

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Н. А. Цупикова**

**ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ  
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки  
05.03.06 Экология и природопользование

Калининград  
2023

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры Водные биоресурсы и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» Е. А. Масюткина

**Цупикова, Н. А.**

Геоэкология: учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных работ для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / **Н. А. Цупикова.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 38 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Геоэкология» представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие план работ по каждой изучаемой теме, рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям, а также задания и вопросы для текущего контроля.

Табл. 2, рис. 1, список лит. – 7 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 11 мая 2023 г. протокол № 13

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Лабораторная работа 1 – Величина экологического отпечатка: теоретические основы, методологические подходы, расчет .....	7
Лабораторная работа 2 – Расчет средневзвешенной температуры воды .....	9
Лабораторная работа 3 – Расчет обеспеченности и повторяемости (на примере гидрологических величин) .....	11
Лабораторная работа 4 – Построение гидрографа стока реки .....	14
Лабораторная работа 5 – Расчленение гидрографа стока реки по типам питания. Вычисление характеристик стока .....	16
Лабораторная работа 6 – Расчет биогенной нагрузки от рек на принимающий водоем .....	19
Лабораторная работа 7 – Нормативы загрязнения воды .....	21
Лабораторная работа 8 – Изучение шумового загрязнения в городе Калининграде .....	24
Лабораторная работа 9 – Расчет рассеивания в атмосфере вредных веществ .....	27
Лабораторная работа 10 – Определение границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для промышленных предприятий или объектов .....	29
Лабораторная работа 11 – Нормативы загрязнения атмосферного воздуха .....	32
Заключение.....	36
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	37

## Введение

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Геоэкология», входящей в «Профессиональный модуль» обязательной части.

Изменение окружающей природной среды, ее загрязнение, снижение качества воды и воздуха является актуальными современными проблемами. Будущим специалистам в сфере экологии и природопользования для поиска путей решения таких проблем необходимы обширные знания природных условий и механизмов функционирования сложных геоэкологических систем, протекающих в них процессах и основополагающих физических, химических и биологических закономерностях.

Целью выполнения лабораторных работ по дисциплине «Геоэкология» является:

1) знакомство с содержательной основой геоэкологии и рационального природопользования, свойствами и закономерностями развития географической среды и слагающих ее природных и природно-техногенных геосистем, путями решения конфликтов и противоречий в геоэкологических системах;

2) формирование знаний о теоретических основах, принципах и нормах рационального природопользования, устойчивого развития общества и оптимизации его взаимодействия с окружающей средой;

3) развитие навыков и умений самостоятельной работы прикладных исследований в области природопользования и охраны природы, обобщения и систематизации изученного материала,

4) изучение способов оценки воздействия хозяйственной деятельности различных отраслей производства на экологические процессы, происходящие на ландшафтном, региональном и планетарном уровнях, привитие экологической культуры.

Лабораторные занятия являются важнейшей составной частью учебного процесса, позволяющей студентам развить навыки самостоятельной работы с научной, нормативной и справочной литературой, картографическими материалами, приборами, получить опыт публичных выступлений, применить полученные теоретические знания при решении практических задач.

Каждая представленная лабораторная работа содержит:

1) цель работы;

2) задание, направленное на овладение изучаемой темой;

3) теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы;

4) контрольные вопросы разного уровня сложности для самоконтроля и закрепления изученного материала.

Лабораторные работы выполняются в тетради для лабораторных работ с составлением отчета по каждому заданию, прилагая в случае необходимости графики, схемы и чертежи, построенные на миллиметровой бумаге.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Геоэкология» студенты непосредственно работают с нормативными документами, картографическими изображениями, атласами, электронными ресурсами, измерительными приборами и др., и выполняют различные измерения по картам, расчеты. Для качественного выполнения лабораторных заданий, а также усвоения знаний, умений и навыков важна предварительная самостоятельная работа студента (необходимо изучить теорию вопроса).

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо не только воспользоваться рекомендованной литературой, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, интересных фактов, статистических данных, связанных с темой лабораторного занятия.

Текущий контроль осуществляется в форме аудиторной защиты каждой из лабораторных работ и устного блиц-опроса. Студент должен:

- знать все специальные термины, встречающиеся в работе;
- понимать принцип и методику выполненных расчетов;
- знать ключевые формулы;
- уметь объяснить методы отбора информации, способы построения графиков и схем, а также проанализировать полученное изображение.

При подготовке к защите лабораторной работы студент самостоятельно отвечает на контрольные вопросы, предлагаемые в конце каждой работы, дополнительно используя материалы лекций, специальную литературу и ресурсы сети Интернет.

Оценка знаний при текущем контроле проводится в соответствии с числом правильно выполненных заданий соответствующей лабораторной работы, правильных ответов на вопросы преподавателя при блиц-опросе и защите лабораторных работ.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «зачтено» – свыше 65 % правильных ответов,
- «не зачтено» – 65 % и менее правильных ответов.

Настоящее учебно-методическое пособие состоит из:

- введения,
- основного содержания, разбитого на отдельные лабораторные работы согласно тематическому плану,
- заключения,
- библиографического списка.

Введение содержит шифр и наименование направления подготовки (специальности), дисциплину учебного плана, для выполнения лабораторных работ по которой оно предназначено; цель и планируемые результаты выполнения лабораторных работ по изучаемой дисциплине; описание видов текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки текущей аттестации, а также краткое описание структуры учебно-методического пособия.

Основное содержание учебно-методического пособия включает методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по изучаемой дисциплине в соответствии с тематическим планом лабораторных занятий. В каждой лабораторной работе изложены теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, а также примеры вопросов, задаваемых при защите лабораторных работ.

## **Лабораторная работа 1 – Величина экологического отпечатка: теоретические основы, методологические подходы, расчет**

*Цель работы:* изучить общие понятия экологического следа (отпечатка), биоемкости Земли, глобального гектара, экологического резерва и экологического дефицита. Освоить существующую методику расчета экологического отпечатка отдельного человека, предприятия, города, страны.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Ознакомиться с основными характеристиками, терминами и понятиями, связанными с концепцией экологического отпечатка.

Задание 2. Изучить основные особенности пространственного распределения величины экологического отпечатка по территории России и мира в целом.

Задание 3. Рассчитать личный экологический отпечаток, оценить его величину.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Общие понятия об экологическом следе (отпечатке), биоемкости Земли, глобальном гектаре.*

Экологический след (отпечаток) человека представляет собой площадь биологически продуктивной земной и водной территории, которая требуется для воспроизводства ресурсов, потребляемых людьми, и поглощения образуемых ими отходов. Нельзя отрицать зависимость людей от природных ресурсов. Экономика, уровень жизни и существование определяются совокупностью экологических факторов, включающих здоровую пищу, чистые воду и воздух, стабильность климатических условий.

Человек оказывает выраженное влияние на окружающую среду. Постоянно повышается число людей на Земле, увеличивается уровень потребления, повышается объем отходов. На протяжении множества лет экологический след как спрос человечества на ресурсы природы был выше биоемкости нашей планеты — ее способности к восстановлению.

Основной вид отходов, учитываемых системой национальных экологических счетов, — это углекислый газ, который образуется при сгорании ископаемого топлива. Размер экоследа измеряется в глобальных гектарах (гга). Эта единица измерения является универсальной и стандартизированной для данного показателя. Один глобальный гектар — это гектар биопродуктивной земной или водной территории с усредненным мировым показателем биологической продуктивности за конкретный год.

Главный источник экологического следа — повседневная жизнь человека.

Около 70 % следа является результатом потребления домохозяйств. Тем, в каких объемах люди тратят воду и энергоресурсы, какие продукты и в какой упаковке приобретают, какую покупают одежду, мебель, какое количество отходов выбрасывают, определяется выраженность влияния человечества на планету. Только позитивная модификация поведения и привычек, а не лишь законодательные и запретительные акты, стандартизация, помогут приостановить разрушение среды и прийти к гармоничному взаимодействию с ней.

Понятие экологического следа было введено в 1992 году Уильямом Ризом, профессором коммунального и регионального планирования университета канадской провинции Британская Колумбия.

Под биоемкостью понимается площадь биопродуктивных земель и водных территорий, которые находятся в пользовании людей и обладают способностью к производству экологических ресурсов.

## *2. Экологический отпечаток регионов России.*

В 2014 году впервые подвергли подсчету экологический след регионов нашего государства, по итогам чего был сформирован доклад. Повторно расчеты проводились в 2016 году для оценки динамики изменений, определения вектора развития регионов, а также выработки стратегии достижения более значимых параметров социально-экономического развития без какого-либо ущерба для местных экологических систем.

Доклад 2016 г., который был сформирован вместе с экспертными специалистами GFN, содержит данные о биоемкости и экоследе в разных регионах России. Так, самая большая биоемкость характерна для Чукотского автономного округа (301,53 га на человека). Второе место занимает Ненецкий АО — 226,43 га, третье — Якутия — 105,91 га. Для этих трех субъектов характерно невысокое значение экоследа — 4,5, 4,95 и 6 га.

Самые большие величины экоследа на человека имеют Москва, Санкт-Петербург, Ямало-Ненецкий АО — 7,1, 7,33 и 8,95 га. Минимальные запасы биоемкости характерны для столицы, Санкт-Петербурга и Ингушетии — 0,03, 0,1 и 0,77 га. Минимальный экослед отмечается в Мордовии, Тамбовской области, Чеченской республике — 3,46, 3,65 и 3,69 га.

В докладе продемонстрировано, что у нашей страны есть существенные запасы возобновляемых ресурсов. В настоящее время РФ потребляет меньшее количество ресурсов, чем могут воспроизвести ее экологические системы. Особенностью России является неравномерность распределения запасов природного капитала по территории государства. Следует понимать, что даже в тех местах, где биоемкости хватает для обеспечения человеческих потребностей, она



нужна и для обеспечения жизни разнообразных представителей животного мира.

Если биологическую емкость расходовать неразумно, то это может спровоцировать сокращение биоразнообразия, истощение рыбных запасов, эрозивные изменения плодородных земель, модификацию климатических условий.

### 3. Расчет экологического отпечатка.

Чтобы рассчитать экологический след нации, можно применить следующую формулу (1):

$$EF = \frac{\sum T_i}{Y_w} \times EQF_i, \quad (1)$$

где  $EF$  – экологический отпечаток (environmental footprint),  $T_i$  – годовой объем тонн каждого  $i$ -го продукта, который потребляется в стране;  $Y_w$  – среднегодовая выработка урожая по каждому  $i$ -му продукту;  $EQF_i$  — коэффициент эквивалентности для каждого  $i$ -го продукта.

Это уравнение сравнивает количество товаров, потребляемых в стране, с тем, сколько таких товаров было произведено в мире в среднем. Факторы эквивалентности, которые различаются в зависимости от землепользования и года, помогают преобразовать конкретную площадь земли в соответствующее количество глобальных гектаров. Коэффициенты урожайности принимают во внимание, как различные типы земель могут оказывать меньшее или большее влияние на расчет экологического следа, который учитывает многие типы продуктов.

#### *Контрольные вопросы:*

1. В чем состоит методика оценки экологического отпечатка?
2. Описать изменение величины экологического отпечатка человечества и отдельных государств на протяжении современной истории.
3. Что понимают под экологическим резервом и экологическим дефицитом?
4. Как рассчитать личный экологический отпечаток?

## **Лабораторная работа 2 – Расчет средневзвешенной температуры воды**

*Цель работы:* научиться рассчитывать среднюю взвешенную величину различных экологических показателей, получить представление об отличии среднего взвешенного от среднего арифметического. Сформировать умение делать зональную выборку.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Вычислить средневзвешенную температуру воды на четырех заданных гидрологических станциях.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Порядок расчета среднего взвешенного на примере температуры воды на гидрологической станции.*

Формула среднего взвешенного используется для расчета среднего значения для определенного набора чисел с различными уровнями релевантности. Веса должны быть представлены с точки зрения общей релевантности в процентах. Взятые веса должны быть равны 100 % или 1.

Чтобы рассчитать средневзвешенную формулу, нам нужны относительный вес и стоимость.

Первый компонент – относительный вес, а второй компонент – входные значения. Чтобы рассчитать средневзвешенное значение, мы должны иметь удельный вес для каждой переменной, взятой в качестве значения, и вес должен быть равен 100%.

Вычисление средневзвешенной температуры воды на какой-либо гидрологической станции удобно проводить, заполняя последовательно таблицу 1.

Таблица 1 – Вычисление средних значений температуры воды на гидрологической станции

№ станции	Глубина горизонта, м	Толщина слоя между последовательными горизонтами $\Delta h_{сл}$ , м	Температура на горизонте	Средняя температура слоя $T_{сл}$	гр.3 x гр.5
1	2	3	4	5	6
					$\Sigma$ гр.6

Заполнив таблицу для каждой из заданных гидрологических станций, средневзвешенную температуру воды на них вычисляют по формуле (2):

$$T_{ст} = \frac{\Sigma_{гр.6}}{h_{max}}, \quad (2)$$

где  $T_{cm}$  – средневзвешенная температура воды на гидрологической станции;  $\Sigma_{гр.6}$  – сумма значений по графе 6 таблицы 1;  $h_{max}$  – глубина последнего горизонта станции.

При этом окончательный результат  $T_{cm}$  вычисляется с точностью до 0,001 °С и затем округляется до сотых (до 0,01 °С).

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под средневзвешенными показателями содержания загрязняющих веществ?

2. Основные способы расчета средневзвешенных показателей. Объяснить их принцип.

3. Чем различаются результаты при расчете средней арифметической и средней взвешенной величины какой-либо характеристики? В каком случае необходимо выбрать второе из них?

**Лабораторная работа 3 – Расчет обеспеченности и повторяемости  
(на примере гидрологических величин)**

*Цель работы:* изучить понятия обеспеченности и повторяемости, научиться определять изменчивость изучаемой характеристики и вероятность ее превышения. Построить кривые обеспеченности и повторяемости расходов воды в реке.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Построить кривую повторяемости расходов воды в реке.

Задание 2. Построить кривую обеспеченности расходов воды в реке.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

1. Понятия «повторяемость» и «обеспеченность».

Водность любой реки может быть оценена величиной годового стока – объемом воды, прошедшим через живое сечение за определенный отрезок времени, т. е. за один год.

Колебания годового стока, как и других гидрологических величин, обусловлены достаточно большим количеством меняющихся факторов (климатических, метеорологических, антропогенных и др.) и подвержены существенным изменениям от года к году. Поэтому их часто изучают при помощи методов математической статистики и теории вероятностей.

О характере изменчивости расходов воды и других гидрологических характеристик, многолетних изменениях годового стока, можно судить по кри-

вым повторяемости (распределения) и обеспеченности (вероятности превышения, продолжительности стояния). И то и другое выражается в процентах.

Следовательно, повторяемость изучаемой характеристики показывает, как часто в ряду наблюдений встречается тот или иной интересующий нас интервал (отношение числа случаев с определенным расходом воды к общему периоду наблюдений): минимальный расход воды от 650 до 799 м<sup>3</sup>/с отмечен лишь в течение пяти дней в году наблюдения – это и составляет 1,3%. Точно так же и максимальный расход также встретился только пять дней в году – его повторяемость составила также 1,3%.

Обеспеченность (вероятность превышения числа случаев с определенным расходом воды над числом случаев с меньшим расходом) демонстрирует как часто в ряду наблюдений встречается изучаемая характеристика не ниже нижней границы интересующего нас интервала (т. е. обеспечивается значение не ниже заданного). Т.е. величина обеспеченности характеризует, сколько дней в году обеспечивается значение расхода воды, не меньше заданного. Например, если расход воды 1000 м<sup>3</sup>/с и более в ряду наблюдений отмечался 332 раза, это значение было обеспечено в 91% случаев.

Легко понять, что чем ниже расход воды, тем выше вероятность его превысить (близка или равна 100%). И, наоборот, чем больше расход, тем меньше его реальная обеспеченность.

Повторяемость максимальна для расходов, близким к средним; повторяемость минимальных и максимальных расходов минимальна.

Обеспеченность расходов показывает также и продолжительность затопления всех точек в реке, покрытых водой при расходах, попадающих в интересующий нас интервал. Так, нулевая отметка затоплена всегда, наивысшая для данной реки – в редких случаях.

Знание вероятностей повторяемости и обеспеченности имеет важное практическое значение. При строительстве различных гидротехнических сооружений всегда возникает необходимость учета максимальных расходов воды – от этого зависит безопасность эксплуатации. При проектировании систем питьевого водоснабжения, наоборот, необходимо ориентироваться на минимальные расходы воды, но имеющие обеспеченность в размере 100 %.

## *2. Расчет повторяемости и обеспеченности.*

В практической деятельности чаще приходится иметь дело с непродолжительными рядами наблюдений, по которым трудно построить надежную кривую обеспеченности. В этом случае пользуются теоретическими кривыми обеспеченности, построенными на основе математических методов – анализа коэффициентов вариации, коэффициентов асимметрии и модульных коэффициентов. В таких расчетах обеспеченности на уровне 100 % соответствует не минимальный (как в нашем примере), а нулевой расход воды.

Для таких расчетов необходимы данные по расходам за значительный период (не менее 50 лет в случае среднегодовых показателей). Расчет ведется табличным методом.

Предположим, что мы имеем данные расходов за 365 дней одного года, минимальный расход составляет 650 м<sup>3</sup>/с, максимальный – 2550 м<sup>3</sup>/с. Разобьем расходы с интервалом в 200 м<sup>3</sup>/с и внесем имеющиеся данные в таблицу; первый и последний интервалы могут быть не полными, начинаясь с величины минимального расхода и заканчиваясь величиной максимального расхода.

Чтобы рассчитать повторяемость расходов, надо разбить ряд наблюдаемых величин на равные интервалы и определить (в процентах) частоту встречаемости каждого из интервалов (Таблица 2)

Таблица 2 – Расчет обеспеченности и повторяемости расходов воды в реке (пример)

Интервалы расходов, м <sup>3</sup> /с	Частота (повторяемость)		Обеспеченность	
	число дней	%	число дней	%
2550 – 2400	5	1,3	5	1,3
2399 – 2200	14	3,9	19	5,2
2199 – 2000	24	6,5	43	11,7
1999 – 1800	38	10,4	81	22,1
1799 – 1600	71	19,4	152	41,5
1599 – 1400	81	22,1	232	63,6
1399 – 1200	57	15,7	290	79,3
1199 – 1000	43	11,7	332	91,0
999 – 800	28	7,7	361	98,7
799 – 650	5	1,3	365	100
Сумма	365	100,0	---	---

Для расчета вероятности превышения (обеспеченности) последовательно (построчно, начиная с верхней строки) суммируют данные повторяемости (5; 5 + 14 = 19; 19 + 24 = 43 и т. д.).

Полученная таблица позволяет также рассчитать средний расход как среднее арифметическое значение из всего ряда наблюдений.

Контрольные вопросы:

1. Что понимают под средневзвешенными показателями содержания загрязняющих веществ?
2. Основные способы расчета средневзвешенных показателей. Объяснить их принцип.

3. Чем различаются результаты при расчете средней арифметической и средней взвешенной величины какой-либо характеристики? В каком случае необходимо выбрать второе из них?

#### **Лабораторная работа 4 – Построение гидрографа стока реки**

*Цель работы:* количественно охарактеризовать сток и гидрологический режим заданной реки, построить ее гидрограф.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Построить гидрограф стока заданной реки за год.

Задание 2. Изучить и условными знаками нанести на построенный гидрограф ледовые явления.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Гидрометрия и ее основные задачи.*

Гидрометрия является частью более обширной науки – гидрологии суши. Основными задачами гидрометрии являются:

а) разработка методов и приборов для количественного определения и учета элементов водного режима;

б) систематическое изучение гидрологического режима с целью получения многолетних характеристик уровней, стока воды и наносов, химического состава и температуры воды, ледовых явлений и др.

При исследовании водного режима рек и озер применяются стационарные и экспедиционные методы. Стационарные наблюдения ведутся на гидрометеорологических станциях (I и II разрядов) и постах (I, II, и III разрядов).

Разряды станциям и постам присваиваются в зависимости от объема выполняемой работы.

На постах I разряда ведутся наблюдения за уровнями и температурой воды, ледовыми явлениями, измеряют расходы воды, расходы взвешенных и донных наносов, производят отбор проб воды на мутность и для химического анализа, а также производят метеорологические наблюдения по программе метеорологических постов I разряда.

Посты II разряда ведут наблюдения по программе постов I разряда, за исключением измерения расходов воды, взвешенных и донных наносов.

Посты III разряда ведут наблюдения за уровнем и температурой воды, ледовыми явлениями и обстановкой.

Наблюдения проводятся в два срока – 8 и 20 часов.

Результаты наблюдений за годовой период по всем элементам водного режима помещаются в «Гидрологический ежегодник». Номер тома и выпуска ежегодника соответствует определенной территории, гидрометеорологические данные по которой помещены в этом ежегоднике.

## 2. Гидрограф, его построение.

По результатам наблюдений строятся комплексные графики результатов гидрометрических наблюдений в виде гидрографов. Гидрограф гидрометрической величины – это хронологический график изменения этой величины за рассматриваемый период (сутки, месяц, год и т.д.). Могут строиться гидрографы стока (расходы воды), уровней, температуры, расходов донных и взвешенных наносов и т.д.

Построенные гидрографы используются при проектировании гидромелиоративных систем, гидроузлов, водозаборных сооружений, транспортного, промышленного и другого использования поверхностных вод территории.

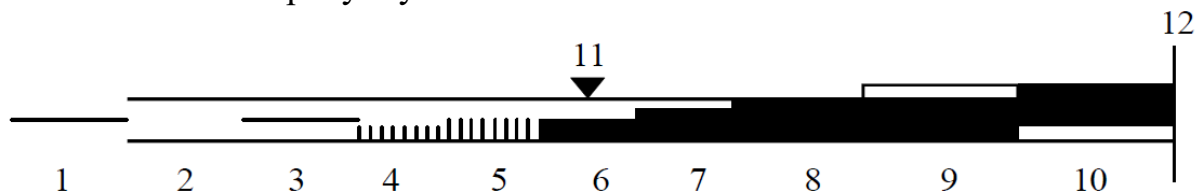
В работе необходимо построить гидрограф стока за годовой период. Для чего из гидрологических ежегодников выписываются исходные данные (таблицы «Ежедневные расходы воды»).

Для построения гидрографа стока используется миллиметровая бумага стандартного формата А3 (297 мм × 420 мм). При этом по горизонтальной оси откладывается время (дни года  $t$ , сут., рекомендуемый масштаб: в 1 мм – 1 сутки), а по вертикальной – значения расходов  $Q$ , м<sup>3</sup>/с (масштаб выбирается самостоятельно).

Значения расходов наносятся на середину суток, т.е. посередине миллиметрового деления в выбранном масштабе (1 мм – 1 сутки).

Весной и осенью на реках наблюдаются различные ледовые образования. В гидрологических ежегодниках в таблицах «Ежедневные расходы воды» они проставляются справа от значений расходов условными обозначениями.

Необходимо изучить эти обозначения и при построении гидрографа стока нанести их согласно рисунку 1.



- 1 – сало; 2 – забереги; 3 – сало при заберегах; 4 – редкий шугоход;  
5 – шугоход; 6 – редкий ледоход; 7 – ледоход; 8 – неподвижный ледяной покров (ледостав); 9 – вода течет поверх льда; 10 – закраины и лед подняло;  
11 – дата зажора или затора; 12 – дата подвижки льда

Рисунок 1 – Условные обозначения ледового режима на гидрографе

Нанесение ледовых явлений осуществляется на специально отведенной для этого горизонтальной линии, шириной 4-6 мм над построенным гидрографом стока.

Контрольные вопросы:

1. Что такое гидрограф стока?
2. По какому характеристикам строят гидрограф?
3. Объяснить способ построения гидрографа стока реки.

**Лабораторная работа 5 – Расчленение гидрографа стока реки по типам питания. Вычисление характеристик стока**

*Цель работы:* Изучение методики расчленения гидрографа на подземную и поверхностную составляющие и приобретение практических навыков ведения расчетов по вычислению характеристик поверхностного стока (объем годового стока, объем поверхностных дождевого и снегового стока и объем грунтового стока), определение типа реки по видам питания и водному режиму.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Выполнить расчленение построенного в ходе предыдущей лабораторной работы гидрографа на подземную и поверхностную составляющие.

Задание 2. Определить объемы и долю:

- а) годового стока;
- б) поверхностного дождевого стока;
- в) поверхностного снегового стока;
- г) грунтового стока.

Задание 3. Вычислить характеристики речного стока.

Задание 4. Определить тип реки по видам питания и водному режиму.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Виды водного питания рек.*

Взаимодействие поверхностных и подземных вод играет очень важную роль в гидрологических процессах на земном шаре. Существо этого взаимодействия заключается в обмене поверхностных (океаны, моря, озера, водохранилища, реки, каналы) и подземных вод (напорных и безнапорных) водой, теплотой, растворенными в воде веществами.

Выделяют четыре вида питания рек:

- дождевое,



- снеговое,
- ледниковое,
- подземное.

Для рек в условиях теплого климата главный вид питания – дождевое. Сток таких крупнейших рек мира, как Амазонка, Ганг и Брахмапутра, Меконг, формируется в основном за счет дождевых вод. Этот вид питания рек в глобальном масштабе является главнейшим.

Вторым по важности служит снеговое питание. Его роль весьма велика в питании рек в условиях умеренного климата.

Третье место по объему поступающих в реки вод занимает подземное питание. По водно-балансовым оценкам для всего земного шара на долю подземного питания рек приходится около 30 % речного стока. При величине речного стока, поступающего в океан, 41,7 тыс. км<sup>3</sup> в год на долю подземного питания приходится, таким образом, 12,5 тыс. км<sup>3</sup> воды в год. Именно подземное питание обуславливает постоянство или большую продолжительность стока реки в течение года, что и создает в конечном итоге реку. Важно также отметить, что роль подземного питания в режиме рек особенно возрастает в межень, когда питание других видов (снеговое, дождевое) существенно сокращается или вообще прекращается.

Последнее место по значимости приходится на ледниковое питание (около 1 % стока рек мира).

## *2. Типы взаимодействия речных и грунтовых вод.*

Выделяют три типа взаимодействия речных и грунтовых вод:

- наличие постоянной гидравлической связи,
- наличие временной гидравлической связи,
- отсутствие гидравлической связи.

Первый тип включает два подтипа: наличие одно- и двусторонней постоянной гидравлической связи. Характер связи речных и грунтовых вод зависит от соотношения высоты стояния уровня в реке в половодье и межень, с одной стороны, и положения кровли водоупорного пласта (водоупора) и уровня находящихся над ним грунтовых вод – с другой.

Характер и величина подземного питания рек зависят от гидрогеологического строения прилегающей к водному объекту территории и от режима уровней воды в водном объекте. В большинстве случаев колебания уровня воды следуют за колебаниями стока и ими определяются. Объясняется это существованием закономерных связей расходов и уровней воды в реках.

Изменения режима реки характеризуются, прежде всего, колебаниями ее водности. Водность – это количество воды, переносимое рекой за какой-либо интервал времени (месяц, сезон, год, ряд лет) в сравнении со средней многолетней величиной стока воды этой реки или со стоком в другие периоды. Когда

говорят о колебаниях водности рек, то имеют в виду, прежде всего изменения стока воды. При этом график изменения расхода воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) в данном створе реки в течение года (или части года)  $Q = f(t)$ , который отражает сложные процессы водообмена поверхностных и подземных вод, называют гидрографом реки.

График изменения уровня воды во времени гидрографом называть нельзя, так как в некоторых случаях колебания уровней воды в реках могут быть не связаны с изменением стока, например, при ледовых явлениях на реках, интенсивных процессах размыва дна или аккумуляции наносов, сгонно-нагонных и приливных явлениях в устьях рек.

### *3. Расчленение гидрографа по видам питания.*

Количественная оценка доли различных видов питания в формировании стока обычно осуществляется с помощью графического расчленения гидрографа по видам питания. Этот метод применяется для графического выделения объемов воды, сформированных различными источниками питания.

В этом случае доля того или иного вида питания (например, снегового, дождевого, подземного) определяется пропорционально соответствующим площадям на гидрографе. В результате расчетов можно получить количественную оценку каждого источника питания за год и, что особенно важно, выделить подземную составляющую общего годового стока.

Наибольшие трудности возникают при выделении подземного питания в период половодья или крупных паводков. В зависимости от характера взаимодействия поверхностных и подземных вод Б.В. Поляковым, Б.И. Куделиным, К.В. Воскресенским, М.И. Львовичем, О.В. Поповым и другими исследователями предложен ряд схем расчленения гидрографа.

Расчленение гидрографа на подземную и поверхностную составляющие необходимо произвести методом Б.И. Куделина, предположив высокое стояние воды на крупной реке при постоянной гидравлической связи поверхностных и подземных вод.

Тип реки по видам питания и водному режиму определяют, используя классификацию М.И. Львовича и П.С. Кузина.

#### Контрольные вопросы:

1. Назвать основные виды питания реки.
2. На какие типы подразделяет реки М.И. Львович, в зависимости от источника питания?
3. От чего зависит годовой ход содержания загрязняющих веществ в речных водах в Калининградской области?
4. Какие загрязняющие вещества наиболее характерны для речных вод региона?

5. Существуют ли взаимосвязи между основными типами питания реки и динамикой загрязняющих веществ в ней? Обосновать ответ.

### **Лабораторная работа 6 – Расчет биогенной нагрузки от рек на принимающий водоем**

*Цель работы:* изучить факторы формирования выноса биогенных элементов с водосборных площадей малых рек Калининградской области, познакомиться с методикой расчета биогенной нагрузки от рек на принимающий водный объект.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Рассчитать биогенную нагрузку от заданной реки на принимающий водный объект по основным гидрохимическим показателям, характеризующим степень эвтрофии в соответствии с методикой ХЕЛКОМ (2007).

Задание 2. Оценить полученный результат биогенной нагрузки, проанализировать ее структуру и объяснить основные факторы формирования.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

#### *1. Биогенные элементы.*

Биогенные элементы, определяющие развитие живых организмов, в естественных условиях поступают в водоемы путем вымывания водорастворимых соединений из почв и горных пород.

В водоемах биогенные элементы ассимилируются водными организмами, и уровень биопродуктивности водоемов зависит как от общего количества этих веществ, так и от соотношения их концентраций в водной толще.

Активно включаясь во внутриводоемный круговорот, биогенные элементы накапливаются в донных отложениях. Наиболее интенсивно в озерах аккумулируются соединения фосфора.

В последние несколько десятилетий интенсивное развитие промышленности и сельского хозяйства усилило влияние антропогенной деятельности на окружающую среду и существенно изменило величину и соотношение составляющих баланса биогенных элементов как в водных экосистемах.

Все это привело к тому, что качество воды во многих водоемах ныне определяется не столько совокупностью природных факторов, сколько характером и интенсивностью хозяйственного воздействия.

Избыточные поступления биогенных веществ, изменяющих естественные условия формирования озерных вод, связаны в основном с такими видами хозяйственной деятельности, как:

- земледелие (распашка водосборов, смыв и потери минеральных и органических удобрений),
- мелиорация (ускоренный сток с водосбора и вынос содержащихся в почве биогенных веществ),
- сбросы сточных вод от объектов промышленности, животноводства и коммунального хозяйства.

Земледелие и мелиорация оказывают влияние на всю или большую часть водосборной площади и само озеро (особенно малое озеро), а сбросы сточных вод при условии динамического переноса и перемешивания также могут распространить свое влияние на весь водоем.

## 2. Биогенная нагрузка.

Для расчета годовой нагрузки на принимающий водоем необходимы регулярные наблюдения в течение всего года.

Нагрузка от рек на принимающий водоем обычно прямо пропорциональна:

- размерам речного бассейна,
- суммарному среднему расходу,
- объему стока.

Следовательно, суммарная нагрузка от реки, в первую очередь, контролирует общее состояние водосборной территории. Особенно ярко эта зависимость проявляется в периоды высокого стояния уровня (половодье, частично паводки), когда в реку стекает вода с поверхности речного бассейна.

В соответствии с опубликованным ХЕЛКОМ в 2007 г. руководством «Guidelines for the compilation of waterborne pollution to the Baltic Sea (PLC-water)», по гидрохимическим показателям, характеризующим степень эвтрофии (БПК<sub>7</sub>, БПК<sub>20</sub>, ХПК, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub>, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N), нагрузка рек на принимающий водоем рассчитывается по следующей формуле:

$$L = \sum_{i=1}^n C_i \cdot W_i, \quad (3)$$

где  $C_i$  – среднеарифметическая концентрация вещества в двух последовательных пробах (г/м<sup>3</sup>);  $W_i$  – объем стока за период между отбором двух последовательных проб (м<sup>3</sup>);  $Q_i$  – расход воды в исследуемом створе реки (м<sup>3</sup>/с);  $T_i$  – период времени между отбором двух последовательных проб (с).

### Контрольные вопросы:

1. Что поднимают под экологической (биогенной) нагрузкой от водотока на принимающий водоем?
2. Какие составляющие учитывают при расчете биогенной нагрузки?

3. Какая организация первой разработала методику расчета биогенной нагрузки?

4. Записать формулу для расчета биогенной нагрузки; объяснить, в чем ее суть?

### **Лабораторная работа 7 – Нормативы загрязнения воды**

*Цель работы:* ознакомиться с основными показателями качества воды (предельно допустимая концентрация, лимитирующий признак вредности, ориентировочные допустимые уровни, категории водных объектов рыбохозяйственного значения, показатель химического загрязнения воды (ПХЗ-10), комбинаторный индекс загрязненности (КИЗ), удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗ), гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)), овладеть методикой их расчета.

Задание 1. Рассчитать комплексный индекс загрязнения воды отдельно по нормативам для водных объектов:

- а) культурно-бытового (рекреационного) водопользования;
- б) рыбохозяйственного значения высшей категории.

Задание 2. Определить класс качества воды и возможности использования заданного водного объекта в разных целях.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

#### *1. Общие понятия о качестве воды.*

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования; при этом показатели качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды.

По санитарному признаку устанавливаются микробиологические и паразитологические показатели воды (число микроорганизмов и число бактерий группы кишечных палочек в единице объема).

Токсикологические показатели воды, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ, которое не должно превышать установленных нормативов.

Наконец, при определении качества воды учитываются органолептические (воспринимаемые органами чувств – обоняния, вкуса, зрения) свойства: температура, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде устанавливается:  
для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) с учетом трех показателей вредности:

- органолептического;
- общесанитарного;
- санитарно-токсикологического.

для рыбохозяйственного водопользования (ПДКвр) с учетом пяти показателей вредности:

- органолептического;
- санитарного;
- санитарно-токсикологического;
- токсикологического;
- рыбохозяйственного.

Комплекс санитарно-гигиенических норм и правил, действующих в России, устанавливает нормативы предельно допустимых концентраций, а также их лимитирующий признак вредности для разных видов водопользования.

Лимитирующий признак вредности веществ в воде (ЛПВ) – показатель, характеризующийся наибольшей безвредной концентрацией в воде.

Водные объекты рыбохозяйственного значения подразделяются на высшую, первую и вторую категории (в зависимости от ценности обитающих в них биологических ресурсов).

## *2. Комплексные показатели загрязнения воды водных объектов.*

Кроме того, предложен ряд комплексных показателей загрязнения воды водных объектов (совместно несколькими загрязняющими веществами); наиболее распространенными являются следующие:

показатель химического загрязнения воды (ПХЗ-10),  
комбинаторный индекс загрязненности КИЗ,  
удельный комбинаторный индекс загрязненности УКИЗ,  
гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ).

В гидрохимической практике используется метод интегральной оценки качества воды, по совокупности находящихся в ней загрязняющих веществ и частоты их обнаружения, который называется комбинаторный индекс загрязненности.

В этом методе для каждого ингредиента на основе фактических концентраций рассчитывают балл кратности превышения ПДКвр, балл повторяемости случаев превышения, а также общий оценочный балл.

Ингредиенты, для которых величина общего оценочного балла больше или равна 11, выделяются как лимитирующие показатели загрязненности (ЛПЗ).

Комбинаторный индекс загрязненности рассчитывается как сумма общих оценочных баллов всех учитываемых ингредиентов. По величине комбинаторного индекса загрязненности устанавливается класс загрязненности воды.

Показатель КИЗ учитывает одновременно показатели качества, содержание которых превышает установленные ПДКвр, повторяемость случаев превышения ПДКвр, кратность превышения ПДКвр.

КИЗ используется, в основном, в случае комбинированного воздействия на экосистемы ряда токсичных веществ.

Более совершенным является индекс, получивший название удельного комбинаторного индекса загрязненности (УКИЗ), учитывающий те случаи, когда вода очень сильно загрязнена одним или несколькими загрязняющими веществами, но имеет удовлетворительные характеристики по всем остальным показателям.

УКИЗ представляет собой долю индекса КИЗ, приходящуюся на один учитываемый ингредиент. Достоинствами данного метода является сочетание дифференцированного и комплексного подходов к оценке качества воды.

Гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ) установлен и относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов (впрочем, необходимость его применения не подтверждается ни одним из опубликованных позже официальных нормативных документов):

Этот индекс представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов. В число таких шести основных нормируемых показателей при расчете индекса загрязнения вод из всего множества компонентов входят в обязательном порядке:

- концентрация растворенного кислорода и
- значение биологического потребления кислорода БПК<sub>5</sub>,
- значения еще четырех показателей, являющихся для данного водного объекта наиболее неблагоприятными.

Для расчета ИЗВ показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности, однако при равенстве приведенных концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим санитарно-токсикологический признак вредности (как правило, такие вещества обладают относительно большей токсичностью).

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы. От класса качества воды зависят возможности использования воды.

#### Контрольные вопросы:

1. Назвать интегральные показатели загрязнения природных вод.
2. Что такое ИЗВ и для чего он служит?
3. Как рассчитать ИЗВ (написать формулу и объяснить ее суть).

4. Что такое комбинаторный индекс загрязненности (КИЗ), каков метод его расчета и применение?
5. Что такое удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗ)? Чем он отличается от КИЗ?
6. Дать определение лимитирующих показателей загрязненности (ЛПЗ).
7. Как оценить качество воды с помощью показателя ПХЗ-10?
8. Какие нормативы действуют в РФ в отношении необходимой степени и эффективности очистки сточных вод.
9. Что ПДС? Как его устанавливают, какие особенности водных объектов и сбрасываемых веществ учитывают?
10. Перечислите категории водопользования, объясните основные различия между ними.
11. Какие загрязняющие вещества наиболее характерны для поверхностных водных объектов суши?
12. Какие из них наиболее опасны для водных экосистем? Для здоровья людей?

### **Лабораторная работа 8 – Изучение шумового загрязнения в городе Калининграде**

*Цель работы:* освоить навыки оценки степени шумового загрязнения в разных участках заданных микрорайонов города Калининграда и жилых помещениях.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Определить пространственное распределение уровня шума на исследуемом участке территории г. Калининграда и в жилом помещении.

Для этого на схеме исследуемого участка городской территории необходимо выбрать и поставить не менее 30 точек, в которых будет измеряться громкость шума.

Точки измерения должны равномерно покрывать исследуемую территорию для получения достаточного объема статистически достоверной информации

Важно, чтобы маршрут включал:

- а) пункты с интенсивным автомобильным движением (улицы),
- б) пункты со слабым движением (дворы),
- в) пункты вообще без автомобильного движения (детские площадки, скверы, бульвары, пешеходные аллеи и т.п.),
- г) точки у фасадов зданий,



- д) точки у обочин дорог и перекрестков,
- е) точки между полосами проезжей части разных направлений.

Затем следует измерить уровень звукового давления (громкость шума) по выбранному маршруту. Измерение в каждой точке проводить в течение одной минуты.

Задание 2. Оценить уровень шума исследуемой территории и помещения по сравнению с государственными нормами и сделать выводы по полученным данным, ответив на следующие вопросы:

- а) наблюдаются ли превышения нормы уровня шума (где, в какое время);
- б) что является причиной возникновения повышенных шумов?

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Характеристика шумового загрязнения и громкости звука.*

Шум – это распространяемые в воздушной среде беспорядочные звуковые колебания различной физической природы, является одной из форм физического (волнового) загрязнения окружающей среды:

- мешающий восприятию полезных сигналов,
- нарушающий тишину,
- оказывающий раздражающее или вредное воздействие на живых организмов и человека, тем самым нарушающий их жизнедеятельность.

В современный период шум рассматривается как существенный загрязнитель биосферы.

Раздражающие шумы существуют и в природе (абиотические и биотические), однако считать загрязнением их неверно, поскольку живые организмы адаптировались к ним в процессе эволюции и поэтому их воздействия не несут вреда.

Шумовое загрязнение – это превышение естественного уровня шума и ненормальное изменение шумовых характеристик (периодичности, силы звука и т. д.) на рабочих местах, в населенных пунктах и других местах вследствие работы транспорта, промышленных устройств, бытовых приборов и др.

Неравномерную чувствительность человеческого уха к звукам разных частот модулируют с помощью специального электронного частотного фильтра и получают, так называемый эквивалентный по энергии («взвешенный») уровень звука.

«Взвешенный» уровень звука измеряется в единицах дБА, т.е. в децибелах с фильтром «А».

Шум обычно выделяют:

- по месту (дом, производство, улица и т.д.), где оценивается шум (бытовой, производственный, уличный);

- по источнику шума (авиационный, автомобильный, шум от котельной и т.д.);

- физическим особенностям передачи (например, шум удара, передаваемый жильцам нижних этажей через толщу бетона; шум, передаваемый по воздуху) и др.

## *2. Допустимый уровень шума.*

Предельно допустимым уровнем (ПДУ) шума называется уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов, 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.

Нормируемые параметры и допустимые уровни шума для различных видов профессиональной деятельности, на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки определены нормативными документами:

- государственным стандартом (ГОСТ 12.1.003–83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности (для отдельных отраслей));

- санитарными нормами (СанПин 1.2.3685-21).

Шум оказывает вредное влияние на организм в целом, вызывая сердечно-сосудистые заболевания, атеросклероз, нарушения центральной нервной системы (ощущение хронической усталости, бессонница, раздражительность, падение работоспособности, уменьшение объема внимания, ухудшение памяти), нарушение слуха (вплоть до полной глухоты).

Особая опасность шума заключается в том, что он действует не на ограниченный контингент профессионалов, работающих в какой-то области, а практически на население в целом. Уровень акустического загрязнения больших городов остается очень высоким и продолжает увеличиваться.

В настоящее время Западной Европе более половины населения проживает в районах, где уровень шума составляет 55-65 дБ: по оценкам в зоне превышения уровня звука 55 дБА от автотранспорта в Лондоне проживает около 39 % населения, в Барселоне – 92 %, в Вене – 80,5 %.

В Калининграде, как и во многих других городах, основным источником шумового загрязнения являются все виды транспортных средств. Результаты измерений, проведенных на основных магистралях г. Калининграда (Московский, Советский проспекты, проспекты Мира, Победы, Калинина и др.), показали, что во всех точках шум превышает допустимые уровни на 12-20 дБА.

Имеется в Калининградской области региональный закон, регулирующий вопросы уровня шума, – Закон Калининградской области «Об обеспечении ти-

шины и покоя граждан в ночное время на территории Калининградской области» принят 23 октября 2014 года на заседании областной Думы Калининградской области.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение шумового загрязнения.
2. Перечислить основные источники шумового загрязнения.
3. Описать распределение величины шумового загрязнения в городах России, его воздействие на здоровье населения.
4. Что такое эквивалентный уровень шума? Как его рассчитать?

**Лабораторная работа 9 – Расчет рассеивания в атмосфере вредных веществ**

*Цель работы:* освоить методику расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Рассчитать для заданного города по заданному загрязняющему веществу (СО или NO<sub>2</sub>):

- а) максимальную приземную концентрацию вредных веществ  $C_m$  для выброса нагретой газовой смеси (в мг/м<sup>3</sup>);
- б) максимальную приземную концентрацию вредных веществ  $C_m$  для выброса холодной газовой смеси (в мг/м<sup>3</sup>).

Задание 2. Рассчитать для заданного города по заданному загрязняющему веществу (СО или NO<sub>2</sub>):

- а) предельно допустимый нагретый выброс вредного вещества в атмосферу (в г/с и т/год);
- б) предельно допустимый холодный выброс вредного вещества в атмосферу (в г/с и т/год).

Задание 3. Рассчитать минимальную высоту допустимого выброса вредных веществ из одиночного источника (в м).

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Степень загрязненности атмосферного воздуха, высота одиночного источника выброса.*

Расчет рассеивания производится в соответствии с «Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» для приземного слоя на высоте 2,0 м от земли.

В зависимости от высоты источника  $H$  источники выбросов подразделяются на четыре класса:

- 1) высокие источники ( $H > 50$  м);
- 2) средней высоты ( $H = 10-50$  м);
- 3) низкие источники ( $H = 2-10$  м);
- 4) наземные источники ( $H$  меньше 2 м).

Степень загрязненности атмосферного воздуха характеризуется наибольшим расчетным значением концентрации при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра.

При одновременном совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия, рассчитывается приведенная концентрация.

Для расчета загрязнения атмосферы одним источником определяется максимальное значение концентрации вредного вещества  $C_m$ , зависящее:

- от коэффициента температурной стратификации атмосферы  $A$ ;
- от массы вредного вещества  $M$ ;
- от коэффициента  $F$ , учитывающего скорость оседания веществ в воздухе;
- от высоты источника  $H$ ;
- от перепада температур между газовой и окружающей средами;
- от расхода газовой смеси  $V_1$ .

Обязательным условием современного промышленного проектирования является внедрение передовых безотходных, ресурсосберегающих и малоотходных технологических решений, позволяющих сократить поступление вредных химических выбросов в атмосферу. Для решения природоохранных задач разрешается проведение реконструкции или перепрофилирование действующих производств.

Методика расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий, основана на определении концентрации этих вредных веществ в приземном слое воздуха  $C$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ).

*2. Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха, предельно допустимый выброс вредного вещества.*

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ определяется по наибольшему рассчитанному значению приземной концентрации вредных веществ  $C_m$ , которое может устанавливаться на некотором расстоянии от места выброса, соответствующем наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям.

Необходимо избегать строительства предприятий со значительными выбросами вредных веществ на площадках, где может происходить длительный застой примеси при сочетании слабых ветров с температурными инверсиями

(например, в глубоких котловинах, в районах частого образования туманов, в частности в районах с суровой зимой, ниже плотин гидроэлектрических станций, а также в районах возможного возникновения смогов).

ПДВ – экологический норматив: масса вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени, устанавливаемая из условия, что содержание загрязняющего вещества в приземном слое воздуха от источника или совокупности источников не должно превышать нормативов качества воздуха (ПДК) для населения, животного и растительного мира.

Единицы измерения: г/с, т/год.

Норматив ПДВ стал обязательным элементом разрешений на выброс в окружающую среду, выдаваемых государственными органами предприятиям, организациям и т. д.

#### Контрольные вопросы:

1. Дать определение загрязняющего вещества.
2. Какие виды загрязняющих веществ наиболее характерны для различных геосфер?
3. Что понимают под приземным слоем атмосферного воздуха?
4. Объяснить понятие о рассеивании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.
5. За счет чего происходит рассеивание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе? Какие природные факторы усиливают рассеивание, а какие, наоборот, замедляют его?
6. От каких условий выхода газовой смеси зависят особенности ее последующего рассеяния в воздухе?
7. Что ПДВ? Как его рассчитать?
8. Как определить минимальную высоту выброса?
9. Объяснить принцип и методику расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ в приземном слое воздуха.

### **Лабораторная работа 10 – Определение границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для промышленных предприятий или объектов**

*Цель работы:* приобрести навык расчета и построения положения границ санитарно-защитной зоны для промышленных объектов, а также сформировать умение осуществлять корректировку границ санитарно-защитной зоны с учетом локальной розы ветров.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Рассчитать размер санитарно-защитной зоны с учетом поправки на розу ветров для заданного города и заданного промышленного объекта.

Задание 2. На основе проведенных расчетов на миллиметровой бумаге стандартного формата А4:

- а) среднегодовую розу ветров у заданного промышленного объекта;
- б) положение границ нормативной санитарно-защитной зоны с допущением, что исследуемый объект имеет точечный характер;
- в) положение границ расчетной санитарно-защитной зоны с учетом поправки на локальную розу ветров.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Общие понятия о санитарно-защитных зонах, размерах санитарно-защитных зон и их озеленении.*

Каждое предприятие, загрязняющее атмосферный воздух и/или оказывающее вредное физическое воздействие на него (источники шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных волн, статического электричества), должно быть отделено от жилой застройки санитарно-защитной зоной, и чем негативнее воздействие предприятия на среду обитания, тем больше размер СЗЗ.

Но для промышленных объектов и производств, являющихся источниками ионизирующих излучений, действуют иные требования, чем обычная СЗЗ для всех остальных предприятий.

Санитарно-защитная зона – обязательный элемент любого промышленного предприятия и других объектов, которые могут быть источниками химического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека.

Санитарно-защитная зона – особая функциональная зона, отделяющая предприятие от селитебной зоны либо от иных зон функционального использования территории с нормативно закрепленными повышенными требованиями к качеству окружающей среды.

СЗЗ предназначена для обеспечения гигиенических норм в приземном слое, уменьшения отрицательного влияния предприятий, транспортных коммуникаций на природную среду и население; для организации дополнительных озелененных площадей с целью усиления ассимиляции и фильтрации загрязнений атмосферного воздуха, а также повышения активности процесса диффузии воздушных масс и благоприятного влияния на климат.

В соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие ориентировочные размеры санитарно-защитных зон:

- Предприятия 1-го класса – 1000 м.
- Предприятия 2-го класса – 500 м.
- Предприятия 3-го класса – 300 м.
- Предприятия 4-го класса – 100 м.
- Предприятия 5-го класса – 50 м.

Санитарно-защитная зона до 300 м (для предприятий 4-го и 5-го классов) должна быть максимально озеленена (не менее 60% площади); СЗЗ от 300 до 1000 м (для предприятий 2-го и 3-го классов) – не менее 50%; для предприятий 1-го класса – не менее 40%.

Чтобы озеленение было эффективным, необходимо использовать определенные породы деревьев, кустарников, монокультура не приветствуется.

Размеры санитарно-защитных зон могут уточняться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Причем размеры санитарно-защитных зон должны подтверждаться расчетом рассеивания выбросов в атмосфере.

Увеличение санитарно-защитной зоны может быть произведено не более чем в три раза.

## *2. Корректировка границ санитарно-защитной зоны с учетом розы ветров.*

Размеры санитарно-защитных зон могут уточняться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Причем размеры санитарно-защитных зон должны подтверждаться расчетом рассеивания выбросов в атмосфере.

Увеличение санитарно-защитной зоны может быть произведено не более чем в три раза. Это возможно в четырех случаях:

- при малой эффективности систем очистки выбросов в атмосферу;
- в отсутствие способов очистки выбросов;
- при необходимости размещения жилой застройки с подветренной стороны по отношению к предприятию в зоне возможного загрязнения;
- при строительстве новых, еще недостаточно изученных, вредных в санитарном отношении производств.

Если в соответствии с принятыми в проекте техническими решениями и расчетами рассеивания в атмосфере вредных веществ размер санитарно-защитной зоны для предприятия получается больше установленного в Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий, то необходимо пересмотреть проект предприятия и обеспечить снижение выбросов вредных веществ в атмосферу или увеличить высоту выброса, чтобы обеспечить требования норм по чистоте воздушного бассейна в зоне жилой застройки (на практике чаще происходит последнее, а это не решает проблему).

Полученный по расчету размер санитарно-защитной зоны  $L_0$  корректируется в зависимости от розы ветров района расположения предприятия или объектов по формуле (4):

$$L = \frac{P}{P_0} \times L_0, \quad (4)$$

где  $L_0$  – расчетное расстояние, от источников загрязнения до границы санитарно-защитной зоны с учетом поправки на розу ветров, до которого концентрации вредных веществ больше ПДК (м);  $L$  – нормативное значение размеров санитарно-защитной зоны для предприятия данного класса (м);  $P$  – среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба (%);  $P_0$  – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров (например, при восьмирумбовой розе ветров  $P_0 = 100 : 8 = 12,5$  %) (%).

Контрольные вопросы:

1. Для чего устанавливаются зоны санитарной охраны?
2. Что понимают под санитарно-гигиеническими показателями?
3. Какие нормативы должны соблюдаться в воздухе рабочей зоны? Санитарно-защитной зоны? Населенных мест?
4. Как устанавливается размер санитарно-защитной зоны в России?
5. Какие документы нормируют санитарно-защитные зоны для промышленных предприятий или объектов?
6. Каков санитарно-защитный зон размер? От чего он зависит?
7. Как определить возможную корректировку размера санитарно-защитной зоны для промышленных предприятий?

## **Лабораторная работа 11 – Нормативы загрязнения атмосферного воздуха**

*Цель работы:* рассмотреть основные показатели, используемые для оценки качества атмосферного воздуха. Получить практические навыки обработки аналитических данных для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха. Освоить методику расчета комплексных показателей качества атмосферного воздуха и выполнить соответствующие расчеты.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Рассчитать комплексный индекс загрязнения атмосферы для города Калининграда в заданном году.

Задание 2. Установить степень загрязнения приземного слоя воздуха Калининграда для заданного года.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

1. Оценка качества воздуха, предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, рефлекторное и резорбтивное действие.

Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и



биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

Оценка качества воздуха (уровня загрязнения атмосферы) в России производится обычно с учетом принятых правительством стандартов – предельно допустимых концентраций (ПДК). Установлены ПДК для более чем 700 веществ. ПДК подразделяются на максимальные разовые (осредненные за 20 минут) и среднесуточные, с 2021 г. были добавлены среднегодовые (не для всех веществ).

Оценка загрязнения атмосферы производится путем сравнения действительных значений средних и максимальных разовых концентраций примесей с предельно допустимыми концентрациями (ПДК).

ПДК – предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. Величины ПДК приведены в миллиграммах загрязняющего вещества на кубический метр воздуха (мг/м<sup>3</sup>).

Разработка ПДК основывается на лимитирующем показателе вредности загрязняющего вещества. Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное и резорбтивное.

Для красителей в качестве лимитирующего показателя устанавливается санитарно-гигиенический, который позволяет при соблюдении ПДК избежать появления необычной окраски объектов окружающей среды.

*2. Комплексные показатели загрязнения атмосферы: стандартный индекс, наибольшая повторяемость, комплексный индекс загрязнения атмосферы. Класс опасности.*

Предложен ряд комплексных показателей загрязнения атмосферы (совместно несколькими загрязняющими веществами); наиболее распространенным и рекомендованным методической документацией, являются три показателя качества воздуха:

- индекс загрязнения атмосферы (ИЗА),
- стандартный индекс (СИ),
- наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП).

Стандартный индекс или наибольший единичный индекс загрязнения (СИ) – наибольшая измеренная в городе максимальная разовая концентрация любого загрязняющего вещества, деленная на ПДК. Он определяется из данных наблюдений на гидрометеорологическом посту за одной примесью или на всех постах рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год (в

соответствии с РД 52.04.667-2005). Показатель характеризует степень кратковременного загрязнения.

Наибольшая повторяемость (НП) превышения максимально разовой ПДК любым загрязняющим веществом в воздухе города по данным наблюдений на одном посту за одной примесью или на всех постах территории за всеми примесями за месяц или за год.

В России до марта 2021 г. не было критериев для оценки средних годовых концентраций. Поэтому средние концентрации сравнивались с ПДК среднесуточными, максимальные из разовых концентраций – с ПДК максимальными разовыми.

Комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывает несколько примесей и является интегральным показателем, представляющий собой сумму концентраций выбранных загрязняющих веществ в долях ПДК.

В основу расчета комплексного индекса загрязнения атмосферы приняты следующие положения:

- опасность воздействия на здоровье человека зависит от отдельных вредных веществ, от класса опасности конкретного вещества;
- по мере увеличения превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) веществ, возрастает опасность воздействия на здоровье человека.

Комплексный индекс загрязнения атмосферы применяется для сравнительной оценки загрязненности отдельных районов города, отдельно взятых городов с установлением их приоритетности по уровню загрязнения и тенденций загрязненности.

Величина ИЗА рассчитывается как сумма нормированных по ПДК<sub>СС</sub> и приведенных к концентрации диоксида серы средних (среднегодовых) содержаний различных веществ (примесей). Поэтому ИЗА характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

Степень загрязненности атмосферы одним веществом выражается в общем виде через единичный (парциальный) индекс загрязненности. Комплексный индекс загрязнения атмосферы ( $Y_n$ ), учитывающий  $n$  загрязняющих веществ, вычисляют согласно следующей формуле:

$$Y_n = \sum_{i=1}^n \left( \frac{q_{CPI}}{ПДК_{CCi}} \right) \times C_i, \quad (5)$$

где  $Y_n$  – комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА);  $q_{CPI}$  – среднегодовая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества ( $мг/м^3$ );  $ПДК_{CCi}$  – среднесуточная предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества ( $мг/м^3$ );  $C_i$  – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень вредности  $i$ -ого загрязняющего вещества к степени вредности диоксида серы,

зависящий от того, к какому классу опасности принадлежит загрязняющее вещество (класс опасности – показатель, характеризующий степень опасности для человека веществ, загрязняющих атмосферный воздух).

Контрольные вопросы:

1. Какие Вам известны нормативы загрязнения атмосферного воздуха?
2. Что такое ПДК<sub>рз</sub>, ПДК<sub>сс</sub>, ПДК<sub>мр</sub>? В чем состоят различия между ними?
3. Что такое ИЗА и для чего он служит?
4. Как рассчитать ИЗА (написать формулу и объяснить ее суть).
5. Как рассчитываются и применяются стандартный индекс (СИ) и наибольшая повторяемость (НП)?
6. Что такое класс опасности загрязняющих веществ? Как его определить?
7. Загрязнение воздуха соединениями серы и азота, их источники.

## Заключение

Лабораторные занятия по дисциплине «Геоэкология» могут проходить в разных формах, но при любой его форме, обязательной для студента является самостоятельная работа с литературой, предшествующая занятию и последующая за ним. Предварительная самостоятельная работа важна для качественного выполнения лабораторных заданий, а также для полноценного усвоения знаний, умений и навыков.

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется активно использовать ресурсы сети Интернет: можно пользоваться размещенными там электронными учебниками, хрестоматиями, справочниками и энциклопедиями, картами и атласами. Необходимо использовать официальные сайты географических организаций и обществ (например, Хельсинкской комиссии по защите морской среды Балтийского моря), научных изданий.

Студенты, пропустившие занятие, могут быть аттестованы по данной теме только после выполнения соответствующей лабораторной работы и сдачи ее преподавателю. Промежуточная аттестация по дисциплине «Геоэкология», предусмотренная учебной программой, проводится по результатам текущей аттестации. Таким образом, зачет по дисциплине «Геоэкология» выставляется по результатам выполнения и успешной защиты всех лабораторных работ, а также сдачи тестов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Рекомендуемая литература:

- 1 Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии: учебник для вузов. – Москва: Высшая школа, 1999. – 447 с.
- 2 Природопользование, охрана окружающей среды и экономика: Теория и практикум: Учеб. пособие / Под ред. А.П. Хаустова. – Москва: РУДН, 2009. – 613 с.
- 3 Романова Э.П. Глобальные геоэкологические проблемы. Учебное пособие. – Москва: Изд-во Юрайт. 2018. – 170 с.
- 4 Стурман В.И. Геоэкология: учебное пособие для вузов / В.И. Стурман. 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 228 с.
- 5 Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ.
- 6 Финоченко, В. А. Инженерная экология: учебное пособие / В. А. Финоченко, Г. Н. Соколова, Т. А. Финоченко ; под редакцией В. А. Финоченко. — Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. – 164 с.
- 7 HELCOM Guidelines for the annual and periodical compilation and reporting of waterborne pollution inputs to the Baltic Sea (PLC-Water). – HELCOM, 2019. – 152 p.

Локальный электронный методический материал

Цупикова Надежда Александровна

ГЕОЭКОЛОГИЯ

*Редактор И. Голубева*

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 2,5. Печ. л. 2,3.

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1