукового давления (УЗД) L – параметр практической оценки шума:

$$L = 10 \lg(p_i^2 / p_0^2) = 20 \lg(p_i / p_0), \text{ дБ.}$$

Уровень звуковой мощности (УЗМ) L_p – параметр практической оценки звука:

$$L_p = 10 \lg(N_i / N_0), \text{ дБ,}$$

где N_i – звуковая мощность источника, принимаемая по паспортным данным, Вт;

N_0 – пороговая звуковая мощность, $N_0 = 2 \cdot 10^{-12}$ Вт.

Уровень звука L_A , дБА – общий уровень непостоянного во времени звукового давления (определяется шумомером на кривой частотной коррекции A).

Суммарный (эквивалентный) уровень звука $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$, дБА – уровень стабильного широкополосного неимпульсного шума.

3.1.2. Источники и нормирование шума

Цель гигиенического нормирования – профилактика возможных функциональных расстройств и заболеваний, развития чрезмерного утомления и снижения трудоспособности населения. Степень шумозащищенности определяется нормами допустимого шума для территории или помещения данного значения.

Нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках следует считать уровни звукового давления L в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Нормируемыми параметрами колеблющегося во времени шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звука $L_{Aэкв}$ в дБА.

Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{ЭКВ}$ в дБ в тех же октавных полосах, что и для L .

Допустимые значения величин L и $L_{ЭКВ}$ в октавных полосах частот в зависимости от вида помещений и территорий находятся в пределах 13–79 дБ, а L_A и $L_{Aэкв}$ – в пределах 25–60 дБА (55 дБА для жилой застройки) и принимаются в соответствии с таблицей 1 СНиП II-12-77 «Защита от шума».

Октавные уровни величины L в дБ в расчетных точках, если источник расположен на территории застройки, следует определять по формуле:

$$L = L_p - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega, \text{ дБ},$$

где r – расстояние от источника шума до расчетной точки, м;

Φ – фактор направленности источника шума ($\Phi = 1$ при равномерном излучении звука);

β_a – затухание звука в атмосфере:

Частоты октавных полос	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
β_a , дБ/км	0	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Ω – пространственный угол излучения звука; $\Omega = 4\pi$ в пространстве; $\Omega = 2\pi$ на поверхности территории или ограждающих конструкций зданий и сооружений.

3.1.3. Принципы защиты застройки от шума

К комплексу градостроительных мероприятий строительно-акустических средств снижения шума относятся:

- зонирование территорий;
- экранирование;
- зеленые насаждения;
- шумозащитные окна;
- шумозащитные здания.

Функциональное зонирование заключается в отделении жилых, лечебных и рекреационных районов от промышленных и коммунально-складских, а также транспортных коммуникаций. Это достигается обеспечением:

- соблюдения минимальных расстояний между границами зон;
- временем действия определенных уровней звука (в ночное и дневное время);
- различных допускаемых уровней звука.

Шумозащитные здания (выделяют два типа):

- дома со специальной объемно-планировочной структурой и объемно-пространственными решениями (не более одной комнаты со стороны улицы);
- окна и балконные двери имеют повышенную звукоизоляцию и снабжены специальными вентиляционными устройствами, совмещенными с глушителями шума.

Комплекс вышеупомянутых мероприятий реализуется экологической архитектурой, охватывающей направления:

- ландшафтное;
- эстетическое;
- выделение зон (жилых, рекреационных, санитарно-защитных, промышленных, внешнего транзита, коммунально-складских).

3.1.4. Оценка шумового режима

Шумовой фон районов застройки формирует, главным образом, городской транспорт. Шумы оценивают параметрами $L_{Aэкв}$. Величину этого показателя измеряют шумомерами и фильтрами. Однако такие замеры отражают состояние на момент измерений, а не стабильное значение уровня звука $L_{Aэкв}$. Для определения значения

величины $L_{ДЭКВ}$ проводят натурное обследование транспортной магистрали и территории, включающее в себя параметры:

- размеры проходящих потоков;
- скорость автомобильного потока;
- расстояние от автодороги до конструкций зданий и сооружений;
- наличие экранирующих устройств (забор, киоск, строение, земляной вал, вертикальные щиты и др.) и их параметры;
- ширина улицы между фасадами зданий;
- вид покрытия проезжей части;
- наличие уклона дороги.

3.2. Натурное обследование территории

На обочине транспортной магистрали располагаются наблюдатели, которые фиксируют параметры движения в «часы пик». Результаты полученных данных сводят в форму таблиц.

Схема движения в изучаемом узле

Место обследования _____
адрес

Ситуация при обследовании _____
дата, время суток, погода

Учетчик _____
Ф.И.О., группа

Таблица 3.1

Схема движения

Интервалы времени обследования	Размеры проходящих потоков			
	Автомобили		Автобусы	Троллейбусы
	легковые	грузовые		

По данным табл. 3.1 устанавливают плотность потока N – количество единиц в час (интенсивность движения) и P – процент содержания в потоке грузового и общественного транспорта.

По данным табл. 3.2 устанавливают значение величины средне-
взвешенной скорости V в км/ч.

Таблица 3.2

Скорости автомобильного потока

Расстояние	Время, с	Вид транспорта	Скорость, км/ч
		троллейбус	
		автобус	
		автомобиль легковой	
		автомобиль грузовой	

Вид покрытия проезжей части

_____ (асфальтобетон, цементобетон, гравий, песок, связный грунт)

Расстояния от автомагистрали до фасадной стороны здания, м

Всего _____

в том числе: асфальтовое покрытие _____

газон _____

зеленые насаждения _____

открытый грунт _____

Экранирующие элементы и их расположение

(h – высота, м; a – расстояние от РТ; b – расстояние до фасада здания, м)

Забор _____

Киоск _____

Строение _____

Земляной вал _____

Вертикальные щиты _____

Ширина улицы между фасадами зданий, м

Наличие уклона дороги (%)

3.3. Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью

3.3.1. Графический расчет

На практике используют графоаналитический метод расчета уровня звука (специальная номограмма ЦНИИП градостроительства). По натурному обследованию территории и потоков транспорта прилегающей магистрали выявляют исходные данные N , P и V (см. п. 3.2).

Эквивалентные уровни звука в рассматриваемой точке (РТ) определяют по номограмме, приведенной на рис. 3.1.

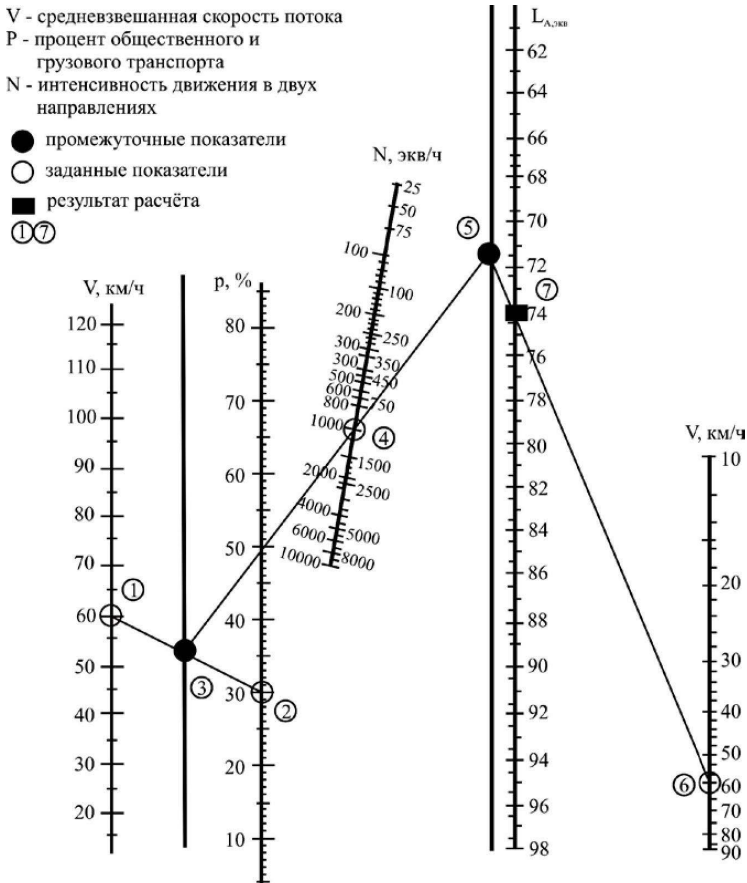


Рис. 3.1. Номограмма для определения $L_{A,экв}$ в РТ

В номограмме величина $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$ поставлена в зависимости от сочетания парных значений. Вначале от скорости движения V , км/ч, и процента содержания в потоке грузового и общественного транспорта P , % (см. шкалы в левой части рисунка), а затем от плотности потока N и его скорости V (правая часть графика).

3.3.2. Аналитический расчет

Значение величины $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$ в РТ рассчитывают по формуле:

$$L_{A_{\text{ЭКВ}}} = 10 \lg N + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + P) + \Delta L_{A_1} + \Delta L_{A_2} + 15, \text{ дБА},$$

где ΔL_{A_1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A_1} = 0$, при цементобетонном – 3 дБА);

ΔL_{A_2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги:

Продольный уклон дороги или улицы, %	Значения ΔL_{A_2} при доле средств грузового и общественного транспортного потока, %				
	0	5	20	40	100
2	0,5	1	1	1,5	1,5
4	1	1,5	2,5	2,5	3
6	1	2,5	3,5	4	5
8	1,5	3,5	4,5	5,5	6,5
10	2	4,5	6	7	8

3.3.3. Расчет эквивалентного уровня шума, создаваемого трамваями

Натурное обследование территории выполняется согласно п. 3.2. Эквивалентный уровень $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$ определяется по формуле:

$$L_{A_{\text{экв.тр}}} = 10 \lg N + \Delta L_{A_3} + 51, \text{ дБА},$$

где N – интенсивность движения трамваев, пар/ч;

ΔL_{A_3} – поправка, учитывающая влияние основания пути:

Основание пути	ΔL_{A_3} , дБА
Шпально-песчаное	0
Шпально-щебеночное	+4
Шпально-щебеночное на монолитной плите	+1
Монолитно-бетонное	+10

3.3.4. Расчет уровня шума, создаваемого транспортной магистралью

Расчет эквивалентного уровня шума от всех видов транспорта в РТ выполняется по формуле:

$$L_{A_{\text{экв}}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{A_i \text{ экв}}} \right), \text{ дБА}.$$

3.4. Расчет суммарного (эквивалентного) уровня звука на территории жилой застройки

Эквивалентный уровень звука $L_{A_{\text{экв}}}$, создаваемый транспортом у фасада здания, определяется по формуле:

$$L_{A_{\text{экв.тер}}} = L_{A_{\text{экв}}} - \Delta L_{A_4} + \Delta L_{A_5}, \text{ дБА},$$

где ΔL_{A_4} – снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси полосы движения транспорта до расчетной точки и от вида поверхности на этом участке:

$$\Delta L_{A_4} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4,$$

где x_1 – снижение уровня шума под влиянием открытого грунта;
 x_2 – снижение уровня шума под влиянием газона;
 x_3 – снижение уровня шума под влиянием зеленых насаждений;
 x_4 – снижение уровня шума под влиянием экранирующих устройств.

Эмпирический параметр W	Снижение уровня шума x_3 , дБ	Эмпирический параметр W	Снижение уровня шума x_3 , дБ
1,0	14	3,0	23
1,5	17	3,5	24
2,0	19	4,0	25
2,5	22		

Параметр W рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{1,414h}{\sqrt{\lambda}} \cdot \sqrt{\frac{a+b}{ab}},$$

где λ – длина волны, м (при 500 Гц $\lambda = 0,68$ м);

h – высота экрана, м (здание, сплошной забор и другие сооружения);

a – расстояние от источника шума до экрана, м;

b – расстояние от экрана до исследуемой точки, м;

ΔL_{A_5} – поправка, учитывающая влияние отраженного звука, в зависимости от отношения $h_{p,m}/B$ (на высоте третьего этажа $h_{p,m} = 12$ м):

Тип застройки	Односторонняя	Двусторонняя				
		отношение $h_{p,m}/B$				
		0,05	0,25	0,4	0,55	0,7
ΔL_{A_5} , дБА	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

Примечание: B – ширина улицы между фасадами зданий, м.

Снижение уровня шума (x_1, x_2, x_3) в зависимости от вида поверхности рассчитывается по формуле:

$$x_i = k_i x,$$

где k_i – коэффициент поглощения шума, составляющий: для асфальта – 0,9; для открытого грунта – 1; для газона – 1,1; для зеленых насаждений из двух рядов деревьев шириной 6 м – 1,2; для той же полосы с сомкнутыми кронами с подлеском и кустарником – 1,5;

x – снижение уровня шума в результате сферического характера распространения волн

$$x = 10 \lg \frac{r}{7,5}, \text{ дБА},$$

где r – ширина i -го покрытия, м.

3.5. Шумовой режим помещений

При определении влияния транспорта на шумовой режим помещений учитывается наиболее слабое место ограждающих конструкций – оконные блоки. Проникая через эти элементы зданий, воздушный шум ослабевает. Используя данные табл. 3.3, можно рассчитать снижение уровня звука.

Таблица 3.3

Уровни звука в помещении

Тип заполнения оконного проема	Конструкция окна		Снижение уровня звука, дБА		
	Толщина стекла, мм	Воздушный промежуток между стеклами, см	Притворы без прокладок	Притворы с уплотняющими прокладками	Глухое
1	2	3	4	5	6
Открытое окно	–	–	5	–	–
Открытая форточка	–	–	10	–	–

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
Одинарный переплет	1,5–2	–	20	20	22
	4–5	–	21	23	26
	6–8	–	24	27	29
Спаренный переплет	1,5–2	3–5	21	22	24
	4–5	3–5	23	25	27
	6–8	3–5	25	28	30
Двойной переплет	1,5–2	10–12	31	36	38
		20–25	34	39	41
	4–5	10–12	35	40	43
		20–25	38	44	46
	6–8	10–12	37	42	45
		20–25	40	46	48

Рекомендуемые допускаемые уровни шума для видов трудовой деятельности представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Рекомендуемые допускаемые уровни шума
для видов трудовой деятельности

Вид трудовой деятельности	Степень напряженности	Рекомендуемые уровни, дБА
Выработка концепций, новых программ; творчество, преподавание	IV	40
Руководство производством	IV	50
Умственная работа, требующая сосредоточенности	III	55
Умственная работа с оперативными и управленческими функциями	III	60
Умственная операторская работа по точному графику и инструкциям	II	65
Физическая работа, связанная с точностью, сосредоточенностью или периодическим слуховым контролем	II	80

3.6. Задание

1. Изучить терминологию и определения.
2. Ознакомиться с методикой проведения натуральных наблюдений и обмеров.
3. Изучить расчетные формулы и определяемые по ним параметры.
4. Выполнить натурные обследования на транспортных магистралях.
5. Рассчитать уровни шума на автомагистрали, у фасада здания и в помещениях.
6. Сделать анализ шумовой ситуации с выводами и рекомендациями.

Литература по теме

1. Гаев, А. Я. Экологические основы строительного производства / А. Я. Гаев. – Свердловск : Изд-во Уральского ун-та, 1990. – 206 с.
2. Маслов, Н. В. Градостроительная экология / Н. В. Маслов. – М. : Высшая школа, 2003. – 284 с.
3. Пособие к МГСН 2.04-97 «Проектирование защиты от транспортного шума и вибраций жилых и общественных зданий». – М. : Правительство Москвы. Москомархитектура, 1999. – 41 с.

4. ПОЛИГОНЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

4.1 Общие сведения

4.1.1. Термины и определения

ОС, ПДК_{МР}, ПДК_{СС} – см. п. 1.1.1.

Отходы – мусор бытовой и строительный, отбросы учреждений питания, торговли, промышленности.

ТБО – твердые бытовые отходы.

МСЗ – мусоросжигающий завод.

МПЗ – мусороперерабатывающий завод.

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

4.1.2. Обращение с отходами

Действующая на протяжении всей человеческой истории линейная схема «добыча – переработка (производство) – употребление – пополнение отходов» становится все менее приемлемой. Под отходы отчуждаются пахотные земли, а главное, из-за них все сильнее ухудшается состояние нашей среды обитания. Известны следующие подходы к ТБО:

- стихийное складирование на открытых свалках (необорудованные, «дикие»);
- организованные свалки (формирование больших объемов без утилизации газов и стока);
- полигоны ТБО с утилизацией биогаза (анаэробная деструкция органики с выделением метана);
- компостирование (биохимический процесс обезвоживания);
- глубокое прессование твердого компонента в кипы при давлении до 80 МПа (на Минском МПЗ – это кубы объемом 0,7 м³ и массой 700 кг при сокращении объема в 20 раз);
- пиролиз (нагрев и сжигание при $t = 600\text{--}800$ °С высокотоксичных отходов сельхозхимии, фармацевтических производств, после ухода за больными и т. п.).

4.1.3. Рисайклинг как система сбора и переработки твердых бытовых отходов

Рисайклингом называют рационализированную систему сбора и переработки компонентов ТБО в продукты, имеющие потребительскую стоимость. Он начинается с раздельного сбора и идентификации отходов, пригодных для повторной переработки. Затем следует сортировка по типу сырья. Пищевые отходы, древесина, листва – все, что способно перегнивать, идет на компостирование. Рисайклинг по сравнению с устранением экономически целесообразен до тех пор, пока сумма прибыли от вторсырья и затрат на устранение является более высокой, чем затраты на рисайклинг. Технические границы рисайклинга обусловлены тем, что пока не для каждого случая существуют подходящие системы идентификации, сортировки и переработки. Расчеты вариантов с рисайклингом по стеклу, пластику, бумаге и картону, а также данные зарубежного опыта однозначно свидетельствуют, что переработка этих компонентов ТБО способна приносить прибыль.

Затраты на организацию сбора и переработки мусора несопоставимы с затратами на печь сжигания и сопутствующие ей системы очистки-нейтрализации. Для большинства видов горючих ТБО рисайклинг является более энергосберегающим методом переработки, нежели сжигание на МСЗ, даже при условии выработки электроэнергии и тепла.

В 40-х годах прошлого столетия Западная Европа начала возводить МСЗ и активно строила их до 80-х годов. Но затем было решено переосмыслить стратегию в обращении с ТБО и перейти от исключительно затратных методов к экономическим, рисайклинговым.

Метод полного сжигания ТБО неэкологичен, чрезвычайно дорог и неэкономичен, находится вне современных тенденций. Доля сжигаемых ТБО составляет в США 16 %, в Канаде – 9 %, в Германии – 35 %, в Великобритании – 1 %, во Франции – 42 %, в Италии – 18 %, в Японии – 75 %.

Запустить рисайклинг вполне может легкий на подъем частный бизнес, но для этого необходимы корректировки нормативно-правовой основы обращения с отходами и минимальная поддержка государства. Необходимо разработать и законодательную базу поощрения предприятий, занимающихся сбором и вторичной переработкой ком-

понентов ТБО. Опыт Германии: пошлина на загрязнителей ОС и доход от лицензирования экологичной продукции, маркированной «зеленой точкой», в качестве дотации поступают переработчикам ТБО.

4.1.4. Устройство и возведение полигона захоронения твердых бытовых отходов

Полигоны захоронения ТБО являются специальными природоохранительными сооружениями, предназначенными для сбора и обезвреживания отходов. Они также должны обеспечивать высокую степень экологической безопасности для ОС. На полигонах ТБО утилизируются отходы от служб коммунального хозяйства, предприятий торговли, питания, некоторые виды промышленных отходов, не обладающие токсичными или радиоактивными свойствами, а также строительный и уличный мусор.

В состав сооружений полигона ТБО входят чаша и курган (рис. 4.1). Чаша представляет собой выемку с изолирующим экраном для защиты грунтовой среды от фильтратной жидкости. Глубина выемки H_1 и высота кургана H_2 рассчитываются исходя из предполагаемого объема накопления отходов в течение 15–25 лет. Ориентировочные значения величин площади участка складирования, га, на расчетный период 15 лет приводятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Площадь участка складирования, га

Количество проживающих, тыс. чел.	Высота складирования отходов, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5–5,5	–	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5–7,5	–	–	–
250	31,0	21,0	16,0	11,5	–	–
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5–20	–
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	–
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27,0–31,0

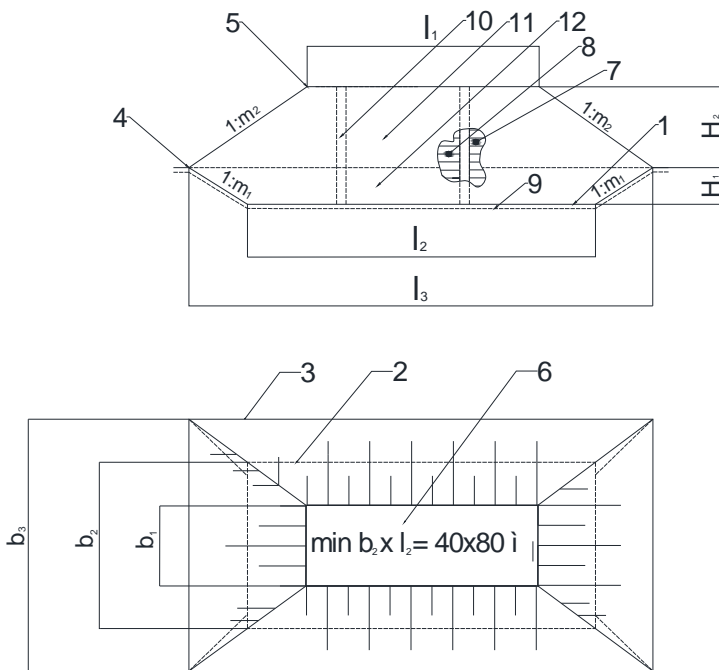


Рис. 4.1. Схема полигона ТБО:

1 – дно скважины; 2 – нижний периметр (контур) чаши; 3 – верхний контур чаши (нижний периметр кургана); 4 – бровка откоса чаши (подшва откоса кургана); 5 – бровка откоса кургана; 6 – верхняя площадка; 7 – рабочий пласт ТО мощностью 2 м; 8 – изоляционный слой грунта толщиной 0,25 м; 9 – водонепроницаемый экран; 10 – колодец сбора биогаза; 11 – курган; 12 – чаша

Высота откоса H_1 при устройстве строительного котлована под будущую чашу определяется по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения для заданного коэффициента устойчивости η (формула проф. Г. И. Тер-Степаняна – проф. М. Н. Гольдштейна):

$$\eta = f A + \left[\frac{c}{\gamma H_1} \right] B, \quad (4.1)$$

где f – коэффициент внутреннего трения,

$$f = \operatorname{tg}\varphi;$$

φ – угол внутреннего трения грунта основания, град.;

c – удельное сцепление, кПа;

γ – собственный вес грунта, кН/м³;

A и B – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина, при условии прохождения поверхности скольжения через подошву откоса:

Заложение откоса, $1:m_1$	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2,25	1:2,5	1:2,75	1:3
A	2,37	2,64	2,64	2,87	3,23	3,19	3,53	3,59	3,59
B	5,79	6,05	6,50	6,58	6,70	7,27	7,30	8,02	8,91

Исходя из формулы (4.1), высота откоса H_1 котлована при принятом значении величины η :

$$H_1 = \frac{cB}{\gamma(\eta - fA)}. \quad (4.2)$$

Контуры кургана назначаются исходя из рекомендуемого заложения его откосов $m_2 = 1:3-1:4$.

Высота складирования H_2 определяется исходя из условия заложения внешних откосов $1:m_2$ и необходимости иметь размеры верхней площадки не менее 40×80 м для обеспечения работы мусоровозов и бульдозеров. Каждый пласт ТБО имеет мощность 2 м, а на него укладывают изоляционный грунтовый слой толщиной 0,25 м.

4.2. Расчетная часть

4.2.1. Расчет вместимости полигона и объема отходов

В соответствии с заданным количеством жителей города и пользуясь данными табл. 4.1, определяем площадь S , га, участка прямоугольной формы. Принято считать, что наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к прямоугольнику с соотношением сторон $l_2 / b_2 = (2,1-1,7)/1$.

После установления длины l_2 и ширины b_2 земельного участка определяются размеры строительного котлована (чаши). Его глубина H_1 определяется по формуле (4.2).

Размеры площади дна котлована:

$$l_1 = l_2 - 2[H_1 / (1 : m_1)] = l_2 - 2m_1H_1,$$

$$b_1 = b_2 - 2[H_1 / (1 : m_1)] = b_2 - 2m_1H_1.$$

Размеры верхней площадки кургана:

$$l_3 = l_2 - 2[H_2 / (1 : m_2)] = l_2 - 2m_2H_2,$$

$$b_3 = b_2 - 2[H_2 / (1 : m_2)] = b_2 - 2m_2H_2.$$

Объем чаши захоронения (формула как для усеченной правильной пирамиды):

$$V_1 = \frac{1}{3}(S_1 + S_2 + \sqrt{S_1S_2})H_1, \text{ м}^3,$$

где S_1 – площадь дна котлована, м^2 :

$$S_1 = b_1l_1;$$

S_2 – площадь сечения в уровне бровки откоса чаши, м^2 :

$$S_2 = b_2l_2.$$

Объем кургана захоронения:

$$V_2 = \frac{1}{3}(S_2 + S_3 + \sqrt{S_2S_3})H_2, \text{ м}^3,$$

где S_3 – площадь сечения в уровне верхней площадки, м^2 :

$$S_3 = b_3l_3.$$

Общая вместимость полигона:

$$V = V_1 + V_2, \text{ м}^3.$$

Потребность в изолирующем материале (грунте) определяется по формуле:

$$V_{\text{гр}} = V(1 - 1/k),$$

где k – коэффициент коррекции вместимости полигона вследствие введения слоя грунта изоляции ($k = 1,25$).

Общий объем складирования отходов на полигоне:

$$V_{\text{ТБО}} = V - V_{\text{гр}}, \text{ м}^3.$$

4.2.2. Расчет выделяющегося биогаза

В толще складированной массы отходов идет биотермический анаэробный процесс распада органических веществ. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основу которого составляют метан и диоксид углерода. Биогаз также содержит пары воды, сероводород, аммиак, оксид углерода, оксиды азота и ряд других примесей, вредных для здоровья человека. Ориентировочная продолжительность периода образования биогаза составляет 10–30 лет, а максимальное выделение его с поверхности полигона приходится на седьмой год хранения.

Объем V_3 и масса M_3 образующегося в течение года биогаза:

$$V_3 = M_{\text{ТБО}} W_{\text{уд}}, \text{ м}^3,$$

$$M_3 = V_3 \rho_3, \text{ т},$$

где $W_{\text{уд}}$ – удельный выход биогаза ($W_{\text{уд}} = 5,1 \text{ м}^3/\text{т}$);

$M_{\text{ТБО}}$ – масса ТБО, завезенная на полигон, высчитывается по формуле:

$$M_{\text{ТБО}} = V_{\text{ТБО}} \rho_{\text{ТБО}},$$

где $\rho_{\text{ТБО}}$ – плотность отходов ($\rho_{\text{ТБО}} = 0,75$);

ρ_3 – плотность биогаза ($\rho_3 = 1,248 \text{ кг/м}^3$).

Суточный объем $V_{3,C}$ и масса $M_{3,C}$ биогаза:

$$V_{3,C} = V_3 / 365, \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$M_{3,C} = V_{3,C} \rho_3, \text{ кг}.$$

Расчет выбросов основных загрязняющих ингредиентов в атмосферу рассчитывается по формуле:

$$M_i = \frac{M_{\text{ТБО}} M_{\text{В}i}}{100\,000}, \text{ т/год},$$

где $M_{\text{В}i}$ – параметр выброса i -го вещества, принимаемый по данным табл. 4.2.

Таблица 4.2

Параметры выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферу полигоном ТБО вместимостью 100 000 т

Наименование веществ	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³	Класс опасности	Выброс, $M_{\text{В}i}$, т/год
Азота диоксид	0,085	0,04	2	0,70973
Аммиак	0,2	0,04	4	0,39108
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3	0,05
Бензол (С ₆ Н ₆)	1,5	0,1	2	0,00114
Дихлорэтан	3	1	2	0,048
О-крезол	0,028	–	2	0,1176
Метан	100	25	4	115,69
Метилбензол (толуол)	0,6	0,6	3	0,1
Пропан	100	25	4	0,02
Сероводород	0,008	–	2	0,0652
Углерода оксид	3	3	4	1,2
Хлорэтан	–	0,2	4	0,044

4.2.3. Сточные воды полигона

В результате протекания процесса анаэробного разложения ТБО и проникновения внутрь тела полигона воды и влаги образуется фильтрат, представляющий собой темную, дурно пахнущую жидкость. Основными источниками образования сточных вод полигона являются:

- атмосферные осадки;
- избыточная влага складированных отходов, удаляемая из них при укладке с уплотнением (отжимаемая жидкость);
- потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды.

Суточный объем $V_{4,ф}$ выделяющегося из уложенной массы отходов фильтрата:

$$V_{4,ф} = k_1(Q_1 + Q_2) / 365, \text{ м}^3,$$

где k – коэффициент, учитывающий влагопоглощающую и испарительную способность бытовых отходов ($k = 0,1-0,15$);

Q_1 – суммарное годовое количество осадков, выпадающих на поверхность отходов, рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = S_2 \bar{h}, \text{ м}^3/\text{год},$$

где \bar{h} – среднегодовая норма осадков, м;

Q_2 – суммарное годовое количество прочих вод, распределяемых по поверхности отходов:

$$Q_2 = K_L N n_m, \text{ м}^3/\text{год},$$

где K_L – расход воды на мойку одного контейнера ($K_L = 0,06 \text{ м}^3$);

N – число контейнеров в сутки;

n_m – число дней в году, когда осуществляется мойка контейнеров ($n_m = 160$).

Содержание веществ в фильтрате по видам для проектируемого полигона за сутки Q_c и за год Q_f при хранении отходов:

$$Q_c = 10^{-3} V_{4,ф} c_{ф}, \text{ кг},$$

$$Q_r = Q_c \cdot 365, \text{ т},$$

где $c_{ф}$ – содержание вещества, принимаемое по данным табл. 4.3.

Таблица 4.3

Концентрация вещества в фильтрате, мг/л

Наименования веществ	Концентрация вещества в фильтрате $c_{ф}$, мг/л		
	ПДК	в период образования	при хранении
Хлориды	350,0	1550–3000	1550–3000
Сульфаты	500,0	300–500	5–30,0
Взвешенные частицы	0,75 к фону	130–600,0	130–600,0
Железо общее	0,3	50,0	4–25
Медь	0,5	0,08–2,0	0,08–2,0
Цинк	1,0	0,6–1	0,3–0,5
Марганец	0,1	0,8–1,2	0,8–1,2
Никель	0,1	0,2–0,4	0,2–0,4
Фосфаты	3,5	8,5–15	8,5–15
Азот аммонийных солей	1,0	100–1200	100–1200
Азот нитратов	10,2	70–500	70–500
Хром	0,5	0,11–0,5	0,11–0,5
Нефтепродукты	0,3	0,7–1,0	–

4.3. Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона ТБО

4.3.1. Мониторинг выбросов

В процессе образования выбросов загрязняющих веществ полигоном ТБО осуществляют контроль за:

- работой технологического оборудования;
- соблюдением регламентов технологического процесса;
- составом атмосферного воздуха и химизмом грунтовых вод по внешнему периметру границы СЗЗ.

4.3.2. Отвод биогаза

Для исключения скопления биогаза в теле полигона предусматривается его отвод через сеть дегазационных колодцев. За основу конструкции приняты сборные железобетонные колодцы диаметром 1 500 мм.

На поверхности защитного экрана устанавливается плита днища диаметром 2 м, на ней монтируются ж/б кольца. Монтаж колец производится без заделки стыков, с засыпкой внутренней полости щебнем (гравием). С наружной стороны выполняется фильтрующая обсыпка кольцевым слоем толщиной 0,15–0,35 м. Перед укладкой изолирующего слоя в массу отходов укладывают радиальные газопроводы из полиэтиленовых труб диаметром 300 мм с выводом их в дегазационные вертикальные колодцы. Законченный колодец сверху перекрывают шатровой крышкой с газовыпуском.

Разогретый внутри массива отходов до 40–50 °С биогаз легче воздуха. Из толщи отходов по газопроводам, через фильтрующую обсыпку и неплотности ж/б колец он проникает во внутреннюю полость колодцев и поднимается вверх. Отвод его в атмосферу осуществляется через дефлекторы.

4.3.3. Сбор и обезвреживание фильтрата

Жидкий сток с участка захоронения отходов собирается специальной дренажной системой из перфорированных пластмассовых труб. Далее по сборному магистральному коллектору он самотеком сбрасывается в колодцы-отстойники за пределы карты складирования.

В качестве первой ступени обезвреживания фильтрата используется подача его на поверхность свалки (как одна из самых дешевых и ускоряющих процесс стабилизации свалки технологий). В колодце-отстойнике монтируется насос. В летний период стоки перекачиваются в сборно-разборную систему трубопроводов. Из перфорированных труб диаметром 76 мм обеспечивается разлив по поверхности карт складирования полигона. Распределение стока допускается из расчета до 30 м³/сут на участок площадью 1 га в течение 6 месяцев в году.

Излишки стоков фильтрата удаляются из колодцев сбора ассенизационной машиной и вывозятся на городские очистные сооружения.

Для отвода потока незагрязненных атмосферных и талых вод с участка и предотвращения подтопления полигона по его периметру устраиваются бетонные лотки сечением 0,5×0,5 м со сбором вод в понижения рельефа.

4.3.4. Рекультивация полигонов

Процесс рекультивации захороненных отходов начинается после завершения складирования и перехода свалочного материала в стабилизированное состояние и состоит из двух этапов – технического и биологического.

На первом этапе выполняются геологические, гидрогеологические, геофизические, ландшафтно-геохимические исследования. Этот этап включает также планировку, формирование откосов, строительство дорог, гидротехнических и др. сооружений. На биологическом этапе осуществляются работы по восстановлению нарушенных земель.

Территории полигонов используют в сельском и лесном хозяйстве, в строительстве. Жилищное строительство может быть допущено на территории полигона только после проведения соответствующих санитарно-бактериологических исследований.

4.4. Задание

1. Принять согласно прил. 7 исходные данные варианта (значения величин γ , c , φ , η , m_1 , \bar{h} и N).
2. Выполнить расчет по определению вместимости полигона, объемов отходов и грунта изоляционных слоев.
3. Определить объемы биогаза, выделяющегося при деструкции органики в складированной массе.
4. Рассчитать объемы фильтратных стоков и массы содержащихся в них загрязняющих веществ.
5. Оценить влияние полигона ТБО на ОС.

Литература по теме

1. Бартоломей, А. А. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов : учебное пособие для студентов строительных

специальностей / А. А. Бартоломей, Х. Брандл, А. Б. Пономарев. – Пермь : Пермский ГТУ, 2000. – 196 с.

2. Обезвреживание фильтрата полигонов захоронения ТБО / Н. Е. Николайкина [и др.] // Экология и промышленность России. – 2003. – № 1. – С. 4–5.

3. Рисайклинг как ключевой элемент современной системы сбора и переработки ТБО / И. И. Павлинова [и др.] // Экология и жизнь: сб. ст. VIII Междунар. Конф. – Пенза, 2005. – С. 74–76.

5. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

5.1. Общие сведения

Природные ресурсы – это предметы и явления живой природы, используемые или перспективные для использования в целях прямого или непрямого потребления.

Классификация природных ресурсов:

1. Исчерпаемые:

- невозобновимые – уголь, нефть, руды, газ;
- относительно возобновимые – торф, почва, сапрпель;
- возобновимые – растительный и животный мир.

2. Неисчерпаемые:

- космические – солнечная радиация, морские приливы;
- климатические – атмосферный воздух, энергия ветра, осадки;
- водные – мировой океан.

Использование и охрана природных ресурсов:

1. Интенсивное использование:

- для возобновимых ресурсов – эксплуатация природных ресурсов со скоростью, близкой к скорости возобновления;
- для невозобновимых ресурсов – эксплуатация значительной части общего запаса или объема природных ресурсов с одновременным усовершенствованием технологических процессов и разведкой новых запасов.

2. Экстенсивное использование:

- для возобновимых ресурсов – эксплуатация природных ресурсов со скоростью значительно меньшей, чем скорость возобновления;
- для невозобновимых ресурсов – объем эксплуатации не превышает $(1/30)$ – $(1/100)$ от общего запаса или объема.

3. Охрана невозобновимых ресурсов:

- рациональная добыча и максимально полное извлечение из месторождений;
- экономное расходование;
- разведка новых запасов;
- замена дефицитных материалов менее дефицитными;
- усовершенствование переработки добытых ресурсов;
- уменьшение потерь на различных стадиях: переработки, использования, транспортировки.

Таблица 5.1

Природные ресурсы Беларуси

Наименование	Запасы, млн т (м ³)	Годовая добыча, млн т (м ³)	Время истощения, лет
Калийная соль	7461,3	44,9	
Каменная соль	21278,6	2,3	
Нефть	44,6	1,7	
Природный газ	10500	300	
Торф	172,4	2,5	
Сапрпель	4400	40	
Железная руда	275	–	
Доломит	896,5	2,5	
Пески стекольные	55,8	6,8	
Пески формовочные	39,5	0,3	
Камни строительные	509	9	
Мел	691,9	5,1	
Камни облицовочные	3,3	0,03	
Глины тугоплавкие	52,1	0,9	
Глины для производства грубой керамики	275,8	10,3	
Глины для производства легких заполнителей	56	1,2	
Пески силикатные и строительные	494,6	9,0	
Песчано-гравийные материалы	697,6	12	
Минеральные воды	22679	22	
Гипс	23,3	–	
Трепел	30,5	0,003	
Каолин	5,9	–	
Янтарь	62 · 10 ⁻⁶	–	

Таблица 5.2

Известные мировые запасы отдельных видов
невозобновимых природных ресурсов

№ п/п	Ресурсы	Мировые запасы <i>A</i> , млн т	Потребление в год <i>B</i> , тыс. т	Предполагаемые годовые темпы роста <i>C</i> , %	Время истощения <i>n</i> , лет
1	Алюминий	1060,23	4270	6,3	
2	Медь	279,28	7700	4,5	
	Золото	0,04	0,96	4,1	
4	Железо	87743,8	42094	2,0	
5	Свинец	82,53	3000	2,6	
6	Марганец	660,90	7480	2,4	
7	Ртуть	0,13	10,30	2,2	
8	Молибден	4,91	62,73	4,0	
9	Никель	66,68	448,86	3,4	
10	Ниобий	5,94	2,14	5,3	
11	Металлы платиновой группы	0,01	0,01	3,3	
12	Серебро	0,17	13,44	2,5	
13	Сера	2555,24	34940	3,7	
14	Олово	4,43	274,32	1,1	
15	Вольфрам	1,28	33,23	4,9	
16	Цинк	111,13	5230	2,5	
17	Алмазы промышленные	630 млн карат	69,75 млн карат	5,0	

Таблица 5.3

Ведущие страны по запасам нефти и газа

Нефть, млрд т				Газ, трл м ³			
Страна	2016	2019	2022	Страна	2018	2019	2021
1	2	3	4	5	6	7	8
Саудовская Аравия	40,5	35,3	35,5	Россия	50,3	50,3	48,9
Ирак	19,4	19,8	15,7	Иран	33,9	33,9	34,1
Кувейт	13,8	13,8	13,5	Катар	23,8	23,8	23,8

Окончание табл. 5.3

1	2	3	4	5	6	7	8
ОАЭ	14,3	13,3	13,3	Саудовская Аравия	9,1	9,4	8,4
Иран	28,8	28,5	17,2	ОАЭ	6,1	6,1	7,7
Венесуэла	40,9	41,4	10,5	США	13,4	14,3	12,9
Россия	10,9	10,9	10,8	Алжир	4,5	4,5	4,5
Мексика	1,04	0,79	0,13	Венесуэла	5,7	5,7	5,6
Ливия	6,5	6,6	5,3	Нигерия	5,7	5,8	5,8
США	4,8	7,18	2,9	Ирак	3,7	3,7	3,7
Китай	3,5	3,6	2,5	Индонезия	2,8	2,7	1,4
Нигерия	5,0	5,0	4,8	Туркменистан	9,8	12,1	15,3
Катар	3,4	3,4	–	Канада	2,0	1,9	2,4
Великобритания	0,35	0,37	0,61	Узбекистан	1,5	1,5	1,5
Норвегия	0,9	1,2	1,11	Казахстан	1,8	1,8	1,8
Бразилия	1,8	1,8	1,4	Китай	2,7	3,0	2,9
Мир в целом	235,516	211,736	175	Мир в целом	202,9	206,2	180,7

Таблица 5.4

Десять ведущих страны по добычи нефти и газа (2021 год)

Нефть, млн т		Газ, млрд м ³	
США	711,6	США	963,5
Россия	524,4	Россия	719,3
Саудовская Аравия	519,6	Иран	257,1
Канада	252,0	Катар	207,0
Ирак	202,0	Китай	193,3
Китай	194,8	Канада	189,1
Иран	143,2	Австралия	155,9
ОАЭ	166,6	Саудовская Аравия	120,5
Бразилия	159,3	Норвегия	116,7
Кувейт	130,3	Алжир	105,0
Мир в целом	4170,9	Мир в целом	4145,7

Таблица 5.5

Потребление энергетических ресурсов в XX столетии
(в млн т условного топлива)

Ресурсы	Годы											
	1970	%	1980	%	1990	%	2000	%	2010	%	2020	%
Уголь	2235		3200		4400		5600		6720		6220	
Нефть	2247		4600		6700		10000		8420		7890	
Природный газ	1448		2550		4300		8000		8800		9600	
Торф, сланцы	275		350		450		600		–		–	
Ядерная энергия	36		1000		2100		6500		–		–	
Другие виды	414		500		650		1000		–		–	
ВСЕГО:												

Таблица 5.6

Теплотворная способность видов топлива

Вид топлива	Теплотворная способность, кКал/кг (кКал/м ³ для газа)
Условное	7 000
Уголь (бурый и каменный)	4 000–6 000
Нефть	100 000
Газ	8 000
Мазут	9 000–9 400
Торф	3 000
Сланцы	2 000–2 500
Ядерное	21·10 ⁹
Дрова	2 000–25 000

5.2. Задание и методические рекомендации

1. Составить классификацию природных ресурсов Беларуси.
2. Оценить степень интенсивности использования природных ресурсов Республики Беларусь с учетом объема запасов, скорости эксплуатации, совершенства технологических процессов (табл. 5.1).
3. Рассчитать время истощения отдельных видов ресурсов (табл. 5.2) по формуле:

$$n = \frac{\lg\left(1 + \frac{A \cdot C}{B \cdot 100}\right)}{\lg\left(1 + \frac{C}{100}\right)},$$

где n – количество лет истощения;

A – мировой запас, тыс. т;

C – годовой темп роста, %;

B – потребление ресурсов в год, тыс. т.

4. Выявить удельный вес стран – лидеров по запасам нефти и газа и изобразить его в виде диаграммы.
5. Рассчитать, на сколько лет хватит запасов нефти и газа ведущим по добыче странам и в мире.
6. Рассчитать удельные показатели потребления каждого вида топлива по годам (табл. 5.5).
7. Представить структуру потребления энергетических ресурсов в виде диаграмм.
8. Построить графики потребления энергоресурсов по видам топлива.
9. Проанализировать изменение потребления энергетических ресурсов в течение века и сделать выводы.
- 10*. Как вы думаете, что будет с человечеством после исчерпания запасов нефти? Какие виды топлива и сырья способны заменить нефть? Какие нефтедобывающие страны смогут быстрее перестроить свою экономику, если нефть вдруг разом закончиться, а для каких это будет «смертельным ударом»?
- 11*. Как отобразится на человечестве возможное истощение природного газа?

6. РАСЧЕТ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ В 20 М ОТ АВТОМАГИСТРАЛИ С ИНТЕНСИВНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА

6.1. Основные теоретические сведения

6.1.1. Влияние развития промышленности, энергетики, транспорта на окружающую среду

Интенсификация сельскохозяйственного производства, развитие промышленности, энергетики, транспорта сопровождается усиленным загрязнением природной среды широким набором токсических веществ и вызывает обоснованные опасения насчет прогрессирующего техногенного загрязнения.

Попадая в окружающую среду, загрязняющие вещества вызывают деградацию и разрушение природных экосистем, наносят ущерб сельскохозяйственным угодьям, снижая урожайность и качество с/х культур; через контактирующие системы по трофическим цепям оказывают воздействие на животных и человека. К числу наиболее опасных загрязнителей относятся тяжелые металлы. Основными источниками эмиссии тяжелых металлов являются индустриальные центры, промышленные города и автотранспорт. Чем крупнее город, чем больше мощности и сроки деятельности его предприятий, тем сильнее его негативное влияние на природную среду.

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду происходит вследствие их техногенного рассеивания, пути которого весьма многообразны. Наиболее значимым путем являются выбросы в атмосферу при высокотемпературных технологических процессах (металлургия, химическая промышленность, сжигание топлива, обжиг цементного сырья и т. д.). Только в результате работы металлургических предприятий на поверхность земли ежегодно поступает не менее 154 650 тонн меди, 1 215 000 тонн цинка, 89 000 тонн свинца, 120 000 тонн никеля, 765 тонн кобальта, 30,5 тонн ртути. Вследствие сжигания угля и нефти в атмосферу ежегодно поступает 3600 тонн свинца, 7 000 тонн цинка, 3 700 тонн никеля, 2 100 тонн меди, 1 600 тонн ртути.

Интенсивное рассеивание тяжелых металлов происходит также с выхлопными газами автотранспорта: на земную поверхность попа-

дает 260 000 тонн свинца в год, что почти в три раза превосходит количество этого элемента, поступающее в почву от металлургических предприятий.

Среди городов Беларуси наибольший объем выбросов тяжелых металлов в 1994 г. имел место в г. Минске – 274,3 тысяч тонн. Вклад автотранспорта в суммарный выброс по городу составил 72,7 %.

Основная масса техногенных выбросов тяжелых металлов локализуется на сравнительно небольшой площади. Направление и дальность переноса аэрозолей металлов определяются множеством факторов, среди которых важнейшими являются мощность предприятия, высота дымовых труб, химический состав и физические свойства частиц (плотность, форма, гигроскопичность), климатические условия, рельеф местности и др. Радиус ареала техногенного рассеивания металлов вблизи промышленных предприятий составляет от 2–3 до 20–25 км. Ширина области загрязнения почв придорожной полосы зависит от характера и интенсивности движения автотранспорта, продолжительности эксплуатации дорог, господствующего ветра и его скорости, рельефа местности, режима атмосферных осадков, температурной инверсии, влажности воздуха, наличия защитных зеленых насаждений.

Накопление тяжелых металлов в почве приводит к тому, что все больше питательных веществ связываются с ними в недоступные для растений формы, вследствие чего снижается почвенное плодородие и наблюдается значительное снижение урожайности. В условиях умеренного климата урожай зерновых снижается на 20–30 %, свеклы – на 35 %, картофеля – на 47 %. Повышение концентрации тяжелых металлов в почве вызывает увеличение их содержания в растениях. Выхлопные газы автотранспорта способны вызвать у растений хлороз, свертывание листовой пластинки, появление некротических пятен. Листья деревьев вблизи автострад в дневное время имеют температуру на 2–5 °С выше из-за дополнительно притока радиации, т. е. покрыты твердыми частицами.

Основным критерием степени опасности загрязненных почв и растительности является ПДК токсических веществ в этих объектах. К настоящему времени разработаны ПДК в почве не для всех металлов-загрязнителей. Утвержденные нормативы металлов в почве следует рассматривать как условные, т. е. они относятся ко всем типам почв без учета их волно-физических и агрохимических

свойств. При оценке загрязнения почв металлами необходимо сравнивать полученные результаты как с ПДК, так и с местным фоном. Для Беларуси эти показатели по свинцу следующие: фон – 10 мг/кг, ПДК – 30 мг/кг. Содержание загрязняющих веществ в почвах городов изменяется в широких пределах – от минимальных значений, близких к фоновым, в районах новостроек до концентраций, во много раз превышающих фоновые в зонах влияния промышленных предприятий и в старообжитых районах городов.

Тяжелые металлы присутствуют в отработанных газах в виде мельчайших частиц размером 4–8 мкм, которые длительное время сохраняются в атмосфере. Попадание их в организм человека вызывает серьезные поражения органов пищеварения, центральной и периферийной нервной системы и другие тяжелые заболевания. Установлено, что высокий уровень воздействия свинца влияет на нейроповеденческие реакции детей, включая коэффициент умственного развития. Главная опасность – способность этого загрязнителя накапливаться в организме человека, т. к. он практически не выводится.

6.1.2. Меры защиты от вредного воздействия ядовитых веществ

Мероприятия, снижающие поступление свинца в окружающую среду, можно подразделить на две основные группы: технические и биологические (агрономические), каждая из которых включает ряд самостоятельных мероприятий. *Технические* меры защиты являются основными в решении проблемы охраны природной среды. Одним из важнейших приемов, снижающих поступление свинца от выхлопных газов автотранспорта, является замена тетраэтилсвинцовой антидетонационной присадки к бензину на новые, не содержащие этот токсический элемент. К перспективным техническим направлениям относятся перевод транспорта на другие виды двигателей (роторный, инерционный и др.) и топлива (газ, синтетические спирты, аммиак, водород), создание нового альтернативного электрического транспорта. Все перечисленные мероприятия существенно снижают или практически полностью исключают поступление в окружающую среду свинца и других токсических веществ.

Биологические меры защиты от негативного влияния свинца считаются второстепенными, т. к. способствуют улучшению условий

произрастания растений на загрязненной почве. Они направлены не на уменьшение общего количества свинца, а на снижение его подвижности в почве. Одним из самых эффективных приемов охраны почв и сельскохозяйственных культур от загрязнения свинцом считается посадка вдоль автомагистралей защитных насаждений из кустарников и древесных пород. Так, содержание свинца у овощных, выращиваемых вблизи автострады, но защищенных полосой из боярышника и клена полевого (высотой 1 метр и шириной 3 метра), на 30–50 % ниже, чем у растений, не испытывающих действие полосы. В саду, закрытом 4-рядной полосой из ели и липы, на расстоянии 50 метров от дороги содержание свинца в яблоках не выходит за пределы допустимого, тогда как в незащищенных плодах оно в три раза выше допустимого. Содержание свинца в почве за растительным барьером из 2–3 рядов ели на расстоянии 40 метров от автотрассы не превышает 4 мг/кг, тогда как вне барьера на том же расстоянии – 12,7 мг/кг. Защитные полосы должны состоять не менее чем из 1 ряда хвойных пород и 2 рядов высокорослых быстрорастущих лиственных пород (берез, тополей и др.).

Эффективно защищают растения от токсического влияния свинца такие агротехнические приемы, как известкование кислых почв, внесение органических и минеральных удобрений, т. е. закрепление тяжелых металлов в почве (образование в почве труднорастворимых соединений). Из других приемов биологического характера заслуживает внимания подбор сельскохозяйственных культур, относительно слабо накапливающих свинец при возделывании их на загрязненных почвах. Например, вика больше всего поглощает и накапливает свинец в зеленой массе, за ней в убывающем порядке следуют кукуруза, горох, клевер, пшеница, овес, ячмень.

Для предохранения организма от токсического влияния свинца рекомендуется зону до 10 м от полотна дороги исключить из сельскохозяйственного пользования и, по возможности, ограничить вблизи магистралей выращивание овощных и плодовых культур. Запрещен выпас молодняка крупного рогатого скота вдоль автострад с интенсивным движением транспорта, т. к. это приводит к накоплению тяжелых металлов в организме животных, а затем – и в продуктах питания и организме человека.

В местах сильного загрязнения поверхности почвы тяжелыми металлами (территории ТЭЦ, гальваническое производство) необ-

ходимо производить рекультивацию почв с последующей переработкой снятой части земельного покрова. Для этого может использоваться метод отверждения или стабилизации. *Метод отверждения* включает такие варианты как цементирование, пуццолан и термопластичные процессы. Первый вариант предполагает прямое смешивание отходов с цементом с образованием матрицы отверждения, второй – отверждение отходов на основе извести и известковых продуктов (силикатный или известковый процесс), третий – заливку отходов в матрицу. *Метод стабилизации* преобразует тяжелые металлы в нерастворимые производные или – за счет кальцинации – в нерастворимые металлические соли, т. е. превращает их в удобный для утилизации и повторного использования строительный элемент (основание для строительства дорог или фундаментов).

Для защиты от негативного влияния свинца и принятия мер по снижению его содержания в почве в первую очередь необходимо выяснить количественное содержание свинца в почве. В настоящее время распространенным методом определения концентрации металлов является метод атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС).

6.2. Расчетная часть

По данным трех измерений в соответствии с индивидуальным вариантом по выполнению практической работы рассчитывается среднее значение абсорбции. Результаты заносятся в таблицу «Результаты выполнения практической работы», форма которой соответствует табл. 6.2.

Строится градуировочный график, для чего по оси абсцисс откладывают концентрацию, а по оси ординат – среднее значение абсорбции (атомное поглощение) определяемого элемента (Pb) в растворах.

По построенному графику определяется концентрация свинца $C_{Pbх}$ в анализируемом растворе. Среднее значение абсорбции (атомного поглощения) берется из табл. 6.2.

Исходя из полученной концентрации свинца в водном растворе, рассчитывается его содержание в пробе почвы по формуле:

$$C_{Pb} = C_{Pbх} \cdot 100/30,$$

где C_{Pb} – концентрация Pb в почве, мг/кг;

$C_{Pbх}$ – концентрация Pb в водной вытяжке, мг/л;

100 – объем раствора водной вытяжки, мл;

30 – масса пробы почвы, г.

Полученный результат сравнивается с фоновым значением ПДК свинца в почве. Затем в процентном отношении рассчитывается превышение концентрации свинца над фоновым.

Производится экологическая оценка состояния почвы в исследуемой придорожной зоне. Затем, пользуясь табл. 6.1, следует предложить защитные меры с целью возможного использования исследуемой зоны под сельскохозяйственные угодья.

Затем необходимо проанализировать полученные результаты и сделать выводы.

Таблица 6.1

Меры защиты почвы от загрязнения свинцом

Способы защиты	Степень снижения загрязнения, %
Защитная полоса из боярышника (высотой 1 м, шириной 3 м)	20–30
2-рядная защитная полоса из лиственных пород деревьев	30–40
2–3-рядная посадка ели	40–55
4-рядная полоса из липы и ели	55–70

Таблица 6.2

Исходные данные для выполнения практической работы

№ варианта	№ пробы	Концентрация раствора, мг/л	Измеренные значения абсорбции			Среднее значение абсорбции
			1	2	3	
1	2	3	4	5	6	7
1	1	2,0	0,076	0,079	0,081	'
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X		0,137	0,134	0,135	

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
2	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,144	0,146	0,142
3	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,154	0,156	0,154
4	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,164	0,167	0,166
5	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,175	0,173	0,172
6	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,177	0,179	0,179
7	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,184	0,186	0,187

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
8	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,194	0,192	0,193
9	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,157	0,159	0,159
10	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,181	0,182	0,183
11	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,137	0,134	0,135
12	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,144	0,146	0,142
13	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,154	0,156	0,154

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
14	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,164	0,167	0,166
15	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,175	0,173	0,172
16	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,177	0,179	0,179
17	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,184	0,186	0,187
18	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,194	0,192	0,193
19	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,157	0,159	0,159

Продолжение табл. 6.2

1	2	3	4	5	6	7
20	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,181	0,182	0,183
21	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,137	0,134	0,135
22	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,144	0,146	0,142
23	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,154	0,156	0,154
24	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,164	0,167	0,166
25	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,175	0,173	0,172

1	2	3	4	5	6	7
26	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,177	0,179	0,179
27	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,184	0,186	0,187
28	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,194	0,192	0,193
29	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,157	0,159	0,159
30	1	2,0	0,076	0,079	0,081	
	2	4,0	0,144	0,140	0,136	
	3	6,0	0,191	0,193	0,186	
	4	8,0	0,231	0,229	0,231	
	5	10,0	0,262	0,261	0,257	
	X			0,181	0,182	0,183

Контрольные вопросы

1. Пути техногенного рассеивания тяжелых металлов.
2. Влияние накопления тяжелых металлов в почве на систему:



3. Критерий оценки степени опасности загрязненных тяжелыми металлами почв и растительности. Назвать величины загрязнения для свинца, установленные в Республике Беларусь.

4. Факторы, влияющие на загрязненность придорожной зоны автомагистрали.

5. Технические меры защиты от негативного влияния тяжелых металлов на окружающую среду.

6. Биологические меры защиты от негативного влияния тяжелых металлов на окружающую среду.

7. Сущность метода ААС.

Литература по теме

1. Яншин, А. Л. Уроки экологических просчетов / А. Л. Яншин, А. Н. Мелуа. – М. : Мысль, 1991. – 429 с.

2. Алексеев, Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю. В. Алексеев. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 142 с.

3. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень. 1995 г. / Под общ. ред. чл.-кор. АН Беларуси В. Ф. Логинова. – Минск : ИПИПРЭ АНБ, 1996.

4. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство : учебное пособие для вузов / под ред. В. Б. Алесковского. – Л. : Химия, 1988. – 376 с.

5. Хавезов, И. Атомно-абсорбционный анализ / И. Хавезов, Д. Цалев; под ред. С. З. Яковлевой; пер. с болг. – Л. : Химия, 1983. – 144 с.

6. Атомно-абсорбционный спектрофотометр ААС 4. Инструкция по эксплуатации.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗ ФИЗИЧЕСКОГО, ЭМОЦИОНАЛЬНОГО И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИКЛОВ ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПАСНЫХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА

Цель работы: научить студентов определять фазы физического, эмоционального и интеллектуального циклов и прогнозировать степень опасности для жизнедеятельности организма на ближайшие месяцы.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить материалы, изложенные в основных теоретических сведениях.
2. Приступить к расчетам и построению графических циклов.
3. Проанализировать график и оценить степень опасности совпадения биологических циклов для здоровья, интеллектуальной деятельности, а также эмоционального состояния на ближайшие два месяца. Результаты представить преподавателю для проверки и оценки работы.

7.1. Основные теоретические сведения

По рекомендации ЮНЕСКО жители многих стран успешно используют прогнозирование биологических ритмов для принятия мер по снижению опасности ущерба здоровью, в том числе недопущению летальных исходов. По мнению ученых, жизненная сила и биоэнергия организма человека подвержены закономерным ритмическим колебаниям, которые зависят от движения Солнца и Луны, смены пор года и его периодов и др. Частота колебаний и выраженность биоэнергетического поля организма характеризует состояние здоровья и возможности человека.

Известны следующие биологические циклы:

- 1) 23-дневный физический цикл;
- 2) 28-дневный эмоциональный цикл;
- 3) 33-дневный интеллектуальный цикл.

Неблагоприятное сочетание этих циклов в определенные периоды времени опасно для жизни и здоровья человека.

Согласно экспериментальным данным, момент рождения человека – это сигнал запуска его биоритмов. Они индивидуальны, ста-

бильны и рассчитаны на лунные сутки, т. е. связаны с характером движения Луны по эллиптической орбите вокруг Земли.

За продолжительность эмоционального цикла принято средне-арифметическое от синодического (27,32 суток) и сидерического (29,53 суток) времени обращения Луны вокруг Земли ($\mathcal{E} = 28,426$ суток).

Физический и интеллектуальный циклы являются равноотстоящими от эмоционального цикла:

$$\Phi = \mathcal{E} \cdot 5 / 6 = 23,688 \text{ сут};$$

$$\text{И} = \mathcal{E} \cdot 7 / 8 = 33,163 \text{ сут}.$$

Перестройка организма человека происходит через четверть каждого из трех циклов («критические дни»):

$$\Phi / 4 = 5,922 \text{ сут};$$

$$3 / 4 = 7,1025 \text{ сут};$$

$$\text{И} / 4 = 8,2907 \text{ сут}.$$

При совпадении критических дней образуются так называемые двойные и тройные критические дни. В эти дни обычно наблюдается расстройство всего организма, поэтому они могут играть особую роль в возникновении катастрофических для здоровья и жизни состояний.

Наименьший отрезок времени, в течение которого происходит двукратная перестройка организма по всем трем биологическим циклам, определяет *биологический год человека (Б)*. Он составляет 248,729 суток и представляет собой наименьший общий делитель трех чисел: $\Phi / 4$, $\mathcal{E} / 4$ и $\text{И} / 4$. В пределах каждого биологического года у человека возникает 14 двойных критических дней и один тройной. По табл. 7.1 можно установить даты всех двойных критических дней и их типы в пределах текущего биологического года. Дата начала следующего биологического года устанавливается следующим образом:

1. Вычисляется общее число прожитых дней на текущий момент (Д).

2. Выделяется дробная часть отношения D / B и умножается на длительность биологического года B .

3. Найденный результат вычитается из числа B . Получается число суток, которое необходимо отсчитать назад по календарю для получения даты начала текущего биологического года.

Таблица 7.1

Определение критических дней

Номер критического дня	Время (в сутках) от начала биологического года	Тип критического дня
1	42	Ф + Э
2	49	Ф + И
3	59	Э + И
4	84	Ф + Э
5	98	Ф + И
6	118	Э + И
7	126	Ф + Э
8	147	Ф + И
9	168	Ф + Э
10	177	Э + И
11	196	Ф + И
12	210	Ф + Э
13	236	Э + И
14	245	Ф + И

Дата промежуточного тройного критического дня в пределах текущего биологического года определяется следующим образом:

1. Выделяется дробная часть отношения $6400 \cdot D / \Phi \text{ЭИ}$ и умножается на число $\Phi \text{ЭИ} / 64$.

2. Найденный результат вычитается из числа B . Получается число суток, которое необходимо прибавить к дате начала текущего биологического года, чтобы получить тройной критический день.

7.2. Расчетная часть

Предположим, вы родились 19 июня 1953 года. Сегодня – 19 декабря 1997 года. К этому времени вы прожили с учетом високосных лет:

$$(1997 - 1953) \cdot 365 + 11 = 16\,071 \text{ день,}$$

где 365 – количество дней в году;

11 – число прожитых високосных дней (високосный год бывает один раз в 4 года, поэтому число прожитых лет надо разделить на 4).

Поскольку 44 года вам исполнилось 19 июня 1997 года, то к 16 071 дню надо добавить 172 дня (с 19.06.97 по 19.12.97):

$$16\,071 + 172 = 16\,243 \text{ дня.}$$

За это время у вас завершилось:

– физических циклов:

$$16\,243 / 23 = 706 \text{ (остаток – 5 дней);}$$

– эмоциональных циклов:

$$16\,243 / 28 = 580 \text{ (остаток – 3 дня);}$$

– интеллектуальных циклов:

$$16\,243 / 33 = 492 \text{ (остаток – 7 дней).}$$

Количество дней в остатке позволяет определить конец последнего и начало текущего биологического цикла. Для этого необходимо из дня расчета вычесть количество дней, которые остались в остатке:

– физический цикл:

$$19 \text{ декабря} - 5 \text{ дней} = 14 \text{ декабря;}$$

– эмоциональный цикл:

$$19 \text{ декабря} - 3 \text{ дня} = 16 \text{ декабря;}$$

– интеллектуальный цикл:

19 декабря – 7 дней = 12 декабря.

Затем следует построить прямоугольную систему координат (рис. 7.1). На вертикальной оси отмечают верхнюю и нижнюю точки синусоид, на горизонтальной – время (дни месяца). На горизонтальной оси помечают вычисленные даты окончания последних биоциклов: 14, 16 и 12 декабря 1997 года. Из этих точек рисуют синусоиды, общая длина которых составит соответствующий цикл.

Необходимо проэкстраполировать фазы циклов хотя бы на месяц вперед. Время, когда сближаются или совпадают верхушки положительных волн, – наиболее благоприятное для вас. В этом случае можно планировать и выполнять наиболее сложную интеллектуальную или физическую работу. Если все три полуволны отрицательны и совпадают, это – самый опасный период в вашей жизни. В этом случае физические и эмоциональные нагрузки должны быть снижены или строго дозированы, а рассчитывать на высокий интеллектуальный уровень надо с крайней осторожностью. Другие сочетания циклов будут промежуточными. Каждый человек должен иметь прогноз сочетания циклов по крайней мере на год и учитывать его в своей повседневной жизнедеятельности.

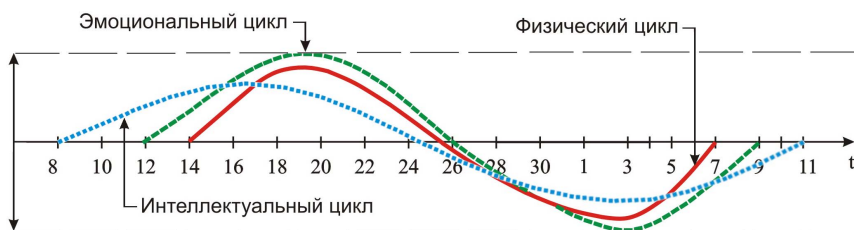


Рис. 7.1. Графики эмоционального, физического и интеллектуального циклов

При анализе результатов следует помнить, что *физический цикл* определяет широкий диапазон физических свойств организма, включая сопротивляемость болезням, силу, координацию, скорость, физиологию, ощущение хорошего физического самочувствия. *Эмоциональный цикл* управляет творчеством, восприимчивостью, психи-

ческим здоровьем, мышлением, восприятием мира и самих себя. *Интеллектуальный* цикл регулирует память, бдительность, восприимчивость к знаниям, логические и аналитические функции мышления.

Дни перехода от положительной фазы к отрицательной также являются критическими, что проявляется в физическом цикле – несчастными случаями, в эмоциональном – нервными срывами, в интеллектуальном – ухудшением качества умственной работы.

Литература по теме

1. Агаджанян, Н. А. Биологические ритмы / Н. А. Агаджанян. – М. : Медицина, 1967. – 120 с.
2. Ашофф, Ю. Биологические ритмы / Ю. Ашофф ; пер. с англ. – М., 1984. – 674 с.
3. Моисеева, Н. И. Биоритмы жизни / Н. И. Моисеева. – СПб. : Анон, 1997. – 256 с.
4. Ужегов, Г. М. Биоритмы на каждый день / Г. М. Ужегов. – М. : Фаир, 1997. – 608 с.
5. Шапошникова, В. И. Биоритмы – часы здоровья / В. И. Шапошникова. – М. : Советский спорт, 1991. – 63 с.
6. Ягодинский, В. Н. Ритм, ритм, ритм! Этюды хронобиологии : учебное пособие / В. Н. Ягодинский. – М. : Знание, 1985. – 192 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**СРЕДНЕГОДОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗВ В АТМОСФЕРЕ
ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ (мг/м³)**

Вариант 1. Брест

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,05	0,045	0,038	0,075	0,06	0,075	0,075	0,105
Двуокись серы	–	0,0225	0,01	0,025	0,038	0,025	0,035	0,035
Окись углерода	0,401	0,275	0,91	0,31	0,30	0,30	0,35	1,8
Двуокись азота	0,032	0,024	0,027	0,032	0,031	0,029	0,008	0,032
Окись азота	–	0,012	0,011	0,011	–	–	0,006	0,0012
Формальдегид	0,0157	0,018	0,018	0,007	0,005	0,006	0,006	0,005
Свинец	–	–	1,1·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	0,9·10 ⁻⁵	1,4·10 ⁻⁵	1,3·10 ⁻⁵
Бенз(а)пирен	–	1,6·10 ⁻⁵	1,7·10 ⁻⁵	1,5·10 ⁻⁵	1,7·10 ⁻⁵	2·10 ⁻⁵	–	–
Аммиак	0,025	0,022	0,026	0,018	0,019	0,021	0,01	0,036

Вариант 2. Полоцк

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,027	–	0,045	0,045	–	–	0,105	0,09
Двуокись серы	–	–	0,04	0,05	0,05	–	0,01	0,01
Окись углерода	0,28	0,30	0,29	0,28	0,25	0,285	0,25	1,2
Окись азота	–	0,026	0,048	0,01	0,01	0,006	0,02	–
Двуокись азота	0,021	0,022	0,016	0,016	0,016	0,0176	0,024	0,004
Сероводород	0,043	0,0048	0,0064	0,0062	0,0032	0,0064	0,0062	0,0032
Фенол	0,0012	0,0015	–	–	0,0012	0,0018	0,0027	–
Аммиак	0,0169	0,008	0,02	–	0,012	–	0,008	0,008
Бенз(а)пирен	–	1,3·10 ⁻⁵	1,6·10 ⁻⁵	1,0·10 ⁻⁵	–	0,7·10 ⁻⁵	0,9·10 ⁻⁵	–

Вариант 3. Бобруйск

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,015	0,045	0,075	0,075	–	–	–	–
Двуокись серы	–	–	0,025	–	–	0,005	–	–
Окись углерода	0,564	0,38	0,43	0,47	0,27	0,175	0,159	0,6
Двуокись азота	0,046	0,008	0,02	0,02	0,016	0,012	0,012	0,008
Фенол	0,00311	0,00165	–	0,00195	0,0015	0,0015	0,0012	0,0015
Формальдегид	0,01635	–	0,0021	0,0045	0,003	–	–	–
Бензол	–	0,02	–	0,005	0,004	0,004	0,04	0,03
Аммиак	–	0,016	0,012	0,008	0,018	0,019	0,016	0,012
Ксилол	–	–	0,6	0,3	–	0,3	0,2	0,2
Толуол	–	–	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1

Вариант 4. Могилев

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,035	0,068	0,06	0,075	0,09	0,09	0,075	0,059
Двуокись серы	0,479	0,49	0,41	0,38	0,35	0,34	0,35	0,03
Окись углерода	0,037	–	–	0,032	–	0,045	0,023	1,8
Двуокись азота	0,026	0,040	0,041	0,01	0,008	0,0088	0,059	0,024
Окись азота	0,014	–	–	–	–	–	–	0,002
Сероводород	0,016	0,004	0,007	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006
Сероуглерод	–	0,0025	0,0042	0,005	0,005	0,0025	0,002	0,0015
Фенол	0,00166	0,0087	0,006	–	–	0,0027	0,0031	0,003
Метиловый спирт	–	0,25	0,25	0,4	0,4	–	–	–
Формальдегид	0,01635	0,0019	0,0011	0,0057	0,0036	0,0018	0,001	0,0054
Бенз(а)пирен	–	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$
Аммиак	0,031	0,034	0,018	0,024	0,035	0,0175	0,025	0,056
Ксилол	–	–	0,5	0,8	0,8	0,3	0,4	0,01

Вариант 5. Витебск

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,058	0,075	0,105	0,15	0,09	0,075	0,06	0,06
Двуокись серы	0,019	0,027	0,028	0,022	0,023	0,015	0,005	–
Двуокись азота	0,011	0,031	0,015	0,023	0,038	0,008	0,008	0,008
Окись углерода	0,375	0,31	0,29	0,27	0,28	0,30	0,30	1,2
Фенол	0,0016	0,00043	0,00052	0,0012	0,0014	0,0015	0,0014	0,0009
Формальдегид	0,0008	–	0,0011	0,0012	0,0011	0,0013	0,0010	0,0024
Бенз(а)пирен	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$	$0,7 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5}$
Аммиак	0,0027	0,0031	0,0208	0,0018	0,001	0,0012	0,0015	0,028

Вариант 6. Гомель

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,09	–	0,12	0,105	0,105	0,105	0,075	0,075
Двуокись серы	0,09	0,015	0,018	0,017	0,023	0,005	0,015	0,01
Окись углерода	0,443	0,372	0,315	0,32	0,35	0,45	0,45	2,1
Двуокись азота	0,032	0,018	0,021	0,0174	0,0019	0,024	0,02	0,016
Окись азота	0,044	0,042	0,047	0,042	0,034	0,03	0,02	0,024
Фенол	0,0011	0,0011	0,0017	0,0024	0,0038	0,0012	0,0012	0,0015
Аммиак	0,058	0,067	0,068	0,072	0,009	0,006	0,002	0,004
Формальдегид	0,0036	0,0037	0,0048	0,0052	–	–	–	0,0042
Бенз(а)пирен	–	–	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$

Вариант 7. Орша

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,015	0,09	0,075	0,105	0,12	0,105	0,105	0,09
Оксид углерода	1,058	4,8	2,1	2,1	2,4	1,5	1,5	1,5
Двуокись азота	0,028	0,048	0,012	0,028	0,04	0,024	0,016	0,012
Бенз(а)пирен	–	–	–	–	–	–	$0,3 \cdot 10^{-5}$	–
Формальдегид	0,0168	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015

Вариант 8. Минск

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,048	0,06	0,0495	0,15	0,195	0,06	0,12	0,135
Двуокись серы	0,03	0,028	0,015	0,0275	0,045	0,018	0,021	0,015
Оксид углерода	0,295	0,225	0,42	0,48	0,403	0,42	0,46	0,9
Двуокись азота	0,024	0,042	0,030	0,030	0,028	0,029	0,031	0,032
Оксид азота	–	–	–	0,11	0,09	0,092	0,091	0,06
Фенол	0,0015	0,0015	0,003	0,0027	0,003	–	–	–
Аммиак	–	0,0062	0,0057	0,0051	0,005	0,0048	0,0044	0,0047
Формальдегид	–	0,0051	0,0052	0,0015	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
Бенз(а)пирен	–	$0,15 \cdot 10^{-5}$	$0,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	–	–	$0,7 \cdot 10^{-5}$

Вариант 9. Новополюцк

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,032	0,075	0,06	0,075	0,06	0,075	0,105	0,075
Двуокись серы	0,09	0,012	0,045	0,08	0,052	0,021	0,07	0,03
Двуокись азота	0,032	0,02	0,015	0,016	0,0158	0,016	0,012	0,012
Окись азота	0,057	0,05	0,04	0,06	0,05	0,047	0,048	0,006
Сероводород	0,0082	0,0064	0,0064	0,0064	0,0024	0,0024	0,0048	0,0032
Фенол	–	0,0045	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0014	0,0015
Аммиак	0,0145	0,008	0,032	0,012	–	0,008	0,008	0,008
Бенз(а)пирен	–	–	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$0,7 \cdot 10^{-5}$	–
Окись углерода	0,602	1,8	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5	0,9
Формальдегид	–	–	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0014	0,0015

Вариант 10. Пинск

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,067	0,075	0,15	0,24	0,195	0,15	0,105	0,105
Двуокись серы	0,024	–	0,02	0,022	0,025	0,024	0,023	–
Окись углерода	0,33	0,24	0,20	0,30	0,25	0,285	0,228	0,9
Двуокись азота	0,02	0,032	0,032	0,02	0,02	0,0275	0,0217	0,02
Формальдегид	–	0,0018	0,0018	0,0021	0,0018	0,0019	0,0021	0,0021
Фенол	0,0012	0,0009	–	0,0009	0,0012	0,0012	0,0011	0,0027

Вариант 11. Светлогорск

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,045	0,105	0,105	0,075	0,075	0,075	0,12	0,075
Двуокись серы	0,03	0,01	0,02	0,023	0,025	–	–	–
Окись углерода	–	0,05	0,25	0,25	0,25	0,28	0,27	0,6
Двуокись азота	0,012	0,016	0,02	0,02	0,02	0,016	0,015	0,028
Сероводород	–	0,0016	0,0016	–	0,0008	0,0024	0,0008	–
Сероуглерод	–	–	0,002	–	0,0005	0,002	–	–
Формальдегид	0,008	0,0006	0,0006	0,0008	0,0018	0,0013	0,0017	0,0018

Вариант 12. Гродно

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,026	0,075	0,075	0,09	0,075	0,075	0,06	0,075
Двуокись серы	0,013	0,034	0,041	0,037	0,045	–	0,025	0,01
Окись углерода	0,45	0,25	0,25	0,24	0,25	0,2	0,35	0,6
Двуокись азота	0,032	0,02	0,016	0,012	0,02	0,027	0,016	0,028
Бенз(а)пирен	–	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Аммиак	–	0,014	0,014	0,013	0,01	0,013	0,011	0,016
Формальдегид	–	0,0045	0,0045	0,0034	0,003	0,0014	0,0015	0,0045

Вариант 13. Мозырь

Контролируемое вещество	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Твердые частицы	0,038	0,135	0,135	0,075	0,075	0,075	0,075	0,072
Двуокись серы	0,025	0,032	0,026	0,027	0,022	0,025	0,026	0,025
Окись углерода	0,242	0,246	0,244	0,246	0,248	0,238	0,0199	0,242
Двуокись азота	0,019	0,018	0,021	0,022	0,008	0,012	0,0077	0,019
Формальдегид	–	–	0,0048	–	0,0075	0,009	–	–
Приземный озон	–	0,9	–	–	0,7	–	–	–
Сероводород	0,0003	0,0072	0,0072	–	0,0112	–	0,0024	0,0032

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПДК ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	
		ПДК _{МР}	ПДК _{СС}
Бенз(а)пирен	1	–	10 ⁻⁵
Хром шестивалентный	1	0,015	0,0015
Свинец и его соединения	1	–	0,0003
Ртуть металлическая	1	–	0,0003
Двуокись азота	2	0,085	0,04
Хлороводород	2	0,2	0,2
Сероводород	2	0,008	0,008
Сероуглерод	2	0,03	0,005
Серная кислота	2	0,3	0,1
Формальдегид	2	0,035	0,003
Цианистый водород	2	0,2	0,2
Диметиловый эфир	2	0,05	0,01
Медь	2	–	0,002
Никель	2	–	0,001
Фенол	2	0,01	0,003
Твердые частицы	3	0,5	0,15
Спирт метиловый	3	1,0	0,5
Двуокись серы	3	0,5	0,05
Динил	3	0,01	0,01
Окись азота	3	0,4	0,06
Ксилол	3	0,2	0,2
Уксусная кислота	3	0,2	0,06
Цинк	3	–	0,05
Сажа	3	0,15	0,05
Окись углерода	4	5,0	3,0
Аммиак	3	0,2	0,04
Хлор	2	0,1	0,03

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПЕРЕЧЕНЬ ВЕЩЕСТВ, ОБЛАДАЮЩИХ ЭФФЕКТОМ СУММАЦИИ

1. Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид.
2. Ацетон, фенол.
3. Ацетон и ацетофенон.
4. Ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол.
5. Ацетальдегид и винилацетат.
6. Аэрозоли – оксид ванадия и оксид марганца.
7. Аэрозоли – оксид ванадия и оксид серы.
8. Аэрозоли – оксид ванадия и оксид хрома.
9. Бензол и ацетофенон.
10. Валериановая, капроновая и масляная кислоты.
11. Вольфрамный и сернистый ангидрид.
12. Гексахлоран и фазолон.
13. 2,3-Дихлор, 1,4-нафтахинон.
14. 1,2-Дихлорпропан, 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен.
15. Изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола.
16. Изобутилкарбинол и диметилвинилкарбинол.
17. Метилгидропиран и метилентетрагидропиран.
18. Триоксид димышьяка и свинца ацетат.
19. Триоксид димышьяка и германий.
20. Озон, диоксид азота и формальдегид.
21. Оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан.
22. Диоксид серы и никель металлический.
23. Диоксид серы и сероводород.
24. Диоксид серы и диоксид азота.
25. Диоксид серы, оксид углерода, фенол и твердые частицы конверторного производства.
26. Диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и фенол.
27. Диоксид серы и фенол.
28. Диоксид серы и фтороводород.
29. Оксид и диоксид серы, аммиак и оксид азота.
30. Сероводород и динил.
31. Сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная).
32. Углерода оксид и твердые частицы цементного производства.
33. Уксусная кислота и уксусный альдегид.
34. Фенол и ацетофенон.
35. Фурфурол, метиловый и этиловый спирты.
36. Циклогексан и бензол.
37. Этилен, пропилен, бутилен и амилен.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

1. Автотранспорт (окись углерода, углеводороды, двуокись азота, сажа, сернистый газ, свинец, бенз(а)пирен, формальдегид).
2. ТЭЦ (окислы серы, окислы азота, сажа, твердые частицы).
3. Промышленные предприятия:
 - черная металлургия (твердые частицы, окись углерода, окислы азота, окислы серы, фенол, формальдегид);
 - промышленность строительных материалов (твердые частицы, окись углерода, окислы азота, окислы серы, фенол);
 - нефтеперерабатывающая промышленность (углеводороды, соединения серы, угарный газ (СО), сероводород);
 - химическая промышленность (сероуглерод, сероводород, меркаптаны (дурнопахнущие органические вещества), окислы азота, соединения фтора, фосфора, аммиак);
 - литейное производство (окись углерода, окислы азота, фенол, формальдегид);
 - гальваническое производство (аэрозоли кислот, щелочей, цианистые соединения);
 - лакокрасочное производство (ацетон и другие растворители).

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПАРАМЕТРЫ ВЫБРОСА НАГРЕТОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСИ

Вариант	M_{SO_2} , мг/с	M_{NO_x} , мг/с	$M_{зола}$, мг/с	H , м	D , м	U_0 , м/с	T_0 , °C	T_a , °C	Степень очистки, %	Характеристика ветра
1	6,0	5,9	63	28	1,0	12,0	160	20	90	Тихий
2	8,0	5,2	42	30	1,4	8,0	125	12	75	Очень крепкий
3	10,0	3,8	14,5	25	1,0	12,5	100	19	76	Легкий
4	30,0	4,2	69,3	28	1,5	15	80	15	78	Слабый
5	25,0	1,5	15	18	0,7	16	90	+10	77	Крепкий
6	15	4,3	14,2	15	0,8	21	130	-5	74	Свежий
7	12	4,2	17	28	1,0	12	160	20	70	Сильный
8	15	7,8	19,2	32	1,5	9	125	25	80	Умерен- ный
9	42,0	6,2	14,1	20	1,2	10	135	-15	85	Тихий
10	19,5	4,3	26,5	24	1,5	14	215	+25	89	Умерен- ный
11	18	2,0	34,5	25	1,7	10	220	+20	84	Легкий
12	7	2,2	44,5	30	1,5	9	180	30	79	Сильный
13	15,4	2	18,9	23	1,2	14	175	-5	80	Очень крепкий
14	16	2,8	14,1	18	1,0	6	170	0	85	Свежий
15	8,0	3,5	27,5	19	1,0	11	200	12	90	Крепкий
16	21	6,6	34,8	35	1,5	19	210	14	92	Легкий
17	32	7,4	52,1	30	1,5	14	190	-20	91	Слабый
18	29	4,2	58,4	40	2,0	9	145	19	89	Тихий
19	15	5,6	62,1	38	1,8	8	140	15	85	Сильный
20	14	9,8	63,2	24	1,5	10	155	-5	75	Умерен- ный
21	13	5,4	50,0	19	1,0	13	180	-10	76	Очень крепкий
22	8	3,2	42,2	20	1,0	12	165	18	80	Свежий
23	7	6,4	24,0	30	1,4	15	160	20	77	Крепкий

Примечание: T_0 – температура выброса, °C; T_a – температура атмосферного воздуха, °C.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

БАЛЛЫ ШКАЛЫ БОФОРТА И ДЕЙСТВИЕ ВЕТРА

Баллы Бофорта	Скорость ветра U_m , м/с	Характеристика ветра	Действие ветра
0	0	Штиль	Отсутствие ветра. Дым из труб поднимается отвесно
1	0,9	Тихий	Дым из труб поднимается не совсем отвесно
2	2,4	Легкий	Движение ветра ощущается лицом. Шелестят листья
3	4,4	Слабый	Колеблются листья и мелкие сучья. Развеваются легкие флаги
4	6,7	Умеренный	Колеблются тонкие ветки деревьев. Ветер поднимает твердые частицы и клочки бумаги
5	9,3	Свежий	Колеблются большие сучья. На воде появляются волны
6	12,3	Сильный	Колеблются большие ветки. Гудят телефонные провода
7	15,6	Крепкий	Качаются стволы небольших деревьев. На море поднимаются пенящиеся волны
8	18,9	Очень крепкий	Ломаются ветки деревьев. Трудно идти против ветра
9	22,6	Шторм	Небольшие разрушения. Срываются дымовые трубы и черепица
10	26,4	Сильный шторм	Значительные разрушения. Деревья вырываются с корнем
11	30,5	Жесткий шторм	Большие разрушения
12	34,8		
13	39,2		
14	43,8		
15	48,6	Ураган	Опустошительные разрушения
16	53,5		
17	58,6		

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПОЛИГОНА ТБО

№ варианта	Кол-во жителей тыс. чел.	Наименование грунта основания	Собственный вес грунта γ , КН/м ³	Удельное сцепление грунта C , кПа	Угол внутреннего трения φ , град.	Коеф. устойчивости откоса η	Заложение откосов чаши, 1: m_1	Региональная норма осадков h , м/год	Число контейнеров в сутки, N
1	50	Песок	16	1,7	24	1,5	1:1	0,52	150
2	60	Супесь	25	18	24	3,0	1:1,5	0,498	160
3	70	Суглинок	35	27	15	3,3	1:2,5	0,5	155
4	90	Песок	19	0,6	30	1,5	1:1	0,55	180
5	100	Супесь	25	7	28	2,6	1:1,75	0,62	200
6	110	Суглинок	20	10	19	2,0	1:2,25	0,633	220
7	100	Глина	26,2	28	14	3,0	1:2,5	0,61	230
8	250	Супесь	27,2	17	25	2,6	1:1,25	0,62	300
9	270	Суглинок	30	20	14	2,8	1:2,75	0,6	350
10	280	Глина	30	30	9	3,9	1:3	0,58	320
11	300	Песок	16	1,5	38	2,2	1:1	0,6	310
12	350	Супесь	22	15	23	3,7	1:2	0,498	350
13	400	Глина	29	30	11	3,6	1:2,5	0,54	400
14	450	Глина	30	28	6,5	3,4	1:3	0,64	420
15	500	Супесь	25	11	5	1,96	1:2,5	0,630	450
16	500	Суглинок	21	38	25	1,7	1:2,75	0,54	450
17	750	Глина	22	41	25	2,8	1:3	0,62	500
18	750	Песок	10	1,6	39	0,5	1:1	0,65	520
19	50	Песок	16	1,7	35	2,0	1:1	0,52	150
20	60	Супесь	30	12	17	2,1	1:1,5	0,498	160
21	70	Суглинок	30	20	15	3,0	1:2,5	0,5	155
22	90	Песок	17	2	30	1,8	1:1	0,55	180
23	100	Супесь	18,5	7	28	2,5	1:1,75	0,62	200
24	110	Суглинок	20	15	10	2,7	1:2,25	0,633	220
25	100	Глина	30	30	14	3,8	1:2,5	0,61	230
26	250	Супесь	25	15	25	3,1	1:1,25	0,62	300
27	270	Суглинок	22	20	14	3,6	1:2,75	0,6	350
28	280	Глина	25	23	9	3,5	1:3	0,58	320

Учебное издание

УЛАСИК Тамара Михайловна
БУСЕЛ Иван Андреевич
МЯКОТА Вячеслав Геннадьевич и др.

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»,
1-70 03 01 «Автомобильные дороги»,

Редактор *Н. Ю. Казакова*
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 23.02.2024. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,53. Уч.-изд. л. 2,30. Тираж 150. Заказ 788.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.