

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и охраны природы

ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

*Методические рекомендации
по проведению лабораторных работ*

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2014*

УДК 502:911.372(076.5)
ББК 20.1я73
Э40

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 28.10.2014 г.

Составитель: заведующий кафедрой экологии и охраны природы ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент **И.А. Литвенкова**

Рецензенты:

доцент кафедры географии ВГУ имени П.М. Машерова,
кандидат педагогических наук *С.В. Чубаро*;
директор НИИ ПВМ и БУО «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины»,
кандидат ветеринарных наук, доцент *И.Н. Дубина*

Экология городской среды : методические рекомендации
Э40 по проведению лабораторных работ / сост. И.А. Литвенкова. –
Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2014. – 47 с.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с учебной программой по курсу «Экология городской среды» для студентов, обучающихся по специальности 1-33 01 01 «Биоэкология». В данном учебном издании представлен материал по отработке практических навыков студентов, необходимых при изучении экологии городской среды. Лабораторные работы содержат материал по анализу состояния и оценки степени загрязнения почвенной, водной и воздушной среды в условиях урбанизированных территорий. Предназначено для студентов, обучающихся по биолого-экологическим специальностям вуза, учителям биологии и экологии.

УДК 502:911.372(076.5)
ББК 20.1я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. Оценка экологической совместимости населенных мест и природной среды	5
Лабораторная работа № 2. Функциональное зонирование территории города	12
Лабораторная работа № 3. Экологический анализ загрязненности городских почв в Республике Беларусь	17
Лабораторная работа № 4. Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям	22
Лабораторная работа № 5. Биологическая очистка сточных вод: оценка качества работы очистных сооружений по гидробиологическим показателям	25
Лабораторная работа № 6. Экологический анализ атмосферного воздуха городов Беларуси.....	30
Лабораторная работа № 7. Оценка шумового режима автотранспорта по эквивалентному уровню звука $L_{A\text{ экв}}$ расчетным и графоаналитическим методами в условиях городской среды	35
Лабораторная работа № 8. Определение зон рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере	38
Ответы к тестам	44
Тематика рефератов по УСР «Энергетические объекты городов»	45
Рекомендуемая литература	46

ВВЕДЕНИЕ

В данное издание включены лабораторные работы, отражающие практическое использование и закрепление усвоенного материала по курсу «Экология городской среды».

Методические рекомендации включают основные аспекты экологии городской среды, связанные с анализом и оценкой степени загрязненности водной, воздушной и почвенной сред в урбанизированных регионах. Данные вопросы рассматриваются на примере городов Беларуси. Уделяется внимание рассмотрению вопросов нормирования окружающей среды, основанного на определении предельно допустимых концентраций веществ. Изучаются методы оценки качества почв, вод и воздушной среды в условиях города.

Рассмотрены вопросы экологического равновесия на урбанизированных территориях, приводятся методы оценки экологической совместимости населенных мест и природной среды. Рассматриваются методы оценки работы водоочистных сооружений по гидробиологическим показателям: принципы работы аэротенков, методы количественного учета и индикаторной оценки сообщества активного ила.

Каждая лабораторная работа включает «Контрольные вопросы», на которые студент должен уметь ответить при подготовке и отработке практического материала. Приводится список необходимого оборудования, а также задания по выполнению лабораторных работ. В конце каждой лабораторной работы приводится контролирующий материал в виде тематического теста, по проверке усвоенного материала. Приведен список рефератов по учебной самостоятельной работе и список рекомендуемой литературы по данному курсу.

Лабораторная работа № 1

Оценка экологической совместимости населенных мест и природной среды

Цель работы: рассчитать производственные показатели, оценить демографическую емкость территории.

Контрольные вопросы:

1. Пределы градостроительной емкости территории; полное, условное и относительное экологическое равновесие экосистемы.
2. Понятие биоэкономической территориальной структуры. Зоны хозяйственной активности, буферная и компенсационная, их функции.
3. Стратегия урбоэкологического зонирования территорий планировочных районов по их демографической емкости. Создание природных каркасов.
4. Концепция устойчивого развития городов.
5. Пути оптимизации городской среды.

Экологическое равновесие в урбоэкологии определяют как состояние природно-антропогенной среды, при котором обеспечивается ее длительная устойчивость. При этом не нарушаются условия репродуктивности основных абиотических элементов геосферы: воздуха, воды и почв. Критерием экологического равновесия является экологическая емкость территории, т.е. способность поглощать посторонние вещества и энергию без существенного изменения параметров окружающей среды. Одним из факторов, положенных в основу градации антропо-природных систем, принята плотность населения. Различают три уровня: полного, условного и относительного равновесия.

Полное экологическое равновесие применительно к средней полосе обеспечивается на территориях с плотностью населения не более 60 чел./км². Считается, что в системе расселения с такой плотностью обеспечивается достаточно сбалансированное соотношение между природой, урбанизированной средой и техникой. Однако влияют и другие факторы, например климат, гидрологическая и биосферная ситуации. Так, при указанной выше плотности леса должны занимать не менее 30% площади.

Условное экологическое равновесие создается, когда природные ресурсы естественно воспроизводятся, но не в полной мере. Это характерно для урбанизированных территорий с плотностью населения не выше 100 чел./км² и лесистостью 20–30%.

Относительного экологического равновесия в средней полосе можно достигнуть в тех случаях, когда урбанизированная территория оказывается нагруженной в пределах допустимых воздействий, но полное воспроизводство компонентов природной среды не обеспечивается. Тогда геохимическое и биохимическое равновесие частично нарушается, поскольку ландшафты не способны полностью нейтрализовать загрязнение среды. Однако она не деградирует. Сохраняется устойчивое взаимодействие элементов экосистемы.

Экологическое равновесие может быть достигнуто только на обширных территориях, поскольку плотно застроенный город не в состоянии обеспечить воспроизводство основных природных ресурсов. Охраняемые природные территории и лесные массивы, почво- и водоохранные зоны создают не только для сохранения ценных ландшафтов, редких видов флоры и фауны. Они приобретают новую функцию – противовеса негативному воздействию индустриализации.

Урбанизированные образования, как правило, представляют собой зависящие экосистемы, потребляющие природные ресурсы на значительных территориях. Чем больше город, тем значительней ареал его влияния, где возникают предпосылки нарушения экологического равновесия в природной среде. Один из путей решения экологического равновесия – определение экологической емкости территории (ЭЕТ) с существующей антропогенной нагрузкой (ЭЕТ – естественная способность претерпевать антропогенную нагрузку без существенного нарушения природного равновесия).

Основной показатель экологической совместимости населенных мест и природной среды - демографическая емкость территории (ДЕТ) – порог расчетного количества населения на единицу площади, увеличение которого возможно только при одновременном выполнении ряда экологических условий. ДЕТ определяют поэтапно, оценивая систему критериев.

Материал и оборудование: калькулятор, таблицы с исходными данными к работе.

Задание 1. Произвести расчет и анализ частных емкостей территории по исходным показателям: S (площадь территории) = 600 км²; $t_{н.о.}$ = -20⁰С; $\Delta S_{лес}$ = 0,25; $S_{раст.}$ = 100 км²; $K_{тер1}$ = 0,4, $K_{тер2}$ = 0,3, $K_{тер3}$ = 0,3; G_m = 4м³/с; $P_ж$ = 0,4 м³/чел. в сут; $k_{расх}$ = 1,8.

Работа выполняется по вариантам: 1 вариант $K_{акт}$ = 1,5; 2 вариант $K_{акт}$ = 2, 3 вариант $K_{акт}$ = 2,5.

По полученным результатам N_1 - N_4 заполнить таблицу 1. Произвести анализ частных емкостей территорий: выявит показатели с критической нагрузкой, на основании чего сделать вывод о наиболее уязвимых звеньях при планировании территории. Отметить возможные пути увеличения ДЕТ по критическому показателю.

Таблиц 1 – Производственные показатели оценки допустимой емкости территории

Показатель хозяйственной активности, $K_{акт}$	Частные значения допустимой емкости территории, тыс. чел.			
	N_1	N_2	N_3	N_4
1,5				
2,0				
2,5				

Ход работы

I этап. На первом этапе выявляют значение исходных показателей. Эти показатели объединяют в четыре группы.

1. группа – территориальные показатели:

- общая площадь района (S);
- площадь урбанизированных территорий: всех населенных мест, отдельно стоящих промышленных и коммунально-складских зон, внегородских транспортных коммуникаций и объектов дорожного хозяйства (S_v);
- площадь урбанизированных территорий, выделяемая для новых поселений или расширения существующих (S_y^r);
- площадь растительного покрова, но без лесов и пашенных земель, существующего ($S_{раст}$) и по проекту планировки ($S_{раст}^r$);

– общая площадь территорий интенсивного сельскохозяйственного использования, существующая ($S_{СХ}$) и намечаемая для расширения сельскохозяйственной базы и пригородного садоводства ($S_{СХ'}$);

2. группа – показатели, характеризующие *гидросферу*.

– кратность водообмена, которая зависит от скоростей течения. Они должны превышать 0,2 м/с;

– расходы воды, которые не должны быть меньше $5 \text{ м}^3/\text{с}$;

– меженные расходы G_M в пригодных для водопотребления водоемах и водотоках на входе в изучаемый район, м/с.

3. группа – показатели, характеризующие *свойства биосферы* – растительных сообществ по ведущим факторам, лимитирующим экологическую устойчивость системы. Эти факторы включены в таблицу 2.

4. группа – показатели, характеризующие *потребление природных ресурсов*.

а) *Уровень хозяйственной активности жителей населенных мест*. Его выражают коэффициентом $K_{акт.}$. При минимальной активности промышленно-хозяйственной деятельности $K_{акт.} = 1,5$, при средней $K_{акт.} = 2$, а при высокой $K_{акт.} = 2,5$.

б) *Структура потребляемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР)*. В практике обычно используют: 1) электроэнергию; 2) жидкое топливо и природный газ; 3) твердое топливо, уголь, сланец и т.д. Суммарную величину ТЭР определяют как сумму долей используемых видов в общем балансе энергоносителей и представляют в виде $TЭР = K_{тер1} + K_{тер2} + K_{тер3} = 1$.

Таблица 2 – Ведущие факторы растительных сообществ, лимитирующие экологическую устойчивость системы

Растительные сообщества	Минимально допустимая доля		Среднегодовой радиационный баланс R , ккал/см ² в год	Интенсивность газообмена, т/га в год		Продукция массы сухого вещества C , т/га в год
	лесистости $\Delta S_{лес}$, %	особо охраняемых зон $\Delta S_{охр}$, %		q (CO ₂)	q (O ₂)	
1	2	3	4	5	6	7
Природные						
Лесотундра	–	90	10–20	1,6	1,2	0,1
Северная и южная тайга	20	80	20–30	5,0	3,8	3,0
Южная тайга	25	45	30–35	7,6	6,0	4,8
1	2	3	4	5	6	7
Смешанные леса	25	30	35–40	9,0	6,7	5,7
Широколиственные леса	30	25	35–40	14,5	10,2	9,0
Лесостепи	12	35	40–45	6,5	5,0	4,0
Степи	7	40	45–50	4,5	3,3	3,0
Полупустыни	–	40	45–55	1,0	0,75	0,7

Антропогенные (в условиях смешанных и широколиственных лесов средней полосы)						
Сельхоз- угодья	–	–	–	4,8–7,2	3,5–5,4	3–4,5
Парки и лесопарки	–	–	–	6,3–8,2	4,7–6,2	0,7
Озеленен- ное насе- ленное место	–	–	–	1,0–1,3	0,8–1,0	0,6–0,8

в) Расход воды на жилищно-коммунальные и промышленные нужды. Его определяют по планируемой норме водопотребления на одного жителя. Если в структуре промышленности нет водоемких производств, то промышленные расходы воды учитывают, вводя коэффициент $K_{вод}$. По статическим данным его можно принимать порядка $K_{вод} = 1,7$.

II этап. На втором этапе определяют производственные показатели, необходимые для обоснования экологической емкости территории.

Частную емкость территории по расходу энергии (E_1) определяют, исходя из того, что критерием является безопасный максимум использования энергии из поверхности земли. Тогда емкость тун/год рассчитывают по формуле:

$$E_1 = 4,29 RS, (1)$$

где 4,29 – коэффициент пересчета величины 0,003 ккал/см²/год в тун/км² в год; R – среднегодовой радиационный баланс территории, ккал/см² в год; S – площадь территории исследуемого района, км². Исходя из этого частная демографическая емкость территории, вычисленная по возможностям потребления энергии (емкости E_1), будет равна:

$$N_1 = E_1 / K_{акт} \cdot \text{Эуд}, (2)$$

где N_1 – допустимое количество жителей района, чел., при разном значении коэффициента $K_{акт}$, Эуд – нормативная величина удельного годового энергопотребления одним жителем на жилищно-коммунальные нужды в различных климатических условиях, тун/чел год. Эту величину рассчитывают по формуле:

$$\text{Эуд} = 0,65 - 0,02 (tn.o. + 5), (3)$$

где $tn.o.$ – расчетная температура наружного воздуха, которую принимают в расчете отопления зданий в пределах $tn.o. < -5^{\circ}C$ как среднюю температуру наиболее холодной пятидневки.

2. *Частную емкость территории по условиям эмиссии углекислого газа в атмосферу (E_2)* определяют с учетом ассимиляционной способности растительного покрова района. При расчете учитывают, что растительные сообщества не однородны. Поэтому данные, приведенные в графе 5 табл.2, корректируют поправочными коэффициентами.

$$E_2 = 0,07(S \cdot \Delta S_{лес} \cdot \alpha + S_{раст} \cdot \rho) q(CO_2)100, \text{ т}(CO_2)/\text{год} (4)$$

где S – площадь территории района, км²; $\Delta S_{лес}$ – показатель лесистости, доли единицы; $S_{раст}$ – площадь растительного покрова без лесов и пашен, км²; $q(CO_2)$ – интенсивность газообмена – ассимиляции углекислого газа растительным сообществом, т/год, принимается по табл. 2; α – поправочный коэффициент к

показателю лесистости, принимаемый по табл. 3; ρ – то же, к показателю площади растительного покрова, принимаемый по той же таблице.

Таблица 3 – Значения поправочных коэффициентов в зависимости от типа растительных сообществ

Тип растительного сообщества	Значения поправочных коэффициентов	
	α	ρ
Смешанные, широколиственные и таежные леса	1,3	0,85
Лесостепи и степная зоны	1,4	0,9

Исходя из полученной величины E_2 определяют частное ДЕТ по условию эмиссии углекислого газа. Демографическая нагрузка будет равна:

$$N_2 = E_2 / K_{\text{акт}} \cdot \text{Эуд} (1,2 \cdot k_{\text{тэп}2} + 3,3 \cdot k_{\text{тэп}3}) + 0,32, \quad (5)$$

где N_2 – допустимое количество жителей по второму условию, чел.; $k_{\text{тэп}2}$ – относительная величина использования второго вида ТЭР в топливно-энергетическом балансе территории; $k_{\text{тэп}3}$ – то же, третьего вида; 1,2 и 3,3 – коэффициенты, которыми учитывают выделяемый CO_2 при сжигании 1 т второго и третьего видов; 0,32 – среднее количество углекислого газа, выделяемого в процессе жизнедеятельности человека, т(CO_2)/чел. в год.

3. Частную емкость территории по условию воспроизводства кислорода атмосферой (E_3) определяют, учитывая нормы его изъятия.

$$E_3 = 0,12 q(\text{O}_2) (S \cdot \Delta S_{\text{лес}} \cdot \alpha + S_{\text{раст}} \cdot \rho) \cdot 100, \quad \text{т}(\text{O}_2)/\text{год},$$

где $q(\text{O}_2)$ – интенсивность газообмена – воспроизводства кислорода растительным сообществом, т/год, принимаемая по табл. 1.

Тогда частную допустимую нагрузку или ДЕТ по расходу кислорода определяют по формуле:

$$N_3 = E_3 / 2,5 K_{\text{акт}} \cdot \text{Эуд} (1 - k_{\text{тэп}1}) + 0,29, \quad (6)$$

где N_3 – допустимое количество жителей района по условиям воспроизводства кислорода, чел.; 2,5 – коэффициент, которым учитывают изъятие кислорода стационарными и мобильными объектами, включая транспорт, при сжигании органического топлива разного состава, т/тут; $k_{\text{тэп}1}$ – потребляемое количество электроэнергии в структуре топливно-энергетического баланса территории, доли единицы; 0,29 – среднее количество кислорода, поглощаемое человеком в процессе жизнедеятельности, т/чел, в год.

4. Частную емкость территории, $\text{м}^3/\text{сут}$, по наличию ресурсов поверхностных вод (E_4) определяют по формуле:

$$E_4 = K_{\text{вод}} \cdot G_M \cdot 86400, \quad (7)$$

где G_M – меженный расход воды в пригодных для водозабора водоемах и водотоках, м³/с; $K_{\text{вод}}$ – предел экологически безопасного изъятия воды всеми пользователями. Оптимальное значение $K_{\text{вод}} = 0,1$.

Частная ДЕТ по расходу воды на жилищно-коммунальные нужды проверяется по формуле:

$$N_4 = E_4 / P_{\text{ж}} \cdot K_{\text{акт}} \cdot k_{\text{расч}}, \quad (8)$$

где N_4 – допустимая численность населения по условиям обеспечения водой бытовых, коммунальных и производственных нужд, чел.; $P_{ж}$ – планируемая норма среднесуточного водопотребления с учетом коммунально-бытовых нужд. Эта норма принимается в пределах $0,35 < P_{ж} < 0,5$, м³/чел. в сут; $k_{расх}$ – повышающий коэффициент, которым учитывают характер водопотребления. При отсутствии таких водоемких производств, как обогащение полезных ископаемых, металлургия, электроэнергетика, целлюлозно-бумажное и др., а также орошаемых земель, на основании статистических данных повышающий коэффициент принимают в пределах $1,7 < k_{расх} < 1,9$.

Задание 2. Произвести оценку условий совместимости антропогенной и природной подсистем, для района площадью (S) равной 900 км², $S_y=90$ км², $S_{сх}=30$ км², $S_y^r = 10$ км², $S_{сх}^r = 20$ км², $S_{расх}=100$ км², $N_g = 150$ чел./км².

Первое условие – соотношение территорий хозяйственного использования и охраняемых. Критерием выполнения этого условия является соотношение:

$$\Delta S_{охр} > (1 - S_{хоз}/S)100, (9)$$

где $\Delta S_{охр}$ – доля особо охраняемых зон естественной природы, определяемая по табл. 1 в зависимости от вида растительного сообщества; S – общая площадь рассматриваемого района, км²; $S_{хоз}$ – площадь территорий интенсивного хозяйственного использования, км². Территория $S_{хоз}$ включает земли, занятые существующими и проектными урбо- и агроценозами. Эту величину представляют:

$$S_{хоз} = (S_y + S_{сх}) + (S_y^r + S_{сх}^r) (10)$$

Второе условие – плотность населения – связанное с суммарным энергопотреблением.

$$P_{н.э.} = N_g (1 - k_{тэп1}) S, (11)$$

где N_g – допустимая численность населения, чел./км², $k_{тэп1}$ – доля использования электроэнергии в ТЭР, произведенной вне территории.

Третье условие – способность биосферы к воспроизводству ресурсов – устанавливают степень репродуктивности биотической составляющей системы.

$$I_p = P^f / P_s, (12)$$

где P^f – ожидаемая биопродуктивность по проекту, P_s – то же, эталонная для данного природного сообщества.

Эталонную биопродуктивность P_s , т/год, ориентировочно определяют по формуле:

$$P_s = 100 C (S \cdot \Delta S_{лес} \cdot \alpha + S_{расх} \cdot \rho), (13)$$

где C — продукция массы сухого вещества, т/га в год, зависящая от вида растительного сообщества и принимаемая по табл. 1.

Ожидаемую биопродуктивность P^f т/год, проектируемой в первом приближении определяют по формуле:

$$P^f = 100 C k_{биопрод} [\rho (S_{расх} - S_y^r - S_{сх}^r) + S \Delta S_{лес}] + 100 (C_y S_y^r + C_{сх} S_{сх}^r), (14)$$

где C_y , $C_{сх}$ – продукция массы сухого вещества, соответствующая урбо- и агроценозам, т/га в год, принимаемая по таблице 2; $k_{биопрод}$ – коэффициент снижения биопродуктивности растительности, $k_{биопрод} = 1$, при благоприятном состоянии

природной среды; 0,98, при слабом загрязнении; 0,9 при загрязненном состоянии; 0,8 при сильном загрязнении.

Значение индекса репродукции $I_p > 1$ указывает на сохранение оптимального воспроизводства биомассы. Такая ситуация способствует устойчивости развития урбосистем. Величина $I_p < 1$ свидетельствует о нестабильности экологического состояния биогеоценоза БТС, поскольку условия воспроизводства будут нарушены активным антропогенным вмешательством, предусмотренным проектом. В связи с этим необходимо сокращать хозяйственную активность на территории.

Тест «Урбоэкологическое зонирование региона и агломерации»

1. Экологическое равновесие в урбоэкологии определяют как: а) состояние экосистемы, при котором сохраняются постоянными биологическое разнообразие (состав биоты), биологическая продукция и круговороты элементов питания; б) состояние природно-антропогенной среды, при котором обеспечивается ее длительная устойчивость; в) состояние среды, в которой нарушаются условия репродуктивности основных абиотических элементов геосферы; г) нет правильного ответа.

2. Какие уровни экологического равновесия различают: а) уровень полного, условного, относительного равновесия; б) уровень полного, неполного, смешанного равновесия; в) макро-, микро- и мезоуровни равновесия; г) абсолютно-го, раздельного и экологического равновесия.

3. Для каких урбанизированных территорий характерно условное экологическое равновесие: а) с плотностью населения выше 100 чел/км² и лесистостью 20-30%; б) с плотностью населения выше 150 чел/км² и лесистостью 20–30%; в) с плотностью населения выше 170 чел/км² и лесистостью 25–40%; г) с плотностью населения выше 200 чел/км² и лесистостью 25–40%.

4. К зоне наибольшей хозяйственной активности, входящей в БТС (биоэкономическую территориальную систему) относят: а) крупные города; б) зоны с интенсивным сельским хозяйством; в) комплексы предприятий с добывающей промышленностью; г) все ответы правильные.

5. Природный каркас города строится с учетом: а) размещения промышленных предприятий и жилой застройки; б) озелененности города; в) величины города и расположением узлов коммуникации; г) величины города, профиля градообразующей базы и особенностей биосферы.

6. Город рассматривается как: а) территориальная структура, образованная на месте естественного ландшафта, претерпевающая постоянные антропогенные изменения с учетом градостроительных нормативов; б) биоэкологическая территориальная структура, которая обеспечивает экологическое равновесие на перспективу; в) целостный антропоприродный комплекс, где обществом должны быть обеспечены и сохранены для потомков оптимальные условия существования; г) нет правильного ответа.

7. Цель инженерных инфраструктур заключается в: а) поддержании экологически чистого атмосферного воздуха; б) обеспечении населения в ресурсах (чистой воде, электричестве); в) деградации земельных ресурсов; г) все ответы верны.

8. Проблемой визуальной среды ландшафта является: а) деформированность видимой среды; б) взаимное расположение селитебной и внеселитебной зон; в) степень расчлененности естественных ландшафтов; г) выделение и сохранение естественных ландшафтов.

9. Зона экологического равновесия в БТС (биоэкономической территориальной системе) создается с целью: а) развития промышленности; б) развития го-

родских агломераций; в) компенсации экологически неполноценных регионов; г) сохранения ландшафтов, необходимых для воспроизводства природных ресурсов.

10. Функция пригородной зоны города: а) обеспечение населения рабочими местами; б) обеспечение города продукцией; в) обеспечение города электричеством; г) обеспечение города чистым воздухом.

11. Основные планировочные структуры города: а) концентрическая; б) полосовидная и секторная; в) многоядерная; г) все ответы верны.

12. Гомогенные поля это: а) видимые элементы, которые включают ряд одинаковых элементов; б) агрессивные поля; в) поверхность, на которой отсутствуют видимые элементы, или их число минимально; г) элемент видимой среды.

13. Зоны наибольшей хозяйственной активности включают: а) крупные промышленные города, центры интенсивного сельского хозяйства; б) охраняемые природные территории; в) пригородные лесные массивы; г) все ответы правильные.

14. Историческое ядро города это: а) небольшая по размерам территория, в которой сосредоточены промышленные предприятия; б) небольшая территория, в которой сосредоточены архитектурные, административные, культурные и деловые центры; в) небольшая территория, в которой сосредоточены парки, скверы, насаждения зеленых массивов; г) территория, в которой сосредоточены административные сооружения.

15. Согласно классификации городов по функциональному назначению выделяют: а) города – промышленные центры; б) города – административные центры; в) ресурсные города; г) все ответы верны.

Лабораторная работа № 2

Функциональное зонирование территории города

Цель работы: оценить зонирование территории жилого района как средства экологического регулирования проектного решения, обеспечивающего приоритетность вопросов охраны окружающей среды.

Контрольные вопросы:

1. Основные виды планировочной структуры города и их краткая характеристика.
2. Основные функциональные зоны города.
3. Селитебная зона города, ее функции, общий принцип формирования.
4. Перечислите основные элементы селитебной территории.
5. Внеселитебная зона города, ее назначение.
6. Каковы основные требования взаимного размещения селитебной и внеселитебной зон при функциональном зонировании территории города.

В основе функциональной организации территории города лежит принцип зонирования, согласно которому выделяют три основные зоны: селитебная, внеселитебная (производственная), ландшафтно-рекреационная.

Селитебная зона – территория, предназначенная для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, в том числе научно-исследовательских институтов и их комплексов, а также отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон. Основными элементами селитебной территории являются: жилые микрорайоны и кварталы; участки учреждений и предприятий обслуживания внемикрорай-

онного значения; – зеленые насаждения общего пользования внемикрорайонного значения; – улицы, дороги, проезды, площади внемикрорайонного значения.

Внеселитебная зона предназначена для размещения промышленных предприятий и связанных с ними объектов, комплексов научных учреждений с их опытными производствами, коммунально-складских объектов, объектов инженерной инфраструктуры, сооружений внешнего транспорта, путей внегородского и пригородного сообщений. В составе производственной зоны обычно выделяют подзоны (районы): промышленные; научные и научно-производственные; санитарно-защитные; коммунально-складские.

Ландшафтно-рекреационная зона – зона, в которой находятся места массового отдыха населения, крупные массивы зелени, курортные территории и районы охраняемого ландшафта.

Городская территория включает в себя также прочие земли, где размещаются питомники, кладбища, отдельные объекты инженерной инфраструктуры и внешнего транспорта, полигоны по обезвреживанию бытовых отходов, земли для ведения сельского хозяйства и др.

Материал и оборудование: карта города Витебска.

Задание. По предложенному плану и карте города оценить территорию выбранного района города:

1. Оценить местоположение района в структуре городских территорий в соответствии с их экологическими характеристиками.
2. Оценить влияние ландшафтных характеристик территории и прилегающих территорий на их функциональное зонирование и планировочное решение.
3. Выделить важные положительные и отрицательные факторы воздействия на территорию изучаемого района.

План функционального зонирования территории жилого района

1. Эколого-градостроительные требования к проекту планировки жилого района.

1.1. Современный жилой район, как правило, формируется на межмагистральных территориях площадью более 500 га группами кварталов. Границами территории жилого района являются **красные линии** магистралей общегородского и районного значения, а в случае примыкания к другим функциональным зонам – утвержденные границы и планировочные ограничения (технические зоны и др.).

В структуре территорий жилого района участки или кварталы жилого типа занимают более 25% территории, а участки или кварталы других типов менее 25% каждый. Размещение новых жилых районов осуществляется на свободных и реконструируемых территориях.

Нормативами установлены следующие требования к застройке территории селитебного назначения:

- удобный рельеф, допускающий возведение зданий и сооружений, прокладку улиц и дорог, организацию сбора и отвод поверхностных вод, сохранение рельефа местности;
- устойчивые грунты;
- благоприятные условия для организации инженерного обеспечения водоснабжения, канализации, теплоснабжения, транспортного обслуживания.

1.2. На территории жилого района размещаются: микрорайоны, жилые кварталы, объекты общего пользования с участками периодического обслужива-

ния, в том числе спортивные сооружения, зеленые насаждения, а также коммунальные объекты, гаражи-стоянки и др.

1.3. Территория жилого района регламентируется следующими **нормативными показателями:**

- плотностью застройки жилых, смешанных жилых участков (суммы участков); соответствующей требованиям застройки структурной части города;
- удельными размерами территории общего пользования;
- плотностью населения на территории жилого района в межмагистральных территориях площадью: от 500 до 1000 га – 200–280чел./га, более 1000 га – 170–240 чел./га;

– обеспеченностью жителей района озелененными территориями, которая складывается из суммы удельных площадей: озелененных площадок придомовой территории, 50% участков детских дошкольных учреждений, 40% участков школ, участков зеленых насаждений общего пользования жилого района (микрорайона).

1.4. Функционально-планировочная организация территории жилого района должна учитывать геоморфологические и микроклиматические условия, способствующие рассеиванию, вредных примесей в атмосферном воздухе.

1.5. При проектировании уличной сети жилого района необходимо учитывать существующий и перспективный уровень загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспорта и предусматривать планировочные и технические мероприятия по локализации зон загазованности.

1.6. В случае примыкания жилого района к территориям с зелеными насаждениями общего пользования следует осуществить организацию их буферной части для обеспечения потребности населения жилого района в озелененных территориях, но не далее, чем в 15-минутной доступности и без уничтожения существующих зеленых насаждений. Расстояние между жилой застройкой и ближним краем лесопаркового массива следует принимать не менее 30 м для лиственных и 50 м для хвойных пород.

1.7. Расстояние от края проезжей части скоростных городских дорог до линии жилой застройки устанавливается на основании расчета уровня шума. В зоне шумового дискомфорта следует размещать зеленые насаждения, гаражи, стоянки, АЭС и другие коммунальные сооружения, отдельные объекты обслуживания.

Таблица 1 – Нормируемые элементы территории жилого района

Элементы территории жилого района	Удельные площади элементов территории жилого района, м ² /чел.	
	Межмагистральные территории площадью	
	500–1000 га	более 1000 га
Территории общего пользования жилого района всего	не более 14,0	не более 16,0
В том числе:		
участки спортивных сооружений	не менее 1,0	не менее 1,2
участки зеленых насаждений	не менее 4,0	не менее 5,0
участки коммунальных объектов	не более 0,2	не более 0,2
участки гаражей-стоянок	не более 0,8	не более 0,8

1.8. Гаражи-стоянки на территории жилого района целесообразно размещать на участках коммунального и общественного назначения, территориях транспортных сооружений, на участках с резким перепадом рельефа.

2. Оценка общего функционального зонирования территории должна учитывать всю совокупность факторов, оказывающих воздействие на проектируемую территорию.

Среди факторов, оказывающих отрицательное влияние, необходимо, прежде всего, выделить воздействие промышленных и энергетических объектов, крупных объектов коммунального хозяйства, транспортных магистралей (автомобильные и железнодорожные), мостов, эстакад и других сооружений. Перечисленные объекты могут находиться за пределами проектируемого района, однако их влияние необходимо учитывать при определении зоны эколого-планировочных ограничений.

Важные положительные факторы воздействия – крупные зеленые массивы, реки и большие водоемы, открытые пространства, имеющие контакты с лесопарковой зоной.

2.1. Последовательность проведения оценки функционального зонирования территории жилого района целесообразно принять следующую:

- анализ существующей градостроительной ситуации, положения района в системе городской застройки в соответствии с основными требованиями и положениями разделов «Охрана окружающей среды» в Концепции генерального плана города, территориальных комплексных оценок и концепций развития административной территории, включающей проектируемый или реконструируемый район;

- анализ ландшафтной ситуации и пригодности территорий, наличия на проектируемых или прилегающих участках объектов природного комплекса (лесопарков, парков, водных объектов) и ландшафтно-исторических объектов (охраняемых зон памятников истории и культуры, усадеб, зон охраняемого ландшафта, и др.);

- анализ промышленно-производственных, коммунально-складских, энергетических и других инженерных объектов, транспортных сооружений, крупных транспортных коммуникаций (в т.ч. авиационных и железнодорожных).

2.2. В условиях реконструкции жилого района следует осуществлять ряд дополнительных исследований:

- анализ возможностей оптимизации плотности застройки и выделение зон ограниченного использования территории для наземного и подземного строительства;

- анализ существующих и проектируемых красных линий застройки, линий природоохранного регулирования;

- анализ существующей системы озеленения, оценку возможностей его оптимизации за счет сноса ветхого фонда;

- оценку акустического режима территории и выделение территорий и объектов шумового дискомфорта;

- исследование загрязненности почв и воздуха для уточнения размеров санитарно-защитных зон от коммунальных и производственных объектов;

- обоснование предложений по выводу нежилых объектов с территории жилого района.

2.3. Оценка воздействия производственно-коммунальных объектов и улично-дорожной сети, расположенных внутри и на границах проектируемой территории, должна включать:

- функциональные характеристики объектов, целесообразность их сохранения;

- установление границ санитарно-защитных зон и планировочных ограничений.

Оценка воздействия объектов на окружающую среду по отдельным параметрам (шум, вибрация, загрязнения и пр.) и разработка комплексных мероприятий.

2.4. Оценка воздействия существующих транспортных магистралей и объектов, инженерной инфраструктуры должна содержать.

2.5. Анализ системы открытых пространств – существенный аспект оценки функционального зонирования территории, так как открытые пространства – важнейшие структурно-планировочные элементы с различными функциональными характеристиками. К ним относятся компоненты природного ландшафта (водоемы, озелененные территории общего пользования – бульвары, скверы и др.), свободные территории и т.д. В результате анализа должны быть выявлены тенденции развития и трансформации открытых пространств, установлены их планировочные, функциональные и пространственные взаимосвязи с различными элементами жилого района и прилегающих территорий.

Характер застройки, высотность, плотность, композиционно-градостроительное решение должны способствовать активному визуальному раскрытию особенностей естественного рельефа, водных и зеленых массивов. Высокое качество функционально-планировочной и архитектурно-пространственной организации жилого района должно рассматриваться как существенный экологический фактор, обеспечивающий визуально-эстетический комфорт и благоприятность проживания.

Тест «Функциональное зонирование территории города»

1. Основными элементами селитебной территории являются: а) места массового отдыха населения; б) жилые микрорайоны и кварталы; в) полигоны по обезвреживанию бытовых отходов; г) территория промышленных предприятий.

2. Плотность населения на территории жилого района в межмагистральных территориях площадью от 500 до 1000 га составляет: а) 50–100 чел./га; б) 100–170 чел./га; в) 180–240 чел./га; г) 200–280 чел./га.

3. Функционально-планировочная организация территории жилого района должна учитывать: а) геоморфологические и микроклиматические условия; б) архитектурные особенности; в) особенности размещения промышленных предприятий; г) климатические условия.

4. Важные положительные факторы воздействия на проектируемую территорию это: а) жилая застройка и парки; б) зеленые массивы, реки и водоемы; в) транспортные магистрали, мосты и другие сооружения; г) территория промышленных предприятий.

5. Факторы, оказывающие отрицательное влияние на проектируемую территорию это: а) открытые естественные пространства; б) промышленные предприятия и коммунальные хозяйства; в) реки и большие водоемы; г) крупные зеленые массивы.

6. Оценка воздействия производственно-коммунальных объектов и улично-дорожной сети включают: а) определение зоны планировочных ограничений; б) акустический режим территории и выделение объектов шумового дискомфорта; в) функциональные характеристики объектов и установление границ СЗЗ; г) системы озеленений.

7. Анализ системы открытых пространств это: а) существенный аспект оценки функционального зонирования территории; б) важнейшие структурно-планировочные элементы с различными функциональными характеристиками; в) условия подключения местных сетей и коммуникаций к общегородским системам; г) нет правильного ответа.

8. Оценка отдельных природно-ландшафтных объектов должна включать: а) определение зоны планировочных ограничений; б) уточнение границ природно-ландшафтных элементов; в) ранжирование природных компонентов по их ценности для экологических целей; г) все ответы верны.

9. Что предопределяет природная основа городских ландшафтов: а) лесопарковые защитные полосы; б) предельно-допустимые нагрузки; в) участки, обладающие особо благоприятными условиями и микроклиматом; г) состояние водных объектов.

10. Основным структурным элементом селитебной зоны является:

а) микрорайон; б) предприятия; в) санитарно-защитная зона; г) административные здания.

11. Где должны располагаться предприятия 1 и 2 класса опасности: а) на территории жилой застройки; б) на границе жилой застройки; в) в отдалении от жилой застройки; г) на территории СЗЗ.

12. Железнодорожный транспорт отделяется СЗЗ от жилой застройки размером в: а) 50 м; б) 100 м; в) 150 м; г) 200 м.

13. Селитебная плотность населения это: а) отношение всей территории занятой застройкой к территории занятой только жилой застройкой; б) количество квадратных метров жилой застройки приходящихся на 1 га территории района; в) количество людей, которое приходится на 1 га жилой застройки; г) количество жителей, которое приходится на 1 га всей селитебной территории.

14. Для функциональных зон города характерна: а) соразмерность; б) охват связями; в) взаимное расположение; г) все ответы верны.

15. Селитебная зона предназначена для: а) застройки жилой территории, административных зданий; б) промышленных предприятий; в) складских помещений; г) для транзита автотранспорта по территории города.

Лабораторная работа № 3

Экологический анализ загрязненности городских почв в Республике Беларусь

Цель работы: оценить степень загрязнения городских почв по коэффициенту концентрации и интегральному показателю поэлементного загрязнения почвы, выявить основные загрязняющие вещества в почвах городов Беларуси.

Контрольные вопросы:

1. Принципы нормирования геохимического загрязнения почв.
2. Критерии оценки степени загрязнения городских почв.
3. Лимитирующие показатели вредности (органолептический, общесанитарный, водно-миграционный, воздушно-миграционный, санитарно токсикологический, фитоаккумуляционный).
4. Дайте определение понятиям: ПДКп, фоновое содержание веществ в почве.
5. Комплексные гигиенические показатели санитарного состояния почвы.
6. Основные загрязняющие вещества городских почв на территории Беларуси (по результатам лабораторной работы).

Целью исследований городских почв является оценка степени загрязнения веществами техногенного происхождения. Основными источниками химического загрязнения городских почв являются: промышленные предприятия, участки

складирования промышленных и коммунальных отходов, автотранспортные средства, техногенные аварии.

По величине зон и уровнем загрязнения почв делится на фоновое, локальное, региональное, глобальное.

Фоновым считается такое содержание загрязняющих веществ в почве, которое соответствует или близок к его естественному составу. Оно определяется в почвах на территориях, не подвергающихся техногенному воздействию или испытывающих его в минимальной степени. Локальным считается загрязнение почвы вблизи одного или совокупности нескольких источников загрязнения. Региональным есть такое загрязнение почвы, которое возникает вследствие переноса загрязняющих веществ на расстояние не более 40 км от техногенных и более 10 км от сельскохозяйственных источников загрязнения. Глобальными называют загрязнение почвы, возникающих вследствие дальнего переноса загрязняющего вещества на расстояние более 1000 км от любых источников загрязнения.

В 2011 г. РЦРКМ при проведении наблюдений за химическим загрязнением земель населенных пунктов обследован почвенный покров 8 городов Беларуси (Витебск, Гомель, Горки, Могилев, Молодечно, Новополоцк, Сморгонь, Шклов).

В пробах почв определяется содержание тяжелых металлов, сульфатов, нитратов, нефтепродуктов и показатель рН. В отдельных городах проводится химический анализ почв на содержание бензо(а)пирена.

Оценка степени загрязнения почв, подверженных техногенному воздействию, выполняется путем сопоставления полученных содержаний загрязняющих ингредиентов с предельно допустимыми (ПДК), или ориентировочно допустимыми (ОДК) концентрациями. Также одним из способов оценки загрязнения городских почв служит сравнение их химического состава с аналогичными данными, полученными для пунктов мониторинга фонового глобального загрязнения почв, расположенных вне зоны влияния городов. Фоновые показатели получают за счет отбора и исследования почв на содержание приоритетных для территории страны загрязняющих веществ на пробных площадках, представленных удаленными от источников загрязнения типичными участками с естественной растительностью и ненарушенным почвенным покровом.

При контроле за состоянием почв преимущество следует отдавать ПДК. Для контроля за состоянием почв могут быть использованы нормативы, установленные для различных форм химических веществ в почве: валовых, подвижных или водорастворимых. При оценке состояния почв фактическое содержание вещества сравнивается с их ПДК (ОДК) для той формы вещества в почве, которая определялась при проведении исследования.

Материал и оборудование: калькулятор, таблицы с исходными данными к работе.

Задание. На основании Таблицы 2 проанализировать степень загрязнения почв в городах Беларуси: сравнить среднее значение содержания химических веществ в почве с показателями фоновых значений ($C_{\text{фi}}$), ПДК (ОДК). Выделить вещества, которые в большей и меньшей степени содержатся в городских почвах на территории Беларуси.

Рассчитать параметры загрязнения городских почв: коэффициент концентрации загрязнения почвы K_{ci} ; полиэлементный показатель загрязнения почвы Z_{c} . Отобразить полученные данные на графике (ось абсцисс – исследуемые города, ось ординат – величина K_{ci}).

$$K_{Ci} = \frac{C_i}{C_{\Phi i}} \text{ или } K_{Ci} = \frac{C_i}{ПДК_{Ci}} \quad (1)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в почве; $C_{\Phi i}$ – среднее фоновое содержание загрязняющих веществ, мг/кг почвы; $ПДК_{Ci}$ – содержание предельно допустимых количеств загрязняющих веществ.

$$Z_c = \sum K_{Ci} - (n - 1) \quad (2)$$

где K_{Ci} – коэффициент концентрации элемента; n – число элементов с $K_{Ci} > 1$.

Таблица 1 – Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Категория загрязнения почв	Величина (Z_c)	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Таблица 2 – Содержание химических веществ в почвах городов Беларуси, мг/кг

Город	pH	SO ₄ ²⁻	NO ₃	Нефте-продукты	Тяжелые металлы					
					Cd	Zn	Pb	Cu	Ni	Mn
Борисов	<u>6,5–7,5*</u>	<u>8,1–111,7</u>	<u>2,8–97,7</u>	<u>0,0–53,3</u>	<u>0,08–0,92</u>	<u>10,5–93,3</u>	<u>6,7–88,5</u>	<u>2,9–16,8</u>	<u>3,1–6,3</u>	<u>52–202</u>
	7,0	50,2	22,6	22,9	0,38	52,4	23,1	6,4	4,6	130
Брест	<u>7,0–8,3</u>	<u>5,0–165,1</u>	<u>2,8–77,6</u>	<u>0,0–123,3</u>	<u>0,13–0,71</u>	<u>5,2–78,4</u>	<u>1,1–32,4</u>	<u>1,5–9,2</u>	<u>1,0–7,4</u>	<u>24–238</u>
	7,6	48,1	12,4	29,0	0,25	22,0	14,4	4,1	2,6	78
Гродно	<u>5,0–7,9</u>	<u>30,1–188,6</u>	<u>2,8–95,5</u>	<u>0,0–383,3</u>	<u>0,18–0,42</u>	<u>0,3–48,4</u>	<u>7,4–41,8</u>	<u>3,3–19,8</u>	<u>2,9–5,3</u>	<u>5–172</u>
	6,6	82,8	35,1	66,2	0,30	22,7	11,7	5,6	4,2	115
Ельск	<u>5,9–7,9</u>	<u>17,4–97,3</u>	<u>4,2–109,0</u>	<u>6,7–406,7</u>	<u>0,11–0,26</u>	<u>5,1–15,4</u>	<u>3,8–12,7</u>	<u>1,7–8,7</u>	<u>1,1–9,4</u>	<u>12–215</u>
	6,7	48,2	32,4	136,5	0,17	11,5	7,9	3,7	2,7	99
Калинковичи	<u>5,8–7,96</u>	<u>20,6–124,4</u>	<u>2,8–36,3</u>	<u>10,0–310,0</u>	<u>0,10–0,39</u>	<u>8,9–93,1</u>	<u>3,4–29,1</u>	<u>1,3–11,4</u>	<u>1,7–6,1</u>	<u>25–209</u>
	6,6	71,3	11,0	72,8	0,16	39,3	10,8	5,1	3,3	108
Костюковичи	<u>4,8–7,3</u>	<u>32,1–120,4</u>	<u>0,0–11,5</u>	<u>19,4–178,6</u>	<u>0,27–1,29</u>	<u>17,8–63,8</u>	<u>3,6–28,5</u>	<u>3,0–22,1</u>	<u>2,4–10,6</u>	<u>83–575</u>
	6,57	66,5	4,1	57,6	0,40	35,4	10,1	5,7	4,1	193
Лида	<u>6,9–8,0</u>	<u>20,7–183,9</u>	<u>3,4–60,3</u>	<u>0,0–236,7</u>	<u>0,13–0,41</u>	<u>20,9–81,3</u>	<u>8,7–53,0</u>	<u>1,4–20,0</u>	<u>2,4–10,9</u>	<u>02–291</u>
	7,3	81,8	16,9	26,9	0,25	37,2	21,9	5,0	5,1	171
Пинск	<u>7,0–8,6</u>	<u>14,4–249,8</u>	<u>2,8–55,0</u>	<u>10,0–356,7</u>	<u>0,11–0,59</u>	<u>14,1–118,6</u>	<u>4,3–42,7</u>	<u>2,0–22,5</u>	<u>1,7–10,4</u>	<u>26–283</u>
	7,9	75,6	8,2	53,8	0,23	47,0	18,4	7,1	4,5	162
Полоцк	<u>6,0–7,9</u>	<u>19,1–113,3</u>	<u>2,8–64,6</u>	<u>0,0–243,3</u>	<u>0,12–0,72</u>	<u>5,7–121,9</u>	<u>3,2–148,0</u>	<u>0,7–37,4</u>	<u>0,9–11,7</u>	<u>23–416</u>
	6,9	57,7	15,9	38,7	0,30	49,6	18,6	8,0	5,6	188
Светлогорск	<u>5,6–7,2</u>	<u>16,0–215,4</u>	<u>4,8–97,7</u>	<u>13,3–253,3</u>	<u>0,10–1,60</u>	<u>5,9–295,6</u>	<u>2,6–175,1</u>	<u>1,1–20,8</u>	<u>1,6–6,7</u>	<u>34–208</u>
	6,4	69,7	24,5	91,4	0,27	57,5	18,2	5,0	3,4	132
Чаусы	<u>5,6–7,8</u>	<u>26,8–90,9</u>	<u>0,0–17,4</u>	<u>11,7–459,2</u>	<u>0,21–0,69</u>	<u>22,6–344,3</u>	<u>3,8–22,5</u>	<u>3,9–12,0</u>	<u>3,5–7,8</u>	<u>130–493</u>
	6,6	56,5	4,1	119,2	0,43	46,4	9,7	7,0	5,2	245
Чериков	<u>5,4–7,2</u>	<u>29,4–91,0</u>	<u>0,0–6,9</u>	<u>14,0–477,1</u>	<u>0,37–1,43</u>	<u>20,7–69,3</u>	<u>8,7–26,0</u>	<u>4,3–10,8</u>	<u>3,0–6,3</u>	<u>145–315</u>
	6,4	53,2	2,8	91,1	0,49	42,4	14,6	6,8	4,9	217
Фоновые значения**		48,3	39,1	–	0,22	18,0	6,8	3,6	3,4	157
ПДК (ОДК)		160,0	130,	50,0	1,00	110,0	32,0	66,0	40,0	1500

* В числителе – минимальное и максимальное значения, в знаменателе – среднее значение. ** Фоновые значения получены на фоновых территориях

Тест «Экологические аспекты состояния городских почв»

1. $K_{Ci}=C_i/C_{\phi i}$; K_{Ci} – это : а) полиэлементный показатель загрязнения почвы; б) концентрация загрязняющего вещества в почве; в) содержание предельно допустимых количеств загрязняющих веществ; г) коэффициент концентрации загрязнения почвы.
2. Виды городских почв: а) естественные, антропогенные; б) урбаноземы; в) техноземы; г) все варианты верны.
3. Выдувание мелких частиц ветром, происходящее за счет ухудшения структуры почвы и нарушения травянистого покрова, это: а) деструкция; б) дефляция; в) деградация; г) все ответы верны.
4. Какой из показателей характеризует влияние химического вещества на самоочищающую способность почвы: а) транслокационный; б) гельминтологический; в) общесанитарный; г) миграционный водный.
5. Лимитирующий показатель вредности проявляется: а) при наименьшей концентрации; б) при наибольшей концентрации; в) все ответы верны; г) нет правильного ответа.
6. Миграционно-воздушный показатель характеризует: а) переход загрязняющих веществ из почвы в растение; б) попадание загрязняющего вещества из почвы в воду; в) попадание вещества из почвы в атмосферу; г) нет правильного ответа.
7. К лимитирующим показателям вредности почв относятся: а) водно-миграционный, воздушно-миграционный; б) органолептический, фитоаккумуляционный; в) санитарно-токсикологический; г) все ответы правильные.
8. К комплексным гигиеническим показателям почв не относятся: а) санитарно-энтомологические; б) санитарно-гельминтологические; в) санитарно-токсикологические; г) санитарно-бактериологические.
9. Санитарно-энтомологический показатель характеризуется: а) наличием химических веществ в почве; б) наличием гельминтов в почве; в) наличием синантропных насекомых; г) наличием бактерий в почве.
10. $K_{Ci}=C_i/C_{\phi i}$; $C_{\phi i}$ – это: а) полиэлементный показатель загрязнения почвы; б) концентрация загрязняющего вещества в почве; в) фоновая концентрация загрязняющих веществ; г) коэффициент концентрации загрязнения почвы.
11. Источники геохимического загрязнения почвы: а) автотранспорт; б) коммунальное хозяйство; в) места складирования отходов; г) все ответы верны.
12. ПДК почвы: а) установлена в экспериментально-климатических условиях; б) не влияет прямо или косвенно на человека и среду; в) не влияет на самоочищающую способность почвы; г) все ответы верны.
13. Антропогенная нагрузка на почву: а) геохимические загрязнения; б) механическое загрязнение; в) электромагнитное загрязнение; г) а+б.
14. Урбанозем – это: а) почвы запечатанные под застройкой; б) почвы подверженные большому химическому загрязнению; в) почвы с большой антропогенной нагрузкой; г) нет правильного ответа.
15. Основные показатели нормирования почв: а) ПДК и ДОК; б) ПДК и ОДК; в) ОДК и НОК; г) ВДК и ДОК.

Лабораторная работа № 4

Оценка качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям

Цель работы: освоить методы анализа качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

Контрольные вопросы:

1. Критерии оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям.
2. Критерии оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям.
3. Принципы нормирования качества поверхностных вод. Категории водопользования.
4. Дать определение понятий ПДК, ПДКв, ПДКв.р.
5. Перечислите лимитирующие признаки вредности для различных категорий водопользования.
6. Определение ИЗВ (индекс загрязнения вод), шкала для оценки качества поверхностных вод по ИЗВ.

Качество воды – это характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования. Государственная политика в области использования и охраны вод ориентирована на обеспечение безопасного и бесперебойного снабжения водой населения, промышленности и сельского хозяйства при соблюдении интересов других водопользователей с сохранением водно-ресурсного потенциала.

Юридической основой управления использованием и охраной вод являются законы Республики Беларусь: «Закон об охране окружающей среды», «Водный Кодекс Республики Беларусь», «Закон о питьевом водоснабжении», «Закон о налоге за пользование природными ресурсами», «Правила охраны поверхностных вод», Государственная программа по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода». Разработка и реализация водохозяйственных и водоохраных мероприятий координируется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и его территориальными органами.

С целью наблюдения за состоянием окружающей среды в районах расположения и влияния источников вредного воздействия на окружающую среду ведется локальный мониторинг.

Сеть мониторинга поверхностных вод насчитывает 301 пункт наблюдений. Оценка состояния водных объектов в бассейнах Западной Двины, Немана, Западного Буга, Днепра и Припяти и уровня их загрязнения проводится по среднегодовым концентрациям приоритетных загрязняющих веществ, используемых в расчетах индекса загрязненности вод (ИЗВ), – растворенного кислорода, органических веществ, нормируемых по БПК₅, азота аммонийного, азота нитритного, фосфора фосфатного и нефтепродуктов.

По индексу загрязненности комплексная оценка качества воды р. Западная Двина выше и ниже г. Витебска классифицируется по (ИЗВ) от 0,8 до 1,0 – класс качества воды 2-ой – относительно чистая.

Материал и оборудование: калькулятор, таблицы с исходными данными к работе.

Задание. Провести анализ динамики загрязнения поверхностных вод на примере реки З.Двина по шести ингредиентам, обнаруживаемым в воде, на участке Витебск–Полоцк в 2007–2011 годах (исходные данные см. таблица 1). Построить график, отражающий динамику загрязнения по каждому из веществ, с учетом ПДК. Рассчитать индекс загрязнения воды, построить график динамики ИЗВ. Оценить качество воды на исследуемом участке по показателям ИЗВ, используя таблицу 2. Полученные результаты оформить в виде выводов.

Таблица 1 – База данных по шести ингредиентам, обнаруживаемым в воде реки З. Двины на участке Витебск–Полоцк в 2007–2011 годах

Года	Растворенный O ₂ мг/дм ³	Органич. вещество (БПК ₅) мг O ₂ /дм ³	Азот аммонийный мг N/дм ³	Азот нитритный мг N/дм ³	Фосфаты мг P/дм ³	Нефтепродукты мг/дм ³
2007	10,68	3,17	0,60	0,021	0,023	0,06
2008	10,4	2,51	0,76	0,029	0,044	0,04
2009	10,3	2,49	0,39	0,038	0,050	0,075
2010	8,85	2,40	0,63	0,018	0,047	0,075
2011	9,40	2,40	0,66	0,018	0,038	0,03
ПДК	6	3,00	0,39	0,02	0,066	0,05

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (1)$$

где, $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация по i -му показателю, C_i – концентрация i -го показателя.

В основе определения ИЗВ лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов, два из которых обязательны (растворенный кислород и БПК₅), а остальные четыре выбираются по приоритетности, исходя из превышения их содержания в воде ПДК.

Таблица 2 – Классификация качества поверхностных вод по показателям ИЗВ

Класс качества воды	Величина ИЗВ	Характеристика качества
I	менее или равно 0.3	чистая
II	более 0.3-1.0	относительно чистая
III	более 1.0-2.5	умеренно загрязненная
IV	более 2.5-4.0	загрязненная
V	более 4.0-6.0	грязная
VI	более 6.0-10.0	очень грязная
VII	более 10,0	чрезвычайно грязная

Тест «Экология водной среды города»

1. От чего зависит водопотребление: а) характера водоснабжения; б) региона и уровня жизни; в) источника водозабора вод; г) нужд населения.

2. Каково среднее водопотребление в Беларуси: а) 120-150 л/сут*чел; б) 162 л/сут*чел; в) 3-700 л/сут*чел; г) 1320 л/сут*чел.

3. Зона санитарной охраны (ЗСО) - это: а) специально выделенная территория, связанная с источником водозабора, на которой создается особый режим, ограничивающий загрязнение воды; б) специально выделенная территория между предприятием и жилой застройкой; в) территория предназначенная для подземного забора воды; г) нет правильного ответа.

4. Первый пояс ЗСО подземных источников предусматривает: а) предотвращение загрязнения, в том числе умышленное; б) предотвращение микробиологического загрязнения; в) запрещение нахождения посторонних лиц и огораживание забором; г) предотвращение химического загрязнения.

5. На каком расстоянии устанавливаются границы ЗСО для капотажных сооружений закрытого типа: а) не менее 50 м; б) не менее 100 м; в) не менее 150 м; г) не менее 250 м.

6. Для какого типа сточных вод характерна следующая характеристика «Обладают разнообразным составом, зависят от территории города и характера дождя»: а) производственные; б) хозяйственно-бытовые; в) производственно-бытовые; г) ливневые.

7. Механический блок очистки сточных вод не включает: а) решетки; б) песколовки; в) аэротенки; г) метатенки.

8. Какова функция вторичных отстойников: а) удаление органических веществ; б) удаление плавающих примесей; в) оседание активного ила; г) обеззараживание воды.

9. Разновидность поля фильтрации: а) инфильтрационное плато; б) поле подземной фильтрации; в) биоплато; г) поле поверхностной фильтрации.

10. При расчете индекса загрязнения вод постоянными (основными) показателями являются: а) нефтепродукты и тяжелые металлы; б) нитрат нитритный и фосфор фосфатный; в) тяжелые металлы; г) БПК₅ и растворенный кислород.

11. При оборотном водообеспечении промышленных предприятий: а) вода, забираемая из природного источника, после участия в технологическом процессе, возвращается в водоем; б) вода служит в качестве среды, поглощающей различные нерастворимые и растворимые примеси; в) часть сточных вод повторно используется в производстве после их очистки; г) вода, после использования поддается на водоочистные сооружения.

12. К методам очистки сточных вод не относят: а) методы превращений примесей в другие формы и состояния; б) гидромеханические методы; в) физико-химические и биологические методы; г) метод центрифугирования.

13. Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) это: а) признак вредности, который проявляется при наибольшей концентрации вещества; б) признак вредности, который проявляется при наименьшей концентрации вещества; в) признак вредности, который проявляется при максимальной концентрации вещества; г) признак вредности, который устанавливается расчетным путем.

14. Для веществ какого класса опасности выполняется следующее условие: $C < ПДК$: а) 1 и 2 класса опасности; б) 2 и 3 класса опасности; в) 3 и 4 класса опасности; г) 1, 2, 3 и 4 классов опасности.

15. При помощи каких методов биоиндикации проводится гидробиологический мониторинг поверхностных вод: а) метод сапробиологического анализа Пантле и Букка в модификации Сладечека; б) метод биотических индексов (метод Вудивисса); в) метод Гуднайта – Уитлея; г) все ответы верные.

Лабораторная работа № 5

Биологическая очистка сточных вод: оценка качества работы очистных сооружений по гидробиологическим показателям

Цель работы: ознакомиться с методами оценки качества сточных вод по гидробиологическим показателям, изучить представителей сообщества активного ила.

Контрольные вопросы:

1. Что такое активный ил? Охарактеризуйте его трофическую структуру.
2. Дайте характеристику полного биологического окисления, происходящего в аэротенках.
3. Каковы условия работы аэротенков и содержания активного ила.
4. Возраст активного ила, как показатель эффективной очистки сточных вод.
5. Регенерация активного ила и ее значение.
6. Каковы причины и последствия вспухания активного ила.
7. Сообщество организмов активного ила: основные представители, выполняемые функции.
8. Перечислите модификации активного ила в зависимости от нагрузки на водоочистные сооружения и дайте им характеристику.
9. Перечислите показатели, характеризующие физиологическое состояние организмов активного ила.

Активный ил представляет собой сложную искусственно созданную экосистему, в состав которой входит большое количество представителей микрофлоры и микрофауны. Фауна биоценоза активного ила и характер бактериальных скоплений в первую очередь зависят от состава сточных вод. Основу этой системы, как по массе, так и по значимости в процессе очистки составляют бактерии главным образом в виде хлопьевидных скоплений – *зооглей*. Обычно присутствуют также нитчатые бактерии, гифы водных грибов, дрожжи, бесцветные жгутиконосцы, саркодовые (голые и раковинные) и инфузори. При продленной аэрации, когда осуществляется глубокая очистка, появляются коловратки, водные черви и в небольших количествах некоторые другие многоклеточные беспозвоночные (тихоходки, водные клещи, гастротрихи).

В активном иле выделяют три трофических звена – уровня: I трофический уровень биоценоза активного ила составляют: гетеротрофные бактерии и водоросли, сапрофитные грибы и простейшие (впитывают готовые органические вещества всей поверхностью клетки). Они являются первичными потребителями загрязняющих веществ. II трофический уровень составляют: голозойные простейшие (питаются твердыми частицами), к примеру, жгутиконосцы, раковинные корненожки. III трофический уровень составляют хищные виды: коловратки, сосущие инфузории, тихоходки, хищные грибы, и отдельные виды нематод.

Процесс полного биологического окисления проходит в три стадии.

На первой стадии, сразу же после смешения сточных вод с активным илом, за счет большой поверхности ила, происходит сорбция загрязняющих веществ и их укрупнение. На этой же стадии начинается процесс окисления легкоразлагающихся органических веществ. В ходе этого процесса, в месте поступления сточных вод в аэротенк происходит потребление почти всего растворенного кислорода. Первая стадия очистки длится от получаса до двух часов, содержание органических веществ, характеризующееся показателем БПК₅, снижается на 50-60%.

На второй стадии продолжается сорбция загрязняющих веществ и активное окисление их экзоферментами, которые активный ил выделяет в водную среду. Ферментативно окисляется до 75% органических веществ. Скорость потребления кислорода на этой стадии меньше, чем на первой стадии, и содержание растворенного кислорода в воде повышается. Продолжительность этой стадии от двух до четырех часов, в зависимости от состава сточных вод.

На третьей стадии происходит окисление загрязняющих веществ эндоферментами внутри клетки. Крупные макромолекулы органических веществ, распавшиеся на более короткие на второй стадии, поступают внутрь клеток для дальнейшего окисления. На этой стадии протекает доокисление сложноокисляемых соединений, которые не окислились на второй стадии, превращение азота аммонийного в нитриты и нитраты, и на этой же стадии начинается регенерация активного ила. Именно на этой стадии бактерии активно выделяют в окружающую среду полисахаридный гель, благодаря которому и происходит образование бактериальных флокул. Скорость потребления кислорода снова возрастает. Продолжительность третьей стадии – для бытовых стоков 4–6 часов, и до 15 часов для смешанных стоков. Общая продолжительность всего процесса биологического окисления составляет 6–8 ч для бытовых и 10–20 и более часов для смешанных сточных вод.

Материал и оборудование: проба суспензии активного ила из аэротенка промышленного предприятия или городских очистных сооружений, микроскоп, камера Горяева, стеклянные цилиндры емкостью 100 мл, стеклянные цилиндры диаметром 20–25 мм, предметные и покровные стекла, стеклянные палочки, пипетки или стеклянные трубки, фильтровальная и индикаторная бумага, спиртовка, спички.

Задание. Согласно алгоритму произвести гидробиологический анализ активного ила. Полученные данные по анализу визуального обследования активного ила оформить в таблицу 1. Полученные данные по количественному анализу активного ила оформить в таблицу 2. Зарисовать общий вид хлопков активного ила. Указать характер хлопков: плотные, не плотные, рыхлые не рыхлые, степень прозрачности, наличие нитчатых структур. Зарисовать обнаруженные организмы активного ила. Дать индикаторную характеристику сообщества активного ила, полученные результаты оформить в таблицу 3.

Таблица 1 – Анализ визуального обследования активного ила

Исследуемый параметр	Характеристика исследуемого параметра	Примечание

Таблица 2 – Анализ количественного обследования активного ила

Метод обследования	Количественные показатели активного ила
Метод определения относительной численности организмов по пятибалльной шкале	
Метод определения абсолютной численности организмов в иловой смеси	

Таблица 3 – Сообщество организмов активного ила

Таксономическая единица (отряд, род)	Частота встречаемости по десятибалльной системе	Индикаторная характеристика

Алгоритм гидробиологического анализа активного ила:

I Отбор проб

II Оценка общего характера ила: определяют визуально при просмотре в стакане или стеклянном цилиндре (объем 100 мл). Учитываются следующие показатели:

а) **Скорость оседания хлопка** (оседает быстро или медленно; общей массой или разделением хлопка; отмечается, нет ли вспухания). Динамику оседания активного ила определяют после тщательного перемешивания иловой смеси в самой пробе, затем помещают ее в четыре стеклянных градуированных цилиндра емкостью 100 мл, наливая до верхней метки, еще раз перемешивают стеклянной палочкой и через каждые 15 минут отмечают объем, занимаемый осевшим илом. Результаты определения выражают в виде отношения (в процентах) объема, занимаемого выпавшим илом, к объему взятой для определения иловой смеси. Эту величину находят для каждого времени отстаивания. Полученные результаты представляют в виде кривых, откладывая по оси абсцисс время от начала опыта, в течение которого происходило отстаивание, а по оси ординат – полученное процентное отношение.

б) **Цвет** (нормальный цвет ила – буро-коричневый; зеленый цвет (указывает на развитие сине-зеленых водорослей при поступлении токсичных веществ); белесый цвет – характерен для голодающего ила и т.д.). Окраску суспензии активного ила определяют качественно, причем записывают окраску и степень ее интенсивности. Для качественного определения окраски пробу суспензии наливают в цилиндр из бесцветного стекла, цилиндр ставят на белую бумагу, ставят экран из белой бумаги за цилиндром и обозначают окраску: сероватая, бурая, с темным оттенком, черная.

в) **Характер воды над осевшим илом** (прозрачная, мутная, окрашенная).

г) **Запах ила** (болотный – нормальный запах активного ила; при определенных веществах запах ила может быть – нефтяным, фенольным, сероводородным, керосиновым, фекальным). Запах определяют качественно при открывании пробы: если запах не ясен, то следует отлить небольшое количество воды и подогреть ее до температуры 65°C.

Перечисленные пункты являются основными. В зависимости от характера загрязнений следует включать в описание и другие показатели, например, следы нефти, пена от синтетических моющих средств и пр.

III Количественный учет населяющих активный ил организмов, определение видового состава

Приготовить временный препарат активного ила. На предметное стекло капают каплю суспензии активного ила, покрывают покровным стеклом 24x24 мм. Проводя препарат зигзагообразно просматривают 2-3 капли, в каждой по 40 полей зрения, подсчитывают все встречающиеся организмы.

Относительная численность организмов определяется по пятибалльной шкале (Таблица 4).

Таблица 4 – Бальная шкала для определения относительной численности организмов

Частота встречаемости	Частота встречаемости (баллы)
Единично	1
Мало	2
Порядочно	3
Много	4
Масса	5

Абсолютная численность организмов в единице иловой смеси подсчитывается в счетной камере Горяева. Берут произвольное количество иловой смеси и заполняют камеру. Просматривают все квадраты по диагонали или камеру целиком, если микроорганизмов немного. Каждую пробу активного ила подсчитывают 3 раза и вычисляют среднее арифметическое. Численность каждого вида подсчитывают по формуле:

$$N=1000*n/S*H, (1)$$

где N – численность организмов определенного вида, экз/см³;
 n – численность организмов, найденных в секторе сетки камеры, экз;
 S – площадь сектора сетки, мм (обычно – 9мм²);
 H – глубина счетной камеры, мм (обычно – 0,1 мм);
 1000 – коэффициент пересчета мм³ в см³

Численность подсчитанных в 1 см³ организмов необходимо пересчитать на грамм сухого вещества активного ила.

При анализе сообщества активного ила относительная численность организмов отдельных видов (таксономических групп) определяется по девятибалльной шкале (таблица 5).

Таблица 5 – Девятибалльная шкала определения относительной численности отдельных таксономических групп организмов

Частота встречаемости	Количество экз. одного вида	Частота встречаемости (баллы)
Очень редко	1	1
Редко	1-3	2
Нередко	4-10	3
Часто	10-20	5
Очень часто	20-40	7
Масса	40-100	9

Выводы. Вывод должен содержать обобщенную информацию о визуальном анализе активного ила; описание количественного и видового состава. *Пример описания активного ила.* Хлопки активного ила неплотные, рыхлые, прозрачные, содержат нитчатые структуры, покрытые скоплениями бактерий. Хлопок оседает быстро, без разделения; вспухание ила не отмечается. В области вокруг хлопков в большом количестве встречаются инфузории рода *Trachelophyllum* (7 баллов), достаточно много мелких жгутиконосцев (5 баллов). На хлопках единично располагаются раковинные амёбы рода *Centropyxis* (2 балла), скопления микроводорослей.

Тест «Биологическая очистка сточных вод»

1. Активный ил это: а) специально культивируемое сообщество, формирующееся при низких концентрациях органических веществ; б) сложная экосистема, в состав которой входит большое количество представителей микрофлоры и микрофауны; в) сложная экосистема, которая формируется при низких органических нагрузках; г) специально культивируемое сообщество, которое формируется при значительных антропогенных нагрузках.

2. Сколько существует модификаций активного ила в зависимости от нагрузки на водоочистные сооружения: а) 1; б) 2; в) 3; г) 4; д) 5.

3. К какому трофическому уровню сообщества активного ила относятся голозойные простейшие – раковинные корненожки, жгутиконосцы и пр.: а) к I трофическому уровню; б) ко II трофическому уровню; в) к III трофическому уровню; г) к IV трофическому уровню.

4. Перегруженный ил это: а) ил не справляющийся с поступающими загрязнениями; б) ил работающий при более низких органических нагрузках; в) ил, развивающийся при очень низкой концентрации органических веществ и малом количестве свободных бактерий; г) ил работающий при пониженном уровне органического питания и избытке минерального азота.

5. Изъятие сложноокисляемых органических веществ, сорбированных илом, и активное образование полисахаридного геля характерно для: а) стадии регенерации; б) второй стадии полного биологического окисления; в) работы вторичных отстойников; г) процесса вспухания активного ила.

6. Для какого типа модификации характерна следующая характеристика «ил формируется при более низких органических нагрузках. Фауна биоценоза разнообразнее, преобладает один или несколько видов. Хлопки умеренной величины, довольно плотные: а) перегруженный ил; б) голодающий ил; в) умеренно-нагруженный ил; г) ил при низких нагрузках.

7. Каковы основные условия работы аэротенков: а) наличие в сточной воде биогенов, оптимальный температурный режим, аэрация воды; б) динамика оседания активного ила, наличие тяжелых металлов; в) отсутствие микроорганизмов, время контакта активного ила и сточной воды; г) отсутствие в сточной воде биогенов, микроорганизмов.

8. Какой вид очистки сточных вод происходит в аэротенках: а) физический; б) механический; в) химический; г) биохимический.

9. Какие микроорганизмы преобладают в активном иле при недостатке кислорода:

а) коловратки и амёбы; б) инфузории и тихоходки; в) бактерии и жгутиковые; г) амёбы и инфузории.

10. К чему приводит массовое вспенивание активного ила: а) увеличению органических веществ; б) ухудшению качества очистки сточной воды; в) увеличению качества очистки сточной воды; г) уменьшению органических веществ и микроорганизмов.

11. Какие основные показатели учитываются при оценке общего характера ила:

а) форма тела, степень упитанности, цвет, запах; б) наличие цист, скорость оседания хлопка, состояние ила, цвет; в) наличие цист, характер размножения, характер воды на осевшем иле, форма тела, запах; г) скорость оседания хлопка, цвет, запах, характер воды над осевшим илом, состояние ила.

12. На какой из стадий в процессе полного биологического окисления в аэротенках происходит окисление загрязняющих веществ эндоферментами внутри клетки: а) на первой стадии; б) на второй стадии; в) на третьей стадии; г) на четвертой стадии.

13. Что обеспечивает интенсивность работы ресничного аппарата у инфузорий: а) сохранность в период наступления неблагоприятных условий для простейших; б) степень упитанности; в) питание и движение инфузорий; г) выполняет функцию осморегуляции.

14. Какова оптимальная температура жизнедеятельности микроорганизмов при биологической очистке сточных вод: а) 5–10 °С; б) 10–15 °С; в) 16–23 °С; г) более 40 °С.

15. Какой показатель используют для оценки способности активного ила к оседанию: а) иловый индекс; б) индекс инцистирования; в) состояние пульсирующих вакуолей; г) интенсивность работы ресничного аппарата.

Лабораторная работа № 6

Экологический анализ атмосферного воздуха городов Беларуси

Цель работы: произвести анализ и оценку динамики загрязнения атмосферного воздуха областных центров Беларуси. Освоить методику расчетов индекса загрязнения атмосферы (ИЗА).

Контрольные вопросы:

1. Перечислить основные примеси, определяемые в городах Беларуси.
2. Понятие приоритетного специфического вещества. Приоритетные специфические вещества в атмосфере городов Беларуси, основные факторы при выборе приоритетного перечня специфических примесей.
3. Дайте определение ПДК, ПДКс.с., ПДКм.р.
4. Определение ИЗА, шкала для оценки среднегодового уровня загрязнения.
5. Критерии оценки качества атмосферного воздуха в городах.

Государственная сеть мониторинга атмосферы в городах Беларуси включает 51 станцию. В Минске имеется 10 станций, в Могилеве – 5, Гомеле, Витебске, Бресте, Гродно по 4 станции, в остальных промышленных центрах – по 1–3 станции. При расчете количества станций используется такой показатель, как численность населения города. Дополнительные критерии: промышленный потенциал, степень концентрации источников эмиссии, сложный рельеф местности, наличие природных или исторических объектов и т.д.

Во всех городах определяется концентрация основных примесей (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота); а также концентрация приоритетных специфических веществ: формальдегида, аммиака, фенола, сероводорода, сероуглерода. При выборе приоритетного перечня специфических примесей учитывается, прежде всего, выбросы каждого вещества, размеры города, ПДК, коэффициенты рассеивания.

Основные критерии оценки качества атмосферного воздуха: q_m – максимальная из разовых концентраций, сравнивается с ПДК_{м.р.}; $q_{ср.}$ – среднегодовая концентрация вещества, сравнивается с ПДК_{с.с.}; количество дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК; повторяемость (доля) проб с концентрациями выше максимально разовых ПДК.

Материал и оборудование: калькулятор, таблицы с исходными данными к работе.

Задание. Проанализировать динамику загрязнения атмосферы городов Беларуси основными и специфическими вредными веществами по табл. 1–8. На основе полученных данных выделить города, для которых характерны максимальные и минимальные средние за год концентрации загрязняющих веществ. Сделать вывод о динамике загрязняющих веществ в областных центрах республики: отметить вещества, по которым наблюдалось существенное уменьшение загрязненности; рост средних концентраций; динамика уровня загрязнения не устойчива.

Рассчитать ИЗА для основных и специфических вредных веществ в г. Витебске (табл. 1–8).

Проанализировать годовую динамику комплексного показателя ИЗА в областных центрах Беларуси. Построить график, отражающий динамику ИЗА за последние 8 лет. Сделать вывод о различиях ИЗА в областных центрах Республики Беларусь в 2011г.

Расчет ИЗА для одного вещества производят по формуле:

$$I_i = \frac{q_{cp.i}}{ПДК_{c.c.i}} K_i, \quad (1)$$

где $q_{cp.i}$ – среднегодовая концентрация i -го вещества, $ПДК_{c.c.i}$ – его средне-суточная предельно допустимая концентрация, K_i – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха i -м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы. Значения K_i равны соответственно 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 соответственно для 4,3,2 и 1 классов опасности вещества.

Для оценки состояния загрязнения атмосферного воздуха в исследуемых городах рассчитать комплексный показатель – индекс загрязнения атмосферы.

$$ИЗА = \sum (q_{cp.i} / ПДК_{c.c.i}) K_i \quad (2)$$

где $q_{cp.i}$ – среднегодовая концентрация i -го вещества, мг/м³; $ПДК_{c.c.i}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воздухе, мг/м³.

В соответствии с существующими методами оценки среднегодового уровня, загрязнение считается низким, если $ИЗА < 5$, повышенным при $5 < ИЗА < 7$, высоким при $7 < ИЗА < 14$.

Таблица 1 – Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации суммарных твердых частиц, мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	32	26	28	23	28	28	27	18
Витебск	36	84	110	97	109	117	116	115
Гомель	33	45	29	61	51	63	52	45
Гродно	81	40	33	53	57	51	37	40
Минск	13	11	–	–	–	15	<15	<15
Могилев	28	42	55	43	46	42	37	47

Таблица 2 – Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации диоксида серы, мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	1,1	1,0	<1,0	<1,0	1,0	0,4	0,4	0,1
Витебск	<1,0	<1,0	1,0	<1,0	<1,0	<п/о	<п/о	<0,1
Гомель	3,3	5,0	<1,0	7,3	8,3	4,6	7,5	1,7
Гродно	<1,0	<1,0	6,1	<1,0	<1,0	0,2	0,2	0,4
Минск	<1,0	<1,0	1,0	<1,0	<п/о	0,1	0,1	<0,1
Могилев	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,3	0,1	<0,1

Таблица 3 – Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации оксида углерода, мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	687	708	1207	800	593	544	511	613
Витебск	710	793	795	1042	658	523	757	675
Гомель	422	441	1003	436	439	451	496	444
Гродно	1596	1608	427	1672	771	611	583	665
Минск	766	680	1513	586	472	439	414	386
Могилев	930	1098	677	972	1188	943	879	875

Таблица 4 – Динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота в областных центрах Беларуси

Город	Средние за год концентрации диоксида азота, мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	27	27	31	29	26	23	24	26
Витебск	28	39	40	40	45	41	32	36
Гомель	27	21	23	20	19	21	17	20
Гродно	32	35	33	33	31	24	30	28
Минск	40	40	39	33	31	34	34	32
Могилев	45	49	50	57	57	53	52	55

Таблица 5 – Среднегодовые концентрации фенола в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации фенола в мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	–	–	2,1	–	–	–	–	–
Витебск	1,9	2,8	1,7	1,8	1,4	1,3	1,2	1,1
Гомель	2,4	1,8	–	1,5	1,4	1,3	1,1	2,5
Гродно	–	–	0,6	–	–	–	–	–
Минск	0,2	0,3	2,6	0,4	0,5	0,5	0,5	3,0
Могилев	2,1	2,5	2,1	2,7	1,5	1,7	1,7	33,0

Таблица 6 – Среднегодовые концентрации аммиака в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации аммиака в мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	–	–	–	–	–	–	–	–
Витебск	33	19	19	20	21	17	23	25
Гомель	26	20	23	18	16	20	24	36
Гродно	14	14	17	27	12	12	14	17
Минск	37	35	35	36	39	35	25	13
Могилев	30	38	33	48	27	18	27	24

Таблица 7 – Среднегодовые концентрации формальдегида в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации формальдегида в мкг/м ³							
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	9,3	9,5	10,7	12,4	11,2	9,9	11,5	11,9
Витебск	8,4	14,7	13,4	13,5	11,0	10,9	13,2	10,5
Гомель	12,8	11,8	14,8	11,1	7,1	7,6	8,0	10,7
Гродно	6,9	7,8	4,5	5,7	5,2	5,5	5,5	4,8
Минск	6,9	4,3	9,9	7,8	7,1	5,9	7,1	4,9
Могилев	9,3	3,5	4,4	7,6	5,6	6,4	8,2	7,9

Таблица 8 – Среднегодовые концентрации свинца в атмосферном воздухе областных центров Республики Беларусь

Город	Средние за год концентрации свинцом в мкг/м ³								
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Брест	0,068	0,10	0,084	0,056	0,054	0,069	0,055	0,040	0,030
Витебск	0,075	0,08	0,066	0,073	0,064	0,078	0,102	0,045	0,027
Гомель	0,065	0,09	0,041	0,174	0,070	0,124	0,119	0,074	0,047
Гродно	0,059	0,12	0,067	0,119	0,066	0,087	0,118	0,048	0,016
Минск	0,099	0,08	0,063	0,065	0,050	0,077	0,042	0,040	0,020
Могилев	0,015	0,07	0,037	0,031	0,034	0,039	0,016	0,022	0,009

Таблица 9 – Значения ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Вещество	ПДК, мг/м ³
Азота двуокись	0,085
Азота окись	0,400
Аммиак	0,200
Пыль нетоксичная	0,150
Сажа (копоть)	0,050
Свинец и его соединения	0,001
Сернистый ангидрид	0,050
Сероводород	0,008
Сероуглерод	0,005
Углерода окись	1,000
Фенол	0,010
Формальдегид	0,012

Тест «Экология воздушной среды городов»

1. Источники загрязнения атмосферы: а) естественные, антропогенные; б) общие, локальные; в) первичные, вторичные; г) стационарные, технологические.
2. Примером линейных источников загрязнения атмосферы являются: а) автостоянки; б) автотрассы; в) дымовые трубы; г) промышленные предприятия.
3. Примерное количество выбросов окислов азота в атмосферу в городе с 1 млрд. населением: а) 800 т.в год; б) 165 тыс.т.в год; в) 165 т.в год; г) 500 т.в год.
4. При анализе атмосферы воздуха в городах Беларуси определяется концентрация основных примесей: а) фенола, аммиака, формальдегида, сероводорода; б) пыли, фенола, аммиака; в) взвешенных веществ, аммиака, сероуглерода, диоксида азота; г) пыли, диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота.
5. Нормирование загрязняющих веществ в атмосфере города производится по показателям: а) ПДК_{С.С.}; б) ПДК_{М.Р.}, ПДК_{С.С.}; в) ПДК_{Р.З.}, ПДК_{С.С.}; г) ПДК_{П.П.}
6. Для оценки степени суммарного загрязнения атмосферы рядом веществ используется комплексный показатель: а) S_{\max} ; б) ИЗВ; в) ИЗА; г) ОБУВ.
7. Потенцированное действие загрязняющих веществ это: а) когда действие одного вещества усиливает действие другого вещества; б) когда одно вещество снижает действие другого вещества; в) когда вещества действуют независимо друг от друга; г) когда оба вещества однонаправленного действия.
8. Суммарный эффект смеси, равный сумме эффектов действующих компонентов это: а) аддитивное действие; б) потенцированное действие; в) антагонистическое действие; г) независимое действие.
9. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого, это: а) независимое действие; б) антагонистическое действие; в) аддитивное действие; г) потенцированное действие;
10. Антропогенные источники воздействия на атмосферу городов: а) стационарные; б) естественные; в) общие; г) передвижные; д) а+г.
11. ПДК_{М.Р.} больше ПДК_{С.С.}, если: а) порог токсического действия менее чувствителен, чем рефлекторного; б) порог рефлекторного действия менее чувствителен, чем токсического; в) отсутствует порог рефлекторного действия; г) порог рефлекторного действия выражен недостаточно четко.
12. В следствие чего возникают зоны устойчивого загрязнения в городах: а) наслаивания друг на друга зон выбросов; б) загрязнения приземного слоя атмо-

сферы; в) превращения первичных примесей во вторичные; г) перемешивания верхних и нижних слоев атмосферы.

13. Какие вещества распространяются на мезотерриториальном уровне: а) пыль; б) пестициды; в) углеводороды; г) окислы азота.

14. Затененные источники загрязнения атмосферы это: а) источники, располагающиеся за пределами территории города; б) источники, загрязняющие вещества из которого поступают в атмосферу через специально сооруженные газоходы; в) источники, расположенные в недеформированном потоке ветра; г) источники, расположенные в зоне аэродинамической тени здания.

15. Принцип предотвращения рефлекторных реакций у человека положен в основу установления: а) ПДК промышленной площадки; б) ПДК максимально разовой; в) ПДК атмосферного воздуха; г) ПДК среднесуточной.

Лабораторная работа № 7

Оценка шумового режима автотранспорта

по эквивалентному уровню звука $L_{A\text{ экв}}$ расчетным и графоаналитическим методами в условиях городской среды

Контрольные вопросы:

1. Факторы, влияющие на интенсивность уличных шумов.
2. Каковы основные проблемы и пути снижения шума в городах?
3. Методы оценки уровня шума (инструментальные и расчетные).
4. Влияние городских шумов на здоровье населения.

Цель работы: овладеть навыками определения уровня шума от потока автотранспорта расчетным и графоаналитическим методами.

Шумовое загрязнение в городах практически всегда имеет локальный характер и преимущественно вызывается средствами транспорта – городского, железнодорожного и авиационного.

Шумовые характеристики транспортных потоков в первую очередь определяются назначением улицы. Уровень уличных шумов определяется интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Кроме того, уровень уличных шумов зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума до 10 дБ.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

В условиях города на территории микрорайона в дневные часы предельно допустимый уровень шума составляет 55 дБА; в ночные (23.00–7.00) – 45 дБА.

Методы снижения транспортного шума можно классифицировать по следующим трем направлениям: уменьшение шума в источнике его возникновения, включая изъятие из эксплуатации транспортных средств и изменение маршрутов их движения; снижение шума на пути его распространения; применение средств звукозащиты при восприятии звука.

Шумы оценивают эквивалентным уровнем звука $L_{A \text{ экв}}$. Величину этого показателя измеряют шумомером. Однако такие замеры отражают состояние на момент измерений, а не стабильное значение уровня звука. Поэтому чаще применяют расчет по формулам.

Материал и оборудование: калькулятор, таблицы с исходными данными к работе, номограмма.

Задание. 1. Рассчитать эквивалентный уровень звука $L_{A \text{ экв}}$ в различное время суток по формуле и номограмме, сравнить полученные данные. Сравнить уровень шума с нормами. Исходные данные для расчетов представлены в таблицах 1–2.

2. Сделать вывод о зависимости шума от скорости и интенсивности автомобильного потока. Для этого рассчитать уровень шума по номограмме. Эта работа выполняется по вариантам. 1 вариант – скорость потока автотранспорта 30 км/ч; 2 вариант – скорость потока автотранспорта 60 км/ч; 3 вариант – скорость потока автотранспорта 100 км/ч.

Расчетный метод

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

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

где: Q – интенсивность движения автотранспорта, ед/час; v – средняя скорость потока, км/час; p – доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, ΔL_{A1} – поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = 0$, при цементобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = +3$ дБА); ΔL_{A2} – поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА (при продольном уклоне 2–4% и доле грузового и общественного транспорта до 20% ΔL_{A2} составляет от 0,5 до 2,5 дБА).

Графоаналитический метод

С помощью данного метода эквивалентные уровни звука в точке, расположенной в 7,5 м от ближайшей полосы движения, определяют по номограмме (Рис.1). Здесь величина $L_{A \text{ экв}}$ поставлена в зависимость от сочетания парных значений. Вначале скорости движения v , км/ч и процента содержания в потоке грузового и общественного транспорта p (см. шкалы в левой части рисунка). Потом от плотности потока N , авт/ч, и его скорости v (правая часть рисунка).

Таблица 1 – Загруженность автотранспортом улицы Ленина

Время	Тип автомобиля	Число единиц
8.00	Легковой	1092
	Легкий грузовой	192
	Средний грузовой	36
	Тяжелый грузовой	6
	Автобус	72
	Всего	1398
13.00	Легковой	1224
	Легкий грузовой	138
	Средний грузовой	72
	Тяжелый грузовой	6
	Автобус	72
	Всего	1512
18.00	Легковой	1122
	Легкий грузовой	153
	Средний грузовой	54
	Тяжелый грузовой	3
	автобус	57
	Всего	1389
00.00	Легковой	123
	Легкий грузовой	24
	Средний грузовой	12
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	36
	Всего	195

Таблица 2 – Загруженность автотранспортом Московского проспекта

Время	Тип автомобиля	Число единиц
8.00	Легковой	774
	Легкий грузовой	168
	Средний грузовой	132
	Тяжелый грузовой	18
	Автобус	60
	Всего	1152
13.00	Легковой	942
	Легкий грузовой	144
	Средний грузовой	60
	Тяжелый грузовой	42
	Автобус	48
	Всего	1236
18.00	Легковой	903
	Легкий грузовой	141
	Средний грузовой	84
	Тяжелый грузовой	42
	Автобус	36
	Всего	1206
00.00	Легковой	87
	Легкий грузовой	21
	Средний грузовой	6
	Тяжелый грузовой	30
	Автобус	12
	Всего	156

Тест «Физические факторы воздействия в условиях городской среды»

1. Шум оценивают: а) уровнем звуковой плотности; б) эквивалентным уровнем звука; в) уровнем громкости звука; г) уровнем звукового давления.
2. Физическое загрязнение среды: а) шум, солнечная радиация; б) вибрации, туманы; в) ионизирующее излучение, вибрации; г) солнечная радиация и ЭМИ.
3. При нормировании шума используют показатель: а) допустимый уровень шума; б) ПДК шума; в) уровень звуковой плотности; г) уровень звукового давления.
4. Суммарный шум от больших транспортных потоков достигает в городах: а) 300–800дБ; б) 85–90дБ; в) 55–65дБ; г) 90–95дБ.
5. Уровень шума около зданий в дневное время не должен превышать: а) 55дБ; б) 45дБ; в) 65дБ; г) 35дБ.
6. Вибрации бывают: а) локальные, общие; б) локальные, антропогенные; в) стационарные, передвижные; г) общие, естественные.
7. Источник транспортно-технологической вибрации: а) автомобили; б) экскаваторы; в) стационарное шумоактивное оборудование; г) поезда.
8. Уровень, который при ежедневной работе, в течение всего рабочего стажа и в отдельные сроки не вызывает отклонений и заболеваний здоровья человека это: а) ПДК вибрации; б) ПДК шума; в) ПДК_{и.и.}; г) ПДК_{эми.}
9. Классификация источников электромагнитного загрязнения в городах включает: а) общие, локальные; б) точечные, линейные, площадные; в) точечные, узловые, линейные; г) затененные, незатененные.
10. Примером точечного источника электромагнитного загрязнения служат: а) радиостанции; б) промышленные установки; в) линии электропередач; г) электрифицированные линии железных дорог.
11. Источники радиоволнового излучения мощностью более 100кВт размещаются: а) в пределах населенных пунктов; б) за пределами населенных пунктов; в) в промышленной зоне; г) за пределами промышленной зоны.
12. На внешней границе зоны строгого режима напряженность не должна превышать: а) 14 В/м; б) 20 В/м; в) 30 В/м; г) 5 В/м.
13. Напряженность зоны ограниченного пользования не должна превышать: а) 22 В/м; б) 23 В/м; в) 40 В/м; г) 2 В/м.
14. Воздействие шума определяется: а) уровнем звуков; б) высотой звуков; в) продолжительностью; г) все ответы верны.
15. Болевой порог, за которым возможно непосредственное повреждение слухового аппарата: а) 120–130 дБ; б) 150–170 дБ; в) 80 дБ; г) 100–120дБ.

Лабораторная работа № 8

Определение зон рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

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

Основой выполнения работы являются следующие положения:

– на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха;

– максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасных скоростях и направлении ветра, высокой температуре атмосферы и ее безразличном состоянии) не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;

– приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.

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

Контрольные вопросы:

1. Для чего определяются X_{max} и C_{max} . Понятие санитарной зоны?
2. Как влияют высота и диаметр трубы на X_{max} и C_{max} ?
3. Как влияют температурный градиент и начальная скорость газа на площадь рассеивания?
4. Что такое опасная скорость ветра (V_{max})?
5. От чего зависит F ?
6. Что такое стратификация?
7. Перечислите микроклиматические условия, оказывающие влияние на рассеивание загрязняющего вещества в атмосфере.
8. Перечислите микроклиматические условия, способствующие концентрации загрязняющих веществ в атмосфере.

Материал и оборудование: калькулятор, таблицы с исходными данными к работе, номограмма.

Задание. Определить параметры загрязнения воздушного бассейна от одиночных точечных источников. Исходными данными для расчета являются соответствующие Вашему варианту параметры выброса (см. табл. 3).

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

$$C_{max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1} \cdot \Delta T} \quad (1)$$

где A – коэффициент зависящий от температуры стратификации атмосферы. Для условий Республики Беларусь $A = 140$.

H – высота источника выброса от земли, [м];

M – интенсивность выброса загрязняющего вещества, [г/с];

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере и зависящий от состояния загрязняющих веществ и эффективности пылеулавливания (см. табл.1). Быстрее оседают крупные частицы пыли, большей плотности (ρ_p , г/см³) при малой начальной скорости (W_0), т.к. меньше кинетическая составляющая

Таблица 1 – Значение коэффициентов F

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

V_1 – расход (объем выбрасываемой пылегазовоздушной смеси в ед. времени), [м³/с]

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

где w_0 – скорость выхода, м/с;
 D – диаметр трубы, м.

$$\Delta T = T_T - T_B, \quad (3)$$

где T_T – температура газовой смеси, [°C]

T_B – температура атмосферного воздуха принимаемая для района расположения предприятия и 13 часов самого жаркого месяца года по СНиП 2.01.01.82 строительная климатология и геофизика (Госстрой СССР; Стройиздат, 1989 год)

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

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (4)$$

вводится коэффициент f показывающий изменение скорости на единицу температурного градиента и зависящий от параметров источника выброса (трубы).

Коэффициенты m и n учитывают условия выброса пылевоздушной смеси. m и n зависят от параметров соответственно:

при $f < 100$ $m = (0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f})^{-1}$

m – безразмерный коэффициент, определяющийся по приведенной формуле или графику.

при $V_m \geq 2$

$$n = 1$$

$$1,5 \leq V_m < 2$$

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

$$V_m < 0,5$$

$$n = 4,4 \cdot V_m$$

n – безразмерный коэффициент, зависящий от опасной скорости, V_m м/с. Опасная скорость – скорость ветра, при которой предельные концентрации имеют наибольшее значение.

Параметр, характеризующий влияние начальной скорости температурного градиента и высоты трубы.

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (5)$$

где W_0 , [м/с] – скорость выхода газовой смеси из источника выброса (трубы);

D , [м] - диаметр источника выброса.

Расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией рассчитывается по формуле (6):

$$X_{\max} = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H \quad (6)$$

где H , [м] - высота источника выброса.

Вводится параметр d определяемый следующим образом:

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

Величина опасной скорости ветра, V_{\max} , [м/с], соответствующей полученным значениям C_{\max} и X_{\max} , также зависит от параметра V_m :

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

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем j :

$$j = \frac{C_{\max}}{ПДК} < 1 \quad (7)$$

Результаты расчета записывают в табличной форме (см. табл. 2). Опасность загрязнения атмосферы газообразными веществами с учетом суммирования при одновременном присутствии в атмосфере SO_2 и NO_x .

$$j_{SO_2 + NO_x} = \frac{C_{\max, SO_2}}{ПДК_{SO_2}} + \frac{C_{\max, NO_x}}{ПДК_{NO_x}} < 1 \quad (8)$$

Таблица 2 – Вид записи результатов расчета

Вещество	C_{\max} , [мг/м ³]	X_{\max} , [м]	V_{\max} , [м/с]	j
Зола SO_2 NO_x				
Суммирование $SO_2 + NO_x$		—	—	

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

Таблица 3 – Параметры выброса газообразной смеси

Варианты № пп	H , [м]	D , [м]	w_0 , [м/с]	$T_{Г'}$, [°C]	$T_{Б'}$, [°C]	M_{SO_2} , [г/с]	$M_{\text{зол}}^*$, [г/с]	M_{NO_x} , [г/с]	ПДК, [мг/м ³]		
									SO_2	Зола	NO_x
1	10	1,4	8	125	25	12,0	15,5	4,2	0,5	0,5	0,085
2	25	1,0	12	100	20	10,0	14,5	3,8	—	—	—
3	28	1,5	15	80	15	30,0	70,6	12,1			
4	18	0,7	16	90	10	25,0	15,0	1,0			
5	15	0,8	21	130	5	16,0	14,0	4,6			
6	23	0,9	16	230	15	21,0	34,0	3,2			
7	28	1,0	12	160	20	6,0	62,0	5,8			
8	32	1,5	9	125	25	15,0	18,9	7,8			
9	20	1,2	10	135	15	42,0	14,1	10,2			
10	24	1,5	14	215	25	19,0	27,2	11,4			
11	25	1,7	9	210	30	18,0	34,5	2,0			
12	30	2,0	6	180	20	5,0	56,7	2,2			
13	23	1,3	11	150	15	16,0	59,4	12,8			
14	19	1,0	14	165	10	7,0	62,1	14,4			
15	18	0,7	19	115	0	21,0	65,3	16,6			
16	35	2,0	9	210	40	32,0	50,0	7,4			
17	40	2,6	5	195	15	28,0	24,0	21,0			
18	38	2,6	8	145	25	14,0	32,0	16,6			
19	24	1,8	13	210	15	12,0	12,8	21,8			
20	19	0,8	18	160	5	10,0	5,6	15,4			

* – при эффективности пылеулавливания > 90%.

Тест «Факторы, обуславливающие формирование приземного сосава воздуха в городах»

1. От чего зависит приземная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере городов: а) от интенсивности выброса загрязняющего вещества; б) от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси от интенсивности выброса загрязняющего вещества; в) от скорости и направления ветра; г) от температуры атмосферы.

2. От чего зависит коэффициент F : а) от температуры; б) от скорости и направления ветра; в) от диаметра трубы и интенсивности выбросов; г) от вещества и эффективности пылеулавливания.

3. Что оценивается показателем j : а) максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ; б) интенсивность выбросов загрязняющих веществ; в) опасность загрязнения атмосферы; г) расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией.

4. Какие факторы способствуют рассеиванию примесей в атмосфере: а) скорость ветра 4–7 м/с, туманы, инверсии; б) скорость ветра 1–2 м/с, конвекция, осадки более 0,5 мм; в) конвекция, осадки, менее 0,5 мм, солнечная радиация; г) осадки более 0,5 мм, конвекция, туманы.

5. Потенциал загрязнения атмосферы: а) это сочетание метеоусловий, которые определяют рассеивание или накопление примесей; б) это факторы, которые образуют порог «опасной скорости ветра»; в) это метеофакторы, которые приводят к инверсии; г) это факторы, которые влияют на показатели атмосферы.

6. Лондонский смог: а) наблюдается при нулевых температурах и безветренной погоде; б) наблюдается при низких температурах и при осадках менее 0,5 мм; в) наблюдается при туманах и осадках более 0,5 мм; г) наблюдается при повышенных температурах и большой солнечной радиации.

7. $P_{ш}+P_{г}$ – это: а) факторы обуславливающие возникновение конвекции в атмосфере; б) факторы не способствующие загрязнению; в) факторы способствующие рассеиванию примесей; г) факторы способствующие загрязнению.

8. Для первого класса опасности размер санитарно-защитной зоны должен быть: а) 2000 км; б) 2000 м; в) 1500 м; г) 170 м.

9. Санитарно-защитная зона – это: а) специальная зона, выделяемая между жилой застройкой и зоной внешнего транспорта; б) специальная зона, выделяемая между предприятием и буферной зоной; в) специальная зона, выделяемая между предприятием и жилой застройкой; г) специальная зона, выделяемая между буферной зоной и жилой застройкой.

10. Какие из перечисленных условий благоприятны для рассеивания примесей в атмосфере: а) условия приподнятой температурной инверсии; б) условия приземной температурной инверсии; в) конвективные условия; г) условия температурной стратификации.

11. Функции санитарно-защитной зоны: а) обеспечение требуемых гигиенических норм содержания в приземном слое атмосферы загрязняющих веществ; б) уменьшение отрицательного влияния промышленных предприятий на население; в) архитектурно-эстетический барьер между промышленными и жилыми районами; г) все ответы правильные.

12. Приземные инверсии способствуют: а) концентрации низких выбросов; б) концентрации высоких выбросов; в) рассеиванию загрязняющих веществ; г) не влияют на концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере.

13. Порог «опасной скорости ветра» при высоких выбросах составляет: а) 1–2 м/с; б) 4–7 м/с; в) 10 м/с; г) нет такого понятия как «опасная скорость ветра».

14. Факторы, которые влияют на состояние атмосферы: а) характер промышленных комплексов; б) рельеф местности; в) расположение источника загрязнения; г) все ответы верны.

15. Вертикальное перемешивание воздушных масс в приземном слое атмосферы – это: а) инверсия; б) конвекция; в) приземная инверсия; г) приподнятая конвекция.

ОТВЕТЫ К ТЕСТАМ

Ответы к тесту по теме

«Урбоэкологическое зонирование региона и агломерации»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	а	а	г	г	в	б	а	г	б	г	в	а	б	г

Ответы к тесту по теме

«Функциональное зонирование территории города»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	г	а	б	б	в	а	г	б	а	в	б	г	г	а

Ответы к тесту по теме

«Экологические аспекты состояния городских почв»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
г	г	б	в	а	в	г	в	в	в	г	г	а	а	б

Ответы к тесту по теме

«Экология водной среды города»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	б	а	в	а	г	в	в	б	а	в	г	б	в	а

Ответы к тесту по теме

«Биологическая очистка сточных вод»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	г	б	а	а	в	а	г	в	б	г	в	в	в	а

Ответы к тесту по теме

«Экология воздушной среды городов»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
а	б	б	г	б	в	г	а	г	д	а	а	б	г	б

Ответы к тесту по теме

«Физические факторы воздействия в условиях городской среды»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	в	а	г	а	а	б	а	в	а	б	б	г	г	а

Ответы к тесту по теме

«Факторы, обуславливающие формирование приземного состава воздуха в городах»

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
б	г	в	б	а	а	г	б	в	в	г	а	б	г	в

ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ ПО УСР «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ ГОРОДОВ»

1. Структура и тенденции развития энергоснабжения.
2. Воздействие энергетических объектов на окружающую природную среду. Традиционная энергетика. Объекты малой энергетики.
3. Энергоснабжение и экологическая ситуация в Беларуси.
4. Взаимодействие традиционной энергетики с окружающей средой.
5. Экологические аспекты эксплуатации тепловых электрических станций.
6. Твердые отходы от предприятий теплоэлектроэнергетики: образование, характеристика, способы хранения и утилизации.
7. Загрязнение водных источников при работе теплоэлектростанций.
8. Экологические аспекты создания и эксплуатации атомных электрических станций.
9. Экологические аспекты переработки отработанного топлива при работе АЭС.
10. Экологические последствия аварий на АЭС.
11. Развитие атомной энергетики в Беларуси.
12. Экологические аспекты создания и эксплуатации гидроэлектростанций.
13. Нетрадиционные источники энергии и их взаимодействие с окружающей природной средой: геотермальная энергетика (виды и возможности использования).
14. Малая гидроэнергетика – история развития.
15. Перспективы использования малой гидроэнергетики на современном этапе развития в мировой практике.
16. Перспективы использования малой гидроэнергетики на современном этапе развития на территории Беларуси.
17. Возможности использования космической и низкотемпературной энергетики.
18. Морская энергетика (энергия приливов и отливов, течений и др). Примеры использования в мировой практике.
19. Биоэнергетика и ее направления. Биомасса как форма аккумуляции возобновляемой энергии.
20. Гелиоэнергетика – вопросы экологичности, использования и утилизации отходов.
21. Пассивное использование солнечной энергии методом строительства домов «солнечной архитектуры».
22. Использование солнечной энергии для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных коллекторов.
23. Использование солнечной энергии для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок.
24. Ветровая энергетика – опыт мирового использования.
25. Перспективы использования ветроэнергетики в Беларуси.
26. Перспективы использования нетрадиционных видов энергии на территории Республики Беларусь.
27. Особенности формирования выбросов при использовании угля, как топлива в энергетике.
28. Особенности формирования выбросов при использовании нефти, как топлива в энергетике.
29. Особенности формирования выбросов при использовании природного газа, как топлива в энергетике.
30. Методы переработки биомассы в биоэнергетике.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов [и др.]; под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
2. Бочкарева, Т.Б. Экологический «джин» урбанизации / Т.Б. Бочкарева. – М.: Мысль, 1988. – 268 с.
3. Литвенкова, И.А. Экология городской среды с основами промышленной экологии: учебно-методический комплекс / И.А. Литвенкова. – Витебск: Издательство ВГУ имени П.М. Машерова, 2007. – 126 с.
4. Литвенкова, И.А. Экология городской среды: Урбоэкология: курс лекций / И.А. Литвенкова. – Витебск: Издательство ВГУ имени П.М. Машерова, 2005. – 163 с.
5. Маслов, Н.В. Градостроительная экология / Н.В. Маслов. – М.: Высш. шк., 2002. – 284 с.
6. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений 2011 г. / БЕЛНИЦ ЭКОЛОГИЯ, 2004. – 202 с.
7. Природная среда Беларуси: Монография / под ред. В.Ф. Логинова; НАН Беларуси. Ин-т пробл. Использования природ. Ресурсов и экологии. – Минск: НОООО «БИП-С», 2002. – 424 с.
8. Самойлов, М.В. Основы энергосбережения: учеб. пособие / М.В. Самойлов, В.В. Паневчик, А.Н. Ковалев. – 3-е изд. – Минск: БГЭУ, 2004. – 198 с.
9. Степановских, А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды: Учебник для вузов / А.С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
10. Челноков, А.А. Основы промышленной экологии: учебное пособие / А.А. Челноков. – Минск: Высшая школа, 2001. – 343 с.
11. Экологические проблемы городов Беларуси и пути их решения / Обзорная информация. / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко, Л.В. Елизарова, М.Е. Фридлянд. – Минск: ОДО «ЛОРАНЖ-2», 2001. – 44 с.
12. Экология города / А.С. Курбатов, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов. – М.: Научный мир. – 2004. – 624 с.
13. Экология города: учебник / под общ. ред. Ф.В. Стольберга. – К.: Либра, 2000. – 464 с.

Учебное издание

ЭКОЛОГИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Методические рекомендации
по проведению лабораторных работ

Составитель

ЛИТВЕНКОВА Инна Анатольевна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.Р. Жигунова

Подписано в печать .2014. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,73. Уч.-изд. л. 2,56. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014 г.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.