

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра физиологии человека и животных

НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебно-методическое пособие

Ярославль
ЯрГУ
2020

УДК 504.06(075.8)
ББК Б1я73
Н83

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2020 года*

Рецензент
кафедра физиологии человека и животных ЯрГУ

Составитель
кандидат биологических наук,
доцент кафедры физиологии человека и животных Е. М. Фомичева

**Нормирование и снижение загрязнения окружающей
Н83 среды : учебно-методическое пособие / сост. Е. М. Фомичева ;
Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. — Ярославль : ЯрГУ,
2020. — 56 с.**

В пособии рассматриваются цели и задачи, основные понятия и разделы экологического нормирования, даются характеристики нормативов загрязнения окружающей среды — ПДК, ПДВ, ПДС, нормативы качества окружающей среды. По каждой теме приводятся примеры расчетов изучаемых нормативов.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды».

УДК 504.06(075.8)
ББК Б1я73

© ЯрГУ, 2020

Введение

Целями освоения дисциплины «Нормирование и загрязнение окружающей среды» являются приобретение знаний об основных контролируемых параметрах и нормировании загрязнений окружающей среды: предельно допустимая концентрация (ПДК), предельно допустимый выброс (ПДВ), предельно допустимый сброс (ПДС), предельно допустимый уровень воздействия (ПДУ), в воздухе, воде, почве, растительности, продуктах питания, биосубстратах; ознакомление с различными видами загрязнений природной среды, современными методами контроля за состоянием природной среды. Дисциплина направлена на изучение проблемы обеспечения и контроля качества окружающей среды.

В результате освоения дисциплины студенты познакомятся с методами разработки и контроля предельно допустимых концентраций вредных веществ в окружающей среде, правилами установления предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ, нормативами и критериями оценки качества окружающей среды. В ходе обучения формируются навыки организации исследования по установлению ПДК и контроля содержания токсикантов; осуществлению отбора проб природных объектов; применения правовых и методических основ расчета, установления и пересмотра предельно допустимых сбросов и выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду (ОС); разработки планов мероприятий по снижению уровня антропогенного воздействия при осуществлении природопользования; навыки определения платы за загрязнение окружающей природной среды.

Основными задачами экологического нормирования являются разработка научно-методической базы в вопросах охраны природы и рационального природопользования; обоснование безопасных уровней и продолжительности воздействий на окружающую среду; апробация результатов исследований воздействия загрязняющих веществ на окружающую среду.

Главным и основным объектом изучения в рамках нормирования являются толерантность человека к вредным воздействиям, формы и последствия эксплуатации окружающей среды, устойчивость природной среды. Согласно данным объектам изучения в экологическом

нормировании выделяют три основных направления: санитарно-гигиеническое, производственно-ресурсное и экосистемное.

Цель экологического нормирования — научно-методические разработки в области безопасности жизнедеятельности человека и сохранения генетического фонда, охраны окружающей среды в целом и конкретных экосистем в частности, рационального природопользования.

Таким образом, методология, собственные объекты и предмет исследований позволяют рассматривать экологическое нормирование *как самостоятельную научную дисциплину, развивающуюся на стыке токсикологии, экологии, географии и природопользования.*

Для эколога, в особенности эколога-инженера, важным в обучении является не только знание методологической основы расчетов уровней загрязнения, ПДВ, ПДС, но и понимание, знание эффекта воздействия загрязняющих веществ на живые системы определенного уровня организации. Поэтому в данном учебно-методическом пособии студентам предложены как практические, расчетные работы, так и лабораторные работы, направленные на изучение действия токсикантов на живые организмы, в частности водных беспозвоночных.

ТЕМА 1. Санитарно-гигиеническое нормирование

Гигиеническое нормирование — это установление пределов интенсивности и продолжительности воздействия на организм человека факторов окружающей среды с целью предотвращения повреждения органов и систем человека и развития заболеваний.

К основным нормированным показателям количества вредных веществ, допустимых с точки зрения безопасности человека, относят ПДК (предельно допустимая концентрация). Временные нормативы на содержания загрязняющих веществ имеют следующие обозначения: ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия), ОДК (ориентировочное допустимое количество) и ОДУ (ориентировочно допустимый уровень), они заменяют предельно допустимую концентрацию загрязняющего вещества до её установления.

ПДК — предельно допустимая концентрация вещества (в воздухе, воде, почве), при которой не происходит негативных изменений и не возникают негативные последствия, приводящие к снижению качества среды и угнетению процессов жизнедеятельности её обитателей и не вызывает патологических изменений или заболеваний, устанавливаемых современными методами исследований в любые сроки жизни настоящего и последующего поколений. Существует несколько видов ПДК загрязняющих веществ в разных компонентах среды: в атмосферном воздухе, в воде природных и искусственных водоемов, в почве. Также гигиенические ПДК устанавливаются на вредные вещества в пищевых продуктах.

Нормирование предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе осуществляется по двум группам: ПДК в воздухе рабочей зоны и ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов. Необходимость такой дифференциации обусловлена тем, что источником вредных веществ, как правило, выступает производство. Поэтому первичный контроль качества воздуха необходимо осуществлять в рабочей зоне с учетом того обстоятельства, что время пребывания в ней человека ограничено. Более строгие требования предъявляются к качеству атмосферного воздуха населенных пунктов, т. е. селитебных зон, где человек находится всю свою жизнь.

Гигиенические нормативы — предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны разработаны

в соответствии с Федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ и Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании. Они действуют на всей территории Российской Федерации и устанавливают предельно допустимое содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

В воздухе рабочей зоны устанавливают две категории концентраций: ПДК максимальные разовые ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$) и среднесменные ($\text{ПДК}_{\text{сс}}$). Первая величина является базовой, т. е. экспериментально установленной (ГН 2.2.5.1313-03). Она приведена для основной части веществ. У некоторых веществ экспериментально установлена и среднесменная концентрация.

Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны возложен на экологическую службу предприятия.

В воздушную среду различные вредные вещества могут поступать в виде паров, газов, пыли. Важным является путь проникновения химических веществ в организм человека. Выделяют три основных пути поступления вредных веществ в организм:

- 1) ингаляционный путь поступления — через органы дыхания;
- 2) пероральный путь поступления — через желудочно-кишечный тракт;
- 3) перкутанный путь поступления — через кожные покровы и слизистые оболочки.

От способов проникновения вредных веществ в организм может зависеть степень тяжести отравления ядом. Количественные характеристики воздействия токсикантов приводят в зависимости от путей их поступления в организм. Это может быть мг/кг веса (если токсикант поступил внутрь организма), мг/см^2 поверхности (кожа, поверхность животного), мг/м^3 воздуха или объемная доля (например, для газов и взвесей в воздухе).

Эффект воздействия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физико-химических свойств, длительности поступления, функционального состояния организма, пола, возраста, индивидуальной чувствительности, пути поступления и выведения, распределения в организме, метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Концентрации вредных веществ в течение рабочего дня на производстве не бывают постоянными. Концентрация вещества в воздухе может изменяться: снижаться в обеденный перерыв, нарастать к концу смены либо резко колебаться, оказывая на человека интермиттирующее или прерывистое действие, которое во многих случаях оказывается более вредным.

Для воздуха населенных пунктов установлены два вида ПДК:

1. Максимальная разовая предельно допустимая концентрация ПДК м. р. — это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

2. Среднесуточная предельно допустимая концентрация ПДК с. с. — это концентрация вредного вещества в воздухе, не оказывающая на человека прямого или косвенного воздействия при круглосуточном вдыхании.

Необходимо отметить, что все вредные вещества в зависимости от степени их негативного влияния относятся к тому или иному классу опасности. Однако одно и то же вещество может иметь разные классы в зависимости от вмещающей его среды (почва, вода, атмосферный воздух, сырье, продукты питания и т. д.), что обусловлено его физико-химическими свойствами, определяющими проявление вредных эффектов.

Такой подход регламентирован ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». В соответствии с ним по *степени воздействия на организм* выделяют четыре класса опасности вредных веществ:

- 1) 1-й класс — вещества чрезвычайно опасные;
- 2) 2-й класс — вещества высокоопасные;
- 3) 3-й класс — вещества умеренно опасные;
- 4) 4-й класс — вещества малоопасные.

Отнесение вредного вещества к тому или иному классу проводится по показателю, значение которого соответствует наиболее неблагоприятному классу опасности.

Одной из проблем нормирования является установления нормативов, в частности ПДК, для изолированного действия вещества, в то время как зачастую происходит взаимодействие вредных веществ.

Можно выделить комбинированное и комплексное действие вредных веществ на организм. В условиях современного производства человек подвергается комбинированному действию вредных веществ, а также воздействию негативных факторов другой природы (физических — шуму, вибрации, электромагнитным и ионизирующим излучениям).

Комбинированное действие вредных веществ — это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. К основным видам *комбинированного действия* относят:

1) суммирование (аддитивность), когда суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов (A и B) и его можно оценить по зависимости

$$1/2A + 1/2B = 1;$$

2) сверхсуммирование, или потенцирование (синергизм), когда наблюдается непропорциональное усиление эффектов:

$$1/2A + 1/2B > 1;$$

3) антагонизм, или ингибирование, т. е. снижение воздействия одного или обоих веществ в результате их взаимовлияния:

$$1/2A + 1/2B < 1;$$

4) независимое действие веществ — комбинированное действие не отличается от изолированного действия каждого яда и преобладает эффект наиболее токсичного вещества:

$$A = 1; B = 1.$$

5) комплексное действие — одновременное поступление вредных веществ несколькими путями (через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы).

Воздействие токсических веществ на человека в условиях производства не может быть изолированным от влияния других неблагоприятных факторов, таких как высокая и низкая температура, повышенная или пониженная влажность, шум, вибрация, излучения. Сочетанное действие — одновременное воздействие нескольких химических и физических факторов.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» подразделены на 4 класса опасности:

1 — чрезвычайно опасные вещества, ПДК < 0,1 мг/м³, например свинец, ртуть, озон;

2 — высокоопасные вещества, ПДК = 0,1...1,0 мг/м³, например марганец, хлор, азотная кислота;

3 — умеренно опасные, ПДК = 1,0...10 мг/м³, например азота диоксид, метиловый спирт, сернистый ангидрид;

4 — малоопасные, ПДК > 10 мг/м³, например угарный газ, ацетон, аммиак.

Практическая работа 1

Экологическое нормирование. Гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Порядок выполнения работы

Методика сравнения фактической концентрации с ПДК проводится на основе заданной фактической концентрации набора веществ согласно варианту (табл. 1) и ПДК согласно ГОСТ 12.1.005-88 (табл. 2).

1. Выберите вариант задания (табл. 1). Заполните табл. 4 в соответствии с вариантом. Сопоставьте данные концентрации веществ с ПДК (табл. 2) по соответствующему варианту и сделайте вывод о соответствии нормам каждого из веществ в отдельности по графам 9–11 табл. 4, т. е. $C_x < \text{ПДК}$; $C_x > \text{ПДК}$ или $C_x = \text{ПДК}$.

2. Сделайте вывод о соответствии нормам заданной по варианту совокупности веществ при их одновременном воздействии.

3. Эффект суммации оценивается по набору веществ согласно варианту и перечню веществ, обладающих эффектом суммации. Выявить вещества, обладающие суммацией действия, обозначив их символом «Σ» перед названием вещества (использовать табл. 3). При этом считать, что эффект суммации имеет место, если хотя бы два из веществ, заданных по варианту, имеются в таблице.

4. Рассчитать эффект суммации и сделать вывод.

Таблица вариантов к практической работе

№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация, мг/м ³	№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация, мг/м ³
1	2	3	1	2	3
1	Акролеин	0,01	2	Азота двуокись	0,5
	Дихлорэтан	4,0		Ацетон	0,2
	Хлор	0,02		Бензол	0,05
	Оксид углерода	10,0		Фенол	0,01
	Сернистый ангидрид	0,03		Оксид углерода	10,0
	Хрома окись	0,1		Винилацетат	0,1
3	Азота двуокись	0,04	4	Серная кислота	0,5
	Аммиак	0,5		Азотная кислота	0,5
	Хрома окись	0,2		Кремний двуокись	0,2
	Сернистый ангидрид	0,5		Фенол	0,01
	Ртуть	0,001		Ацетон	0,2
	Акролеин	0,01		Озон	0,001
5	Этиловый спирт	150	6	Аммиак	0,001
	Оксид углерода	15,0		Оксид азота (II)	0,1
	Озон	0,01		Вольфрам	4,0
	Серная кислота	0,05		Алюминия оксид	5,0
	Соляная кислота	5,0		Оксид углерода	5,0
	Сернистый ангидрид	0,05		Фенол	0,01
7	Фенол	0,001	8	Оксид азота (IV)	0,1
	Азот окислы	0,1		Алюминия оксид	5,0
	Вольфрам	10		Фенол	0,01
	Полипропилен	5,0		Бензол	0,05
	Ацетон	0,5		Формальдегид	0,01
	Формальдегид	0,02		Винилацетат	0,1

№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация, мг/м ³	№ варианта	Вещество	Фактическая концентрация, мг/м ³
1	2	3	1	2	3
9	Акролеин Дихлорэтан Озон Оксид углерода Формальдегид Вольфрам	0,01 5,0 0,01 15 0,02 4,0	10	Оксид углерода Этилендиамин Аммиак Азота двуокись Ацетон Бензол	10 0,1 0,1 5,0 100 0,05

Таблица 2

***Предельно допустимые концентрации вредных веществ,
ПДК мг/м³***

Вредное вещество	В воздухе рабочей зоны, мг/м ³	В воздухе населенных мест, максимальное разовое воздействие не более 30 мин	В воздухе населенных мест, среднесуточное воздействие более 30 мин	Класс опасности вещества	Особенности воздействия на организм
1	2	3	4	5	6
Азота диоксид	2	0,085	0,04	2	О
Азота окислы	5	0,6	0,06	3	О
Азотная кислота	2	0,4	0,15	2	—
Акролеин	0,2	0,03	0,03	3	—
Алюминия окись	6	0,2	0,04	4	—
Аммиак	20	0,2	0,04	4	Ф
Ацетон	200	0,35	0,35	4	—
Аэрозоль пятиокси ванадия	0,1	—	0,02	1	—
Бензол	5	1,5	0,1	2	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	3	—
Вольфрам	6	—	0,1	3	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	—	0,15	3	Ф
Дихлорэтан	10	3	1	2	—
Гексан	300	60	—	4	—
Кремний двуокись	1	0,15	0,06	3	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	3	—

Вредное вещество	В воздухе рабочей зоны, мг/м ³	В воздухе населенных мест, максимальное разовое воздействие не более 30 мин	В воздухе населенных мест, среднесуточное воздействие более 30 мин	Класс опасности вещества	Особенности воздействия на организм
Метиловый спирт	5	1	0,5	3	—
Озон	0,1	0,16	0,03	1	О
Оксид углерода	20	5	3	4	Ф
Полипропилен	10	3	3	3	—
Ртуть	0,01... 0,0005	—	0,0003	1	—
Серная кислота	1	0,3	0,1	2	—
Сернистый ангидрид	10	0,5	0,05	3	—
Сода кальцинированная	2	—	—	3	—
Соляная кислота	5	—	—	2	—
Толуол	50	0,6	0,6	3	—
Фенол	0,3	0,01	0,003	2	—
Формальдегид	0,5	0,035	0,003	2	О, А
Хрома окись	1	—	—	3	А
Хрома трехокись	0,01	0,001 5	0,0015	1	К, А
Этилендиамин	2	0,001	0,001	3	—
Этиловый спирт	1000	5	5	4	—
Цемент, пыль	6	—	—	4	Ф

Примечание: О — вещество с остронаправленным механизмом воздействия, опасное для развития острых отравлений, за содержанием в воздухе требуется автоматический контроль; А — вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях; К — канцерогены; Ф — аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия.

Таблица 3

Перечень веществ, обладающих эффектом суммации

№ п/п	Вещества	№ п/п	Вещества
1	2	1	2
1	Аммиак, сероводород, формальдегид	14	Аэрозоли пятиоксида ванадия и оксида хрома

№ п/п	Вещества	№ п/п	Вещества
1	2	1	2
2	Азота диоксид, гексан, углерода оксид, аммиак	15	Бензол и ацетофенол
3	Азота диоксид, гексан, углерода оксид, формальдегид	16	Вольфрамовый и сернистый ангидриды
4	Азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, фенол	17	Озон, двуокись азота и формальдегид
5	Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид	18	Мышьяковистый ангидрид и свинца ацетат
6	Ацетон, фенол	19	Мышьяковистый ангидрид и германий
7	Ацетон и ацетофенол	20	Озон, двуокись азота и формальдегид
8	Ацетон, фурфурол, формальдегид, фенол	21	Этилен, пропилен, бутилен и амилен
9	Ацетальдегид и винилацетат	22	Оксид углерода, двуокись азота, формальдегид, гексан
10	Аэрозоли пятиокиси ванадия и оксиды марганца	23	Пропионовая кислота и пропионовый альдегид
11	Аэрозоли пятиокиси ванадия, сернистый ангидрид	24	Сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты
12	Сернистый ангидрид и никель металлический	25	Сероводород и формальдегид
13	Сернистый ангидрид и сероводород	26	Уксусная кислота и уксусный ангидрид

Эффект суммации рассчитывают по формуле:

$$C1/ПДК1 + C2/ПДК2 + \dots + Ci/ПДКи \leq 1,$$

где $C1, C2, \dots, Ci$ — концентрация вредных веществ в атмосфере в одной и той же точке местности, мг/м^3 ; $ПДК1, ПДК2, \dots, ПДКи$ — максимальные разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосфере, мг/м^3 .

Если в атмосферном воздухе присутствуют выбросы нескольких веществ, то сумма отношений концентраций загрязняющих веществ к их ПДК (с учетом C_f) не должна превышать единицы. Проверяем уровень загрязнения воздуха по веществу, не вошедшему в список веществ однонаправленного действия (обладающих эффектом суммации).

Из указанных веществ выбираем только вещества одностороннего действия по утвержденным спискам. Далее рассчитываем суммарный уровень загрязнения воздушной среды. Если уровень загрязнения воздуха по данному показателю превышает единицу, делаем вывод, что воздух не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

4. Оформить отчет о работе в виде табл. 4 и сделать выводы о соответствии нормам фактических значений концентраций веществ, обладающих эффектом суммации («соответствует» или «не соответствует»).

В случае несоответствия вредных веществ (данных в варианте) гигиеническим нормам, предложите мероприятия по снижению выбросов и методы защиты работников от воздействия вредных веществ.

Таблица 4

Исходные данные и нормируемые значения

Номер варианта	Вещество	Концентрация вредного вещества, мг/м ³				Класс опасности	Особенности воздействия	Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности		
		Фактическая	Предельно допустимая концентрация ПДК					в воздухе рабочей зоны	<= 30мин	> 30мин
			ПДКрз	ПДКмр	ПДКсс					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Пример расчета

В воздухе имеется смесь веществ, с концентрацией: аммиак — 0,02 мг/м³; диоксид азота — 5 мг/м³; гексан — 0,01 мг/м³ (табл. 1). Сопоставляем данные концентрации веществ с ПДК (табл. 2) и заполняем графы 9–11 табл. 4.

Определяем вещества, обладающие эффектом суммации, из таблицы 3, значения ПДК — из табл. 2.

Находим сумму концентраций веществ, обладающих суммацией действия, в воздухе рабочей зоны: $0,02/20 + 5/2 + 0,01/300 = 2,51$.

Находим сумму концентраций веществ, обладающих суммацией действия, в воздухе населенных мест (максимально разовая — ПДК_{мр}):
 $0,02/0,2 + 5/0,085 + 0,01/60 = 58,92$.

Находим сумму концентраций веществ, обладающих суммацией действия, в воздухе населенных мест (среднесуточная — ПДК_{сс}):
 $0,02/0,04 + 5/0,04 + 0,01/«-» = 125,5$.

Во всех трех случаях концентраций веществ их сумма превышает 1 (единицу), следовательно можно сделать вывод о несоответствии нормам фактических значений концентрации веществ, обладающих эффектом суммации.

Аммиак, диоксид азота, гексан — все эти вещества представляют опасность для жизни и деятельности человека.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «гигиенический норматив».
2. В чем особенность комплексного и сочетанного действия химических веществ на организм?
3. Назовите виды ПДК, установленных для воздуха населённых пунктов.
4. Перечислите пути поступления загрязняющих веществ в организм.
5. Что означает «интермиттирующее действие»?
6. Дайте определение предельно допустимой концентрации вещества.

Лабораторная работа 1

Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели ресничной инфузории *Paramecium caudatum*, Ehrenberg 1838

Для экологического прогнозирования возможных функциональных изменений водных сообществ актуально изучение экологии свободноживущих простейших, составляющих существенную часть микропланктона и микробентоса водных экосистем. Простейшие составляют важнейшее звено в пищевых цепях кормовых беспозвоноч-

ных, играют важную роль в процессах самоочищения и очистки сточных вод.

Использование *Paramecium caudatum*, Ehrenberg 1838 в токсикологических исследованиях обусловлено следующими критериями. Сочетание в парамеции признаков клетки и организма позволяет изучать как клеточные, так и организменные формы реакции на токсическое воздействие. Короткий жизненный цикл, быстрота размножения позволяют проследить реакцию на интоксикацию в относительно короткий срок в длинном ряду поколений.

Инфузория *Paramecium caudatum*, Ehrenberg 1838 — широко распространенная ресничная инфузория. Температурный оптимум лежит в пределах 24–28 °С, предпочитает рН 6,5–7,5. Основными регистрируемыми показателями являются выживаемость и размножение, дополнительно можно фиксировать скорость фагоцитоза. Изменение функция питания является наиболее чувствительным и быстрым ответом на ранних этапах действия токсического вещества в не летальных концентрациях, особенно в первые минуты и часы контакта с токсикантом.

Оборудование: стеклянный стаканчик с культурой парамеций, бинокляр, осветительный прибор, пипетки — 2 шт., предметное стекло — 2 шт., часовое стекло — 1 шт., 1 % растворы CuSO_4 и карбофоса, фильтровальная бумага, стеклянный стаканчик с отстоянной водой для промывания пипетки.

Задание: определить выживаемость инфузорий в растворах CuSO_4 и карбофоса с разными концентрациями. Отметить наличие снижения двигательной активности, изменения формы клетки, лизис.

Методика исследования

В работе требуется провести наблюдение за состоянием и поведением инфузорий при остром отравлении их растворами CuSO_4 и ФОС в концентрациях 1 мг/л, 10 мг/л, 100 мг/л, 1000 мг/л.

Для работы приготовить из 1 % раствора соответствующего токсиканта 4 разведения с шагом в 10 и рассчитать получившуюся концентрацию для каждого раствора. Для работы с инфузориями можно использовать предметное стекло с лункой или часовое стекло. Предварительно из стаканчика с культурой парамеций пипеткой отобрать небольшой объем культуры на часовое стекло и проверить наличие

инфузорий в культуре, число и двигательную активность особей. Далее проводить отбор инфузорий из культуры на часовом стекле.

Для проведения токсикологического эксперимента с использованием предметного стекла в лунку предметного стекла отсаживают по 2 особи инфузорий. Попавшую с парameциями воду максимально убирают с помощью фильтровальной бумаги и пипеткой приливают раствор токсиканта необходимой концентрации. В течение 20 минут эксперимента отмечают наличие или отсутствие снижения двигательной активности особей, изменений формы клетки, лизис. Отметить время начала возможных изменений и гибели инфузорий. Пипетку каждый раз промывают водой перед работой со следующей концентрацией токсиканта. Для сравнения в качестве контрольного варианта используют инфузорий, помещенных в лунки предметного стекла с питательной средой.

Сделать вывод о токсичности сульфата меди и карбофоса для инфузорий в зависимости от концентрации вещества.

Контрольные вопросы

1. Чем обосновывается использование одноклеточных организмов в токсикологических исследованиях?
2. Перечислите основные регистрируемые показатели ресничных инфузорий, учитываемые в токсикологических исследованиях.

ТЕМА 2. Расчет рассеивания и нормативов предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу

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

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

Основой мероприятий по охране атмосферного воздуха является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.09.99 № 96-ФЗ (с изменениями и дополнениями). Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан на благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о её состоянии.

Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровней вредных физических воздействий на него являются едиными для всей территории РФ.

Нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих атмосферу веществ и предельно допустимых вредных физических воздействий на нее устанавливаются на уровне, при котором выбросы загрязняющих веществ и вредные физические воздействия не приведут к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарным источником загрязнения допускается в каждом случае на основании

разрешения, выдаваемого специально уполномоченным государственным органом. В разрешении предусматриваются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ, а также другие требования, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха.

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

Осуществление мероприятий по охране атмосферного воздуха не должно приводить к загрязнению почв, воды и других природных объектов. В случае нарушений условий и требований, предусмотренных разрешениями, а также когда возникает угроза здоровью населения, выброс загрязняющих веществ должен быть приостановлен или запрещен вплоть до прекращения деятельности отдельных промышленных установок, цехов, предприятий и учреждений.

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

При размещении, проектировании и вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования необходимо обеспечивать соблюдение нормативов вредных воздействий на атмосферный воздух. При этом должны предусматриваться утилизация, обезвреживание вредных веществ и отходов. Совокупность выбросов, а также вредных воздействий от проектируемых, действующих и планируемых к строительству в будущем предприятий не должны приводить к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загряз-

няющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов предельно допустимых уровней вредных физических воздействий на него.

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

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

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

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

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

пустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ПДК_{ав}).

В тех случаях, когда на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, величины ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты в настоящее время, по согласованию с органами Госкомгидромета должно планироваться поэтапное, с указанием продолжительности каждого этапа, снижение выбросов от действующих предприятий до величин, обеспечивающих соблюдение ПДК. При этом величины временно согласованных выбросов (ВСВ) должны устанавливаться с учетом значений величин выбросов, достигнутых предприятиями с наилучшей (в части охраны природной среды) технологией данного производства.

Величины ПДВ и ВСВ устанавливаются для отдельных источников в граммах в секунду и в тоннах в год. В случае невозможности установления для источников ВСВ на уровне передовых производств уполномоченные органы должны предусмотреть в установленном порядке уменьшение объема производства, закрытие или вывод соответствующих предприятий или объектов.

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

Величины ПДВ и ВСВ утверждаются в порядке, установленном специально уполномоченными государственными органами. Пересмотр их производится в случае изменения мощности, технологии производства, режима работы предприятия, но не реже одного раза в пять лет. Величины ПДВ и ВСВ определяются путем расчета загрязнения атмосферы вредными выбросами из отдельного источника или группы источников, определения расчетной концентрации этих загрязнений в приземном слое атмосферы и сопоставления полученных данных с предельно допустимыми концентрациями примесей в атмосферном воздухе населенных пунктов. Расчеты проводятся

с учетом методики нормирования промышленных выбросов в атмосферу («Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, ОНД-86»).

Практическая работа 2

Методика расчета

предельно допустимого выброса и его рассеивания

Величина C_{\max} для выброса нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем определяется по формуле:

$$C_{\max} = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

где A — коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M — масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (г/с);

F — безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n — коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H (м) — высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается = 2 м);

η (Z) — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

ΔT ($^{\circ}\text{C}$) — разность между температурой выбрасываемой газовой смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха;

V_1 (м/с) — расход газовой смеси, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} w_0,$$

где D (м) — диаметр устья источника выброса;

w_0 (м/с) — средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

Задание

Выхлопные газы предприятия выбрасывают в атмосферу, где температура воздуха равна $T_{\text{в}} = 21,4^{\circ}\text{C}$, через N дымовых труб ($N = 1$), имеющих высоту $H = 7$ м и прямоугольное устье длиной $L = 0,5$ (м) и шириной $B = 0,4$ (м). Температура выбрасываемых газов $T_{\text{г}} = 75^{\circ}\text{C}$, средняя скорость выхода газовой смеси $W = 14$ (м/с).

Концентрация C (г/м³) выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, определенная экспериментально, соответствует: $C(\text{CO}) = 3,630$; $C(\text{NO}_2) = 0,085$; $C(\text{SO}_2) = 0,380$; $C(\text{NH}_3) = 0,2$. Фоновые концентрации по всем выбрасываемым веществам равны нулю.

$N = 1$, $A = 200$, $F = 1$ (для всех вариантов)

Необходимо:

1. Рассчитать максимальные приземные концентрации вредных веществ, присутствующих в выбросах.
2. Определить фактический массовый выброс M вредных веществ по концентрациям C выбрасываемых веществ.
3. Рассчитать ПДВ по всем компонентам и сопоставить с фактическим массовым выбросом M соответствующих вредных веществ.
4. Обосновать необходимость установки газоулавливающего и газоочистного оборудования.
5. Определить расстояние от источника выброса (трубы) по оси факела, на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества.
6. Определить приземные концентрации вредного вещества (СО) на различных расстояниях от источника выбросов в атмосферу (трубы).
7. Представить графически изменение концентрации в зависимости от расстояния от источника.

Контрольные вопросы

1. Какие мероприятия по охране атмосферного воздуха должны осуществляться при размещении, вводе в действие новых или реконструируемых действующих предприятий?
2. Какое санитарно-гигиеническое требование должно выполняться при вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования?

3. Какие мероприятия должны осуществляться на предприятиях, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу?

4. В каких случаях устанавливаются нормативы временно согласованных выбросов (ВСВ) вредных веществ в атмосферу?

5. Какие требования предъявляются к предприятию при установлении норм ПДВ?

6. Какие данные принимаются за основу при установлении нормативов ВСВ?

7. Каким образом устанавливаются нормативы ПДВ и ВСВ?

Лабораторная работа 2

Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели *Daphnia magna* (Cladocera, Crustacea)

В условиях глобального техногенного загрязнения, ведущего к экологическому неблагополучию внутренних водоемов, особенно актуальным становится изучение влияния тяжелых металлов на физиологические и биохимические показатели водных беспозвоночных — важного звена трофических сетей. Несмотря на то, что многие тяжелые металлы (такие, как Cu и Zn) — незаменимые микроэлементы, присутствуя в избытке, они токсичны для живых организмов. Фоновые концентрации Cu , Cd и Zn в природных водах обычно не превышают 0,001; 0,01 и 0,2 мг/л соответственно. Однако в результате техногенного загрязнения они могут возрастать до нескольких миллиграммов на 1 л.

Пестициды — собирательный термин, включающий химические соединения различного строения и применяемые для борьбы с вредными организмами в сельском и лесном хозяйстве, здравоохранении, промышленности и др. Пестициды являются основным средством защиты растений, животных, различных материалов от повреждений разнообразными организмами. Применение пестицидов наносит огромный вред окружающей среде за счет содержащихся в них солей меди и арсениды. Пестициды попадают в водоем также в результате сброса отходов предприятий, производящих эти химические соединения. Особенно большую опасность представляет нерегулируемое попадание пестицидов в водоемы в результате стока с обработанных

территорий с талыми или дождевыми водами, а также воздушными течениями, атмосферными осадками и мигрирующими животными.

В острых опытах основным показателем токсичности является гибель организмов, а в некоторых случаях изменение поведения животных (двигательная активность, активность дыхания, реакция на корм и другие внешние раздражители). Так, например, низшие ракообразные при воздействии фосфорорганических пестицидов судорожно подергивают антеннами, вращаются вокруг своей оси, изменяют траекторию движения. Кроме того, фосфорорганические соединения, относящиеся к ядам нервнопаралитического действия, вызывают у гидробионтов схожие симптомы отравления: возбуждение, расстройство координации движения, паралич.

Для работы **необходимо**: культура дафний *Daphnia magna* (Cladocera, Crustacea); 9 мерных стаканов на 50 мл; отстоянная аэрированная вода; CuSO_4 (1 %); ФОС (карбофос) (1 %); пипетки химические на 10 мл; мерный цилиндр на 50 мл — 2 шт.; пипетка для отлова дафний или мельничный газ, мерный стакан на 100 мл — 2 шт.

Задание: сравнить выживаемость рачков в растворах CuSO_4 и ФОС. Отметить наличие симптомов отравления.

Методика исследования

В данной работе требуется провести наблюдение за поведением дафний при остром отравлении растворами CuSO_4 и ФОС в разных концентрациях.

Приготовьте 4 опытных раствора для каждого из токсикантов, путем разведения с шагом 10 из 1 % маточного раствора. Для каждого разведения рассчитайте концентрацию в мг/л. Маточный (1 %) раствор готовится на дистиллированной воде, а все последующие разведения — на отстоянной аэрированной воде.

В стаканчик с определенной концентрацией вещества поместить по 2–3 особи дафний. Параллельно поместить рачков в стакан с отстоянной аэрированной водой (контрольный вариант). Отметить время начала эксперимента. Наблюдая за поведением дафний в опытных сосудах, отметить время появления симптомов острого отравления: увеличение двигательной активности, нарушение траектории и характера движения, вращение вокруг своей оси, ограничение двигательной активности и гибель животных.

Сравнить поведение дафний в опытных растворах и в контроле. Провести сравнение времени гибели между *Daphnia magna* в разных концентрациях и в разных токсикантах. Оформить таблицу и протокол занятия. Сделать выводы.

Таблица 5

Поведение дафний в опытных растворах и в контроле

Название токсиканта	10 минут	20 минут	30 минут	45 минут
№ разведения С (мг/л)				

Контрольные вопросы

1. В чем заключается опасность превышения ПДК по тяжелым металлам и пестицидам для окружающей среды?
2. Назовите симптомы отравления дафний пестицидами.

ТЕМА 3. Предельно допустимые сбросы (нормативы допустимых сбросов)

В соответствии со ст. 1 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» нормативы допустимых сбросов веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов (нормативы допустимых сбросов веществ и микроорганизмов) — нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей (НДС) не предусматривает разработку нормативов допустимых сбросов для радиоактивных веществ.

Величины НДС определяются исходя из нормативов качества воды водного объекта. Если нормативы качества воды в водных объектах не могут быть достигнуты из-за воздействия природных факторов, не поддающихся регулированию, то величины НДС определяются исходя из условий соблюдения в контрольном пункте (створе) сформировавшегося природного фонового качества воды.

Нормирование качества воды осуществляется в соответствии с физическими, химическими, биологическими (в том числе микробиологическими и паразитологическими) и иными показателями состава и свойств воды водных объектов, определяющими пригодность её для конкретных целей водопользования и/или устойчивого функционирования экологической системы водного объекта в соответствии со ст. 20 и 21 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» с учетом перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, утвержденного распоряжением правительства Российской Федерации от 08.07.2015 № 1316-р (Собрание законодательства Российской Федерации. 2015. № 29, ст. 4524).

Нормативы качества воды разрабатываются для условий питьевого, хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного водопользования, определяемых в соответствии с действующим законодательством.

Нормативы качества воды водного объекта включают:

- общие требования к составу и свойствам поверхностных вод для различных видов водопользования;
- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в воде водных объектов питьевого и хозяйственно-бытового водопользования;
- нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

При сбросе сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты, используемые для целей питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для рекреационных целей, гигиенические нормативы химических веществ и микроорганизмов должны соблюдаться в максимально загрязненной струе контрольного створа на расстоянии (на водотоках — ниже по течению; на водоемах и морях — на акватории в радиусе) не далее 500 метров от места сброса сточных, в том числе дренажных, вод.

При сбросе сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты рыбохозяйственного значения нормативы качества вод или их природные состав и свойства должны соблюдаться в максимально загрязненной струе контрольного створа на расстоянии (на водотоках — ниже по течению; на водоемах и морях — на акватории в радиусе) не далее 500 метров от места сброса сточных, в том числе дренажных, вод.

В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд для состава и свойств его вод принимаются наиболее жесткие нормы качества воды из числа установленных.

Величины НДС разрабатываются и утверждаются для действующих и проектируемых организаций-водопользователей. Разработка величин НДС осуществляется как организацией-водопользователем, так и по его поручению проектной или научно-исследовательской организацией. Если фактический сброс действующей организации-водопользователя меньше расчетного НДС, то в качестве НДС принимается фактический сброс. При этом фактическое содержание загрязняющих веществ в сточных, в том числе дренажных, водах

определяется как максимальное значение концентрации за последний календарный год безаварийной работы предприятия. НДС разрабатываются и утверждаются на 5 лет.

Практическое занятие 3

Расчет нормативов НДС загрязняющих веществ в водные объекты

Все расчеты НДС проводятся согласно «Методике разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» (приказ Министерства ПРРФ от 17.12.2007 № 333).

1. Расчет нормативов НДС отдельного выпуска сточных вод есть произведение расхода сточных вод q ($\text{м}^3/\text{час}$) на допустимую концентрацию загрязняющего вещества $C_{\text{ндс}}$ ($\text{г}/\text{м}^3$):

$$\text{Норматив НДС} = q \cdot C_{\text{ндс}}. \quad (1)$$

В этой формуле величина q — расход сточных вод — принимается по данным водопользователя, а величиной, которую нам надо рассчитать, является $C_{\text{ндс}}$.

2. Для расчета $C_{\text{ндс}}$ существуют две формулы в зависимости от консервативности (*консервативное вещество — вещество, не претерпевающее изменений в воде за счет химических и гидрологических процессов*) вещества. Итак,

а) для консервативных веществ

$$C_{\text{ндс}} = C_{\text{ф}} + n \cdot (C_{\text{пдк}} - C_{\text{ф}}), \quad (2)$$

б) для неконсервативных веществ

$$C_{\text{ндс}} = C_{\text{ф}} + n \cdot (C_{\text{пдк}} \cdot e^{kt} - C_{\text{ф}}), \quad (3)$$

где:

$C_{\text{пдк}}$ — предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока, $\text{г}/\text{м}^3$;

$C_{\text{ф}}$ — фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, $\text{г}/\text{м}^3$;

k — коэффициент неконсервативности, $1/\text{сут}$;

t — время добегания от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сут;

n — кратность общего разбавления сточных вод в водотоке.

Концентрация C_f дается по данным Росгидромета, концентрация $C_{\text{пдк}}$ загрязняющего вещества в воде водотока — это табличное значение.

3. Кратность общего разбавления равна произведению кратности начального разбавления n_n на кратность основного разбавления n_o :

$$n = n_n \cdot n_o. \quad (4)$$

4. Начальное разбавление рассчитывается в определенных случаях:

- для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков при соотношении скоростей речной воды V_p и скорости сточных вод из выпуска $V_{\text{ст.}}$

$$V_{\text{ст.}} \geq 4 \cdot V_p. \quad (5)$$

- при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска больше 2 м/с.

5. Кратность начального разбавления n_n рассчитывается по методу Н. Н. Лапшева.

У эколога-инженера должны иметься следующие исходные данные: расход сточных вод q , м³/с; диаметр выпуска d_0 , м; количество выпусков N_0 ; скорость течения воды в реке (в месте выпуска) V_p , м/с; глубина реки в месте расположения выпуска H , м;

Алгоритм расчета начального разбавления мы рассматривать не будем, он подробно описан в «Методике расчета...» и по условиям расчетной задачи не нужен.

6. Расчет кратности основного разбавления n_o , которая определяется по методу В. А. Фролова и И. Д. Родзиллера.

Для расчёта требуются следующие исходные данные: расчетный расход в водотоке в фоновом створе, Q , м³/с; расчетный расход сточных вод в выпуске, q , м³/с; скорость водотока при расчетном расходе, $V_{\text{ср}}$, м/с; глубина водотока при расчетном расходе, H , м; расстояние от выпуска до контрольного створа по прямой, L_n , м; расстояние от выпуска до контрольного створа по фарватеру, L_f , м.

Алгоритм расчета:

1. Кратность основного разбавления определяется по формуле:

$$n_o = (q + \gamma Q)/q,$$

где γ — коэффициент смешения, q — расход сточных вод, Q — расчетный расход водотока (гидрологические данные водотока).

Вначале нужно найти коэффициент смешения γ .

2. Коэффициент смешения определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha^3 \sqrt{L_\phi})}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \exp(-\alpha^3 \sqrt{L_\phi})},$$

где: α — коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке

$$\alpha = \varphi \cdot \xi^3 \sqrt{\frac{D}{q}},$$

где φ — коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру (L_ϕ) к расстоянию по прямой (L_Π))

$$\varphi = L_\phi / L_\Pi,$$

ξ — коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в стрежень реки $\xi = 1,5$);
 D — коэффициент турбулентной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коэффициент турбулентной диффузии D определяется по разным формулам в зависимости от сезона года:

- для летнего времени по формуле:

$$D = gVH/37n_\Pi C^2,$$

где g — ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

n_Π — коэффициент шероховатости ложа реки,

C — коэффициент Шези, $\text{м}^{0,5}/\text{с}$, определяемый по формуле Н. Н. Павловского

$$C = R^y / n_\Pi,$$

где R — гидравлический радиус потока, м ($R \approx H$);

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n_\Pi} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_\Pi} - 1);$$

- для зимнего времени (периода ледостава)

$$D = gVR_{\Pi\pi}/37n_{\Pi\pi}C_{\Pi\pi}^2,$$

где $R_{\Pi\pi}$, $n_{\Pi\pi}$, $C_{\Pi\pi}$ — приведенные значения гидравлического радиуса $R_{\Pi\pi}$, коэффициента шероховатости $n_{\Pi\pi}$ и коэффициента Шези $C_{\Pi\pi}$;

$$R_{\Pi\pi} = 0,5H,$$

$$n_{\Pi\pi} = n_\Pi [1 + (n_\Pi / n_\Pi)^{1,5}]^{0,67},$$

где n_Π — коэффициент шероховатости нижней поверхности льда.

Коэффициент шероховатости водных объектов различается в зависимости от типа и характеристики русла водного объекта (табл. 6).

Таблица 6

***Коэффициенты шероховатости водных объектов $n_{ш}$
(таблица М. Ф. Скрибного)***

Значение $n_{ш}$	Условия
0,025	Естественные русла в весьма благоприятных условиях (чистые, прямые, незасоренные, земляные со свободным течением)
0,03	Русла постоянных водотоков равнинного типа, преимущественно больших и средних рек в благоприятных условиях состояниях ложа и течения воды Периодические водотоки (большие и малые) при очень хорошем состоянии поверхности и формы ложа
0,04	Сравнительно чистые русла постоянных равнинных водотоков в обычных условиях, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни) Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в относительно благоприятных условиях
0,05	Русла больших и средних рек, значительно засоренные, извилистые и частично засоренные, каменистые, с неспокойным течением Периодические (ливневые и весенние) водотоки с крупногалечным или покрытым растительностью ложем Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые растительностью (травой, кустарником)
0,067	Русла периодических водотоков сильно засоренные и извилистые Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья с наличием заводей) Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала Порожистые участки равнинных рек
0,08	Русла со слабым течением и поймы, значительно зарос-

Значение $n_{ш}$	Условия
	шие, с большими глубокими промоинами Валунные, горного типа русла с неправильной поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)
0,1	Русла горно-водопадного типа с крупновалунным извилистым строением ложа, перепады ярко выражены, извилистость весьма сильная Поймы значительно заросшие, но с резко выраженным косоструйным течением, заводами и др.
0,133	Русла болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и др.) Поймы с очень большими водными пространствами, с местными углублениями (озерами и др.)

Коэффициент шероховатости нижней поверхности льда в период ледостава различается в зависимости от количества дней ледостава (табл. 7).

Таблица 7

***Коэффициент шероховатости нижней поверхности льда
для периода ледостава (по П. Н. Белоконю)***

Время	$n_{л}$
Первые 10 дней ледостава	0,15...0,05
10...20-й день после ледостава	0,610...0,04
20...60-й день после ледостава	0,05...0,03
60...80-й день после ледостава	0,04...0,015
80...100-й день после ледостава	0,025...0,01

Таким образом, рассчитав все указанные коэффициенты и кратность общего разбавления (в нашем случае), можно найти $C_{пдс}$.

Расчет нормативов ПДС загрязняющих веществ в водоток

По условиям задачи имеются следующие исходные данные.

Выпуск сточных вод после очистных сооружений в реку осуществляется через водовыпуск, расположенный у берега.

Расход сточных вод $q = 0,0061 \text{ м}^3/\text{с}$, т. е. $= 21,96 \text{ м}^3/\text{час}$.

Расстояние от места выпуска до расчётного створа по фарватеру принимаем $L_{\phi} = 500 \text{ м}$, по прямой $L_n = 500 \text{ м}$.

Сброс производится за пределами населенного пункта, водозаборов вблизи нет.

Заданные гидрологические данные водотока:

расчетный расход $0,20 \text{ м}^3/\text{с}$,

средняя глубина $0,5 \text{ м}$,

средняя скорость течения $0,18 \text{ м/с}$,

шероховатость ложа реки $n_{\text{ш}} = 0,05$.

Категория водотока — Рыбохозяйственный (знать категорию водотока нужно для определения $C_{\text{пдк}}$).

По течению гидрохимические данные водоема выше сброса (фон, река выше сточных вод (г/м^3)) (табл. 8).

Таблица 8

***Гидрохимические данные водоема выше сброса
(фон, река выше сточных вод (г/м^3))***

№ пп	Показатели свойства вод	Фон	Сточные воды	ПДК
Общие требования				
1	Взвешенные вещества	23,2	181,2	23,95
2	БПК полн.	5,17	7,41	3

Задание: произвести расчет нормативов ПДС. Результаты расчета занести в таблицу (табл. 9).

Таблица 9

Результаты расчета НДС

Вещество	$C_{\text{пдс}}$	НДС
Взвешенное вещество		
БПК ₂₀		

Задание на самостоятельное выполнение

1. Произведите расчет НДС при изменении условий задачи:

1) расхода сточных вод $q=0,003 \text{ м}^3/\text{с}$, т. е. пересчитайте q в $\text{м}^3/\text{час}$;

2) значение коэффициента шероховатости ложа реки — для русла горно-водопадного типа с крупновалунным извилистым строением

ложу, имеющим ярко выраженные перепады и весьма сильную извилистость;

3) все остальные условия остаются прежними.

2. Внесите расчетные данные НДС по аналогии с разобранным примером в табл. 9.

Контрольные вопросы

1. Для чего нужно знать, к какой категории относится водный объект, в который происходит сброс сточных вод?

2. Чем отличается консервативное вещество от неконсервативного?

3. Чему будет равно значение ξ (коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод) при выпуске сточных вод в стрежень реки?

Лабораторная работа 3

Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели пресноводного брюхоного моллюска *Planorbella duryi* (Gastropoda)

ПДК в воде для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКв) устанавливают с учётом трёх показателей вредности: санитарно-токсикологического; санитарного (общесанитарный); органолептического.

ПДК в воде для рыбохозяйственного водопользования (ПДКвр) устанавливают с учётом пяти показателей вредности: санитарно-токсикологического; санитарного; органолептического; токсикологического; рыбохозяйственного.

Санитарно-токсикологический показатель характеризует вредное воздействие на организм человека. Санитарный (общесанитарный) показатель определяет влияние вещества на процессы естественного самоочищения вод за счёт биохимических и химических реакций с участием естественной микрофлоры. Органолептический показатель вредности характеризует способность вещества изменить органолептические свойства воды. Токсикологический показатель определяет токсичность вредных веществ для живых организмов, населяющих водный объект. Рыбохозяйственный показатель вредности определяет порчу качества промысловых рыб.

Поиск средств и методов оценки качества водной среды, невзирая на масштабность исследований в этой области, по-прежнему остается актуальным. Особую значимость приобретает поиск и использование в качестве биоиндикаторов естественных обитателей водоемов — гидробионтов — объектов как селективного, так и неселективного реагирования на загрязнение. Пресноводные моллюски водоемов средней полосы Европейской части России представлены десятками видов, которые отличаются друг от друга не только ареалами обитания, но и анатомо-морфологическим строением и спецификой целого ряда физиологических функций, включая систему дыхания. Симптомами острого отравления брюхоногих моллюсков являются кратковременное значительное возрастание беспорядочной двигательной активности моллюсков с дальнейшим прогрессирующим ослаблением этой функции вплоть до полного их обездвиживания и разрушение кожного эпителия с образованием кровоточащих язв. Следствием нарушения водного баланса является обезвоживание мягкого тела и сокращение объема гемолимфы.

Для работы необходимо: 1 % раствор CuSO_4 , 1 % раствор карбофоса, культура пресноводного брюхоного моллюска *Planorbella duryi* (Gastropoda); 9 стаканов или колб на 50 мл; отстоянная вода; пипетки химические на 10 мл; мерная колба (цилиндр) на 100 мл; резиновая груша, пинцет.

Задание: Определить выживаемость моллюсков в растворах CuSO_4 и карбофоса с концентрациями в разных концентрациях. Отметить изменения в двигательной активности, обездвиживание, надвигание раковины на передний конец тела (реакция изоляции), увеличение времени пребывания моллюска у поверхности воды (реакция избегания), изменение ответной реакции на раздражение.

Методика исследования

В работе требуется провести наблюдение за состоянием и поведением моллюсков при остром отравлении их растворами CuSO_4 и карбофоса в концентрациях 1 мг/л, 10 мг/л, 100 мг/л, 1000 мг/л.

Приготовить из 1 % раствора CuSO_4 и карбофоса опытные растворы токсикантов с концентрациями 1 мг/л, 10 мг/л, 100 мг/л, 1000 мг/л. Разведение проводить отстоянной аэрированной водой.

В четыре стакана с приготовленными концентрациями токсиканта пинцетом поместить по 1 особи моллюсков. Параллельно поместить моллюска в стакан с отстоянной аэрированной водой (контрольный вариант). Отметить время начала эксперимента. Наблюдая за поведением моллюсков в опытных сосудах, отметить время появления симптомов острого отравления: изменение в двигательной активности, обездвиживание, надвигание раковины на передний конец тела (реакция изоляции), увеличение времени пребывания моллюска у поверхности воды (реакция избегания) и др.

Отметить время гибели, сравнить поведение моллюсков в опытных растворах и в контроле. Оформить протокол. Сделать выводы.

Контрольные вопросы

1. В чем проявляется зависимость «доза — эффект» в данном эксперименте?
2. Назовите возможные симптомы острого отравления брюхоногих моллюсков.
3. Что такое водопользование и какие его виды существуют?
4. Какой показатель вредности определяет токсичность вредных веществ для живых организмов, населяющих водный объект?

ТЕМА 4. Нормирование показателей качества компонентов окружающей среды

Одним из разделов санитарно-гигиенического направления является «Нормирование качества компонентов окружающей среды».

Согласно ст. 20 «Нормативы качества окружающей среды» ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 21.07.2014 № 219-ФЗ)

1. Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов.

2. К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы, установленные для химических показателей состояния окружающей среды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций;

- нормативы, установленные для физических показателей состояния окружающей среды, в том числе показателей уровней радиоактивности;

- нормативы для биологических показателей состояния окружающей среды, в том числе видов и групп растений, животных и других используемых как индикаторы качества окружающей среды организмов;

- иные нормативы качества окружающей среды.

3. Нормативы качества окружающей среды устанавливаются на основании результатов лабораторных испытаний, а также для территорий и акваторий на основании данных наблюдений за состоянием окружающей среды.

4. При установлении нормативов качества окружающей среды используются показатели, контроль за которыми обеспечивается посредством применения соответствующих методик (методов) измерения, способов индикации и тестирования.

5. Порядок разработки, установления и пересмотра нормативов качества окружающей среды устанавливается правительством Российской Федерации.

Показатели качества компонентов окружающей среды (ОС) должны быть универсальными, иметь научное обоснование и учитывать все значимые факторы воздействия (химические, биологические, физические).

Практическая работа 4

Изучение критериев оценки загрязнения почв

Поверхность почвы испытывает самую значительную по массе антропогенную нагрузку. Известно, что в атмосферу выбрасывается менее 1 млрд тонн вредных веществ (без CO_2), в гидросферу — приблизительно 15 млрд тонн, в то же время на почву ежегодно попадает ежегодно 85–90 млрд тонн антропогенных отходов.

Ранжирование почв по степени их загрязнения химическими веществами имеет важное значение для осуществления природоохранных мероприятий, мероприятий по рекультивации земель.

Опасность загрязнения почвы химическими веществами определяется уровнем её возможного отрицательного влияния на контактирующие среды (воду, воздух), пищевые продукты и непосредственно на человека, на биологическую активность почвы и процессы её самоочищения.

Основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы вредными веществами является ПДК химических веществ в почве.

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК_п) — это концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на прикасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающуюся способность почвы.

Нормативы ПДК_п разработаны для веществ, которые могут мигрировать в атмосферный воздух или грунтовые воды, снижать урожайность или ухудшать качество сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время в России действует ПДК для более 100 веществ в почве и для семидесяти веществ расчетным путем установлены ориентировочно допустимые концентрации.

Для оценки опасности загрязнения почв выбор химических веществ — показателей загрязнения проводится с учетом специфики

источников загрязнения, приоритетности загрязнителей и характера землепользования.

Нормирование химического загрязнения почв осуществляется по предельно допустимым концентрациям. Различают четыре разновидности ПДК_п в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды:

- транслокационный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы через корневую систему в растение;
- миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу;
- миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водные источники;
- общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на самоочищающуюся способность почвы.

Попавшие в почву химические вещества поступают в организм человека главным образом через контактирующие с почвой среды: воду, воздух и растения, в последнем случае по биологической цепи **«почва — растение — человек»**. Поэтому при нормировании химических веществ в почве учитывается не только опасность, которую представляет почва при непосредственном контакте с ней, но и последствия вторичного загрязнения контактирующих с почвой сред.

Оценка опасности почв, используемых для сельского хозяйства, основана на транслокационном показателе, важнейшем при обосновании ПДК химических веществ в почве.

В случае если нет возможности учесть весь комплекс химических веществ, загрязняющих почву, оценку проводят по наиболее токсичным веществам, т. е. относящимся к более высокому классу опасности (табл. 10).

Таблица 10

Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов к классам опасности

Класс опасности	Химическое вещество
I — высокоопасные	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II — умеренно опасные	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром

Класс опасности	Химическое вещество
III — малоопасные	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

При оценке опасности загрязнения почв химическими веществами следует учитывать следующее:

- опасность загрязнения тем больше, чем выше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве по сравнению с ПДК;
- опасность загрязнения тем больше, чем выше класс опасности контролируемых веществ;
- при оценке опасности загрязнения любым токсикантом следует учитывать буферность почвы, влияющую на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на контактирующие среды.

Существующая разница допустимых уровней содержания химических веществ по различным показателям вредности и основные положения дифференциальной оценки степени опасности загрязненных почв позволяют дать рекомендации по практическому использованию загрязненных почв (табл. 11).

Таблица 11

***Принципиальная схема оценки почв
сельскохозяйственного использования,
загрязненных химическими веществами***

Категории загрязненности почв		Характеристика загрязненности	Возможности использования территории	Предлагаемые мероприятия
1	Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Под любые культуры	Контроль уровня воздействия источников загрязнения почвы и доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений)
2	Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирую-	Под любые культуры при условии контроля их качества	Аналогичные мероприятиям категории 1. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или воздушным

Категории загрязненности почв		Характеристика загрязненности	Возможности использования территории	Предлагаемые мероприятия
		щем общесанитарном, миграционном водном и воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня По транслокационному показателю		показателем контроль содержания этих веществ в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников
3	Высокоопасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе	Под технические культуры. Использование под сельскохозяйственные культуры ограничено учетом растений-концентраторов	Кроме мероприятий, указанных для категории 1, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях — продуктах питания и кормах. При необходимости выращивания растений — продуктов питания рекомендуется их перемешивать с продуктами, выращенными на чистой почве. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений-концентраторов
4	Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ превышает ПДК в почве по всем показателям вредности	Под технические культуры. Лесозащитные полосы	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников

Оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов.

Таковыми показателями являются *коэффициент концентрации химического элемента K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c .*

Коэффициент концентрации химического вещества K_c определяется как отношение реального содержания загрязняющего вещества в почве к фоновому содержанию по уравнению:

$$K_{ci} = C_i / C_{fi},$$

где C_i — фактическое содержание загрязняющего вещества в почве, мг/кг;

C_{fi} — фоновое содержание загрязняющего вещества в почве, мг/кг.

Если фоновые концентрации не известны, можно использовать ПДК_п (табл. 12).

Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения, отражающий эффект воздействия группы элементов. Определяется по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1),$$

где K_{ci} — коэффициент концентрации i -го элемента в пробе;

n — число суммируемых элементов.

Суммарный показатель загрязнения может быть определен как для всех элементов в одной пробе, так и для участка территории по геохимической выборке.

**Предельно допустимые концентрации (ПДК)
химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания
по показателям вредности**

Наименование вещества	ПДК мг/кг почвы с учетом фона (кларк)	Показатели вредности			
		Трансло- кацион- ный	Миграционный		Общесани- тарный
			Водный	Воз- душ- ный	
Подвижная форма					
Медь	3,0	3,5	72,0	—	3,0
Никель	4,0	6,7	14,0	—	4,0
Цинк	23,0	23,0	200,0	—	37,0
Кобальт	5,0	25,0	> 1000,0	—	5,0
Водорастворимая форма					
Фтор	10,0	10,0	10,0	—	25,0
Валовое содержание					
Сурьма	4,5	4,5	4,5	—	50,0
Марганец	1500,0	3500,0	1500,0	—	1500,0
Ванадий	150,0	170,0	350,0	—	150,0
Марганец + ванадий	1000,0+ + 100,0	1500,0 + +150,0	2000,0 + +200,0	—	1000,0 + +100,0
Свинец	30,0	35,0	260,0	—	30,0
Мышьяк	2,0	2,0	15,0	—	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Свинец + ртуть	20,0 + +1,0	20,0 + 1,0	30,0 + +2,0	—	30,0 + 2,0
Хлористый калий (K ₂ O)	560,0	1000,0	560,0	1000	5000,0
Нитраты	130,0	180,0	130,0	—	225,0
Бенз(а)пирен (БП)	0,02	0,2	0,5	—	0,02
Бензол	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0
Изопропилбен- зол	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0
Альфаметил-	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0

Наименование вещества	ПДК мг/кг почвы с учетом фона (кларк)	Показатели вредности			
		Транслокационный	Миграционный		Общесанитарный
			Водный	Воздушный	
стирол					
Стирол	0,1	0,3	100,0	0,1	1,0
Ксилолы	0,3	0,3	100,0	0,4	1,0
Сернистые соединения (S):					
Сероводород (H ₂ S)	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
Элементарная сера	160,0	180,0	380,0	—	160,0
Серная кислота	160,0	180,0	380,0	—	160,0

Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю Z_c , проводится по оценочной шкале (табл. 13), градации которой разработаны на основе изучения показателей здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

Таблица 13

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

Категория загрязнения почв	Значение Z_c	Изменения показателя здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16–32	Увеличение уровня общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение уровня общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердеч-

Категория загрязнения почв	Значение Z_c	Изменения показателя здоровья населения в очагах загрязнения
		но-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение уровня общей заболеваемости детского населения, женщин с нарушением репродуктивной функции (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных родов)

Задание для самостоятельной работы

Условия задачи: для оценки содержания вредных веществ в почве провели отбор проб на участке площадью 25 м² в 5 точках по диагонали с глубины 0,25 метров. В результате исследований установлено, что почва загрязнена вредными веществами, представленными в табл. 14.

Порядок выполнения работы

Определить опасность загрязнения почвы. Выберите вариант задания (табл. 16).

Таблица 14

ПДК химических веществ в почве

Вещество	ПДК мг/кг почвы	Лимитирующий показатель
Кобальт	5,0	Общесанитарный
Марганец	1500	Общесанитарный
Медь	55	Общесанитарный
Фтор	2,8	Транслокационный
Хром	6,0	Общесанитарный
Фтор	10,0	Транслокационный
Бенз(а)пирин	0,02	Общесанитарный
Ксилол	0,3	Транслокационный
Мышьяк	2,0	Транслокационный
Ртуть	2,1	Транслокационный
Свинец	32	Общесанитарный
Сероводород	0,4	Воздушный
Серная кислота	100,4	Общесанитарный
Стирол	0,1	Воздушный

Вещество	ПДК мг/кг почвы	Лимитирующий показатель
Суперфосфат	200	Транслокационный
Формальдегид	7,0	Воздушный
Хлористый калий	560	Водный
Цинк	100	Общесанитарный

Вначале подсчитайте коэффициент концентрации химического элемента K_c как отношение $C_i/PДК_{ni}$ для каждого ингредиента (табл. 14) в соответствии с вариантом задания (табл. 16).

Затем по суммарному показателю загрязнения (Z_c) определите уровень опасности химического загрязнения почвы (табл. 13). Результаты вычислений представьте в виде табл. 15.

Таблица 15

Количественный анализ загрязнения почвы

№ п/п	Загрязняющее вещество	Среднее содержание загрязняющего вещества в почве, мг/кг	ПДК _п , мг/кг	Коэффициент концентрации химического элемента K_c
1	<i>марганец</i>	<i>2200</i>	<i>1500</i>	<i>0,146</i>
2				
...	...			
$Z_c =$				

Для расчета используйте данные табл. 16. В ней представлены варианты заданий, из которых вы выбираете один.

Далее по значению Z_c отнесите почву по шкале опасности загрязнения почв. Определите по таблицам, уровень содержания каких элементов превышает допустимые уровни и по какому лимитирующему показателю. Ответьте на вопрос, как можно использовать данную почву, согласно табл. 12.

Пример расчета

Две пробы почвы, взятые на разных территориях, загрязнены никелем, содержание подвижных форм которого составляет в первой 20 мг/кг (1), во второй — 5 мг/кг (2). Дать характеристику почвам рассматриваемых территорий.

На основании данных табл. 11, 12, 13 почва должна быть отнесена к категории **чрезвычайно высокого** загрязнения, т. к. уровень содержания никеля превышает допустимые уровни содержания этого элемента по всем показателям вредности: транслокационному, миграционному, водному и общесанитарному. Такая почва может быть использована только под технические культуры или полностью исключена из сельскохозяйственного использования.

Таблица 16

Исходные данные для расчета опасности загрязнения почвы по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Вариант	Фактическая концентрация, C_i (мг/кг)									
	Марганец	Мышьяк	Ртуть	Свинец	Хром	Бенз(а)пирен	Цинк	Медь	Суперфосфат (P_2O_5)	Формальдегид
1	2200	–	1,5	34	0,11	0,05	1100	250	1900	6
2	3300	1,3	–	22	0,03	0,03	1250	300	1800	6
3	4900	2,0	2,8	–	0,06	0,01	1450	500	1600	5
4	3100	15,0	1,7	30	–	0,02	800	600	1500	12
5	5500	18,0	2,5	120	0,02	–	450	300	1950	11
6	6000	3,0	2,0	46	0,01	0,03	–	900	1700	7
7	4900	2,8	2,1	75	0,06	0,04	800	–	1800	7
8	4500	9,0	1,2	32	0,08	0,03	900	350	–	8
9	7700	2,2	1,5	58	0,10	0,02	540	300	1500	–
10	6600	2,5	1,8	100	0,04	0,04	980	280	–	11

Вторая почва может быть отнесена к категории **умеренно опасной**, т. к. содержание никеля (5 мг/кг) превышает его ПДК_п (4 мг/кг), но не превышает допустимый уровень по транслокационному показателю вредности (6,7 мг/кг). В этом случае почва может быть использована под любые сельскохозяйственные культуры при одновременном осуществлении мероприятий по снижению доступности токсиканта — никеля — для растений.

Контрольные вопросы

1. Что является критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы вредными веществами?
2. Каким образом осуществляется нормирование химического загрязнения почв?
3. Какие различают разновидности ПДК_п в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды?
4. К какому числу классов опасности относят химические вещества, попадающие в почву из выбросов, сбросов, отходов?
5. Какие вещества, загрязняющие почву, относятся к высокоопасным веществам?
6. Назовите основные источники антропогенного загрязнения почвы.
7. Укажите наиболее распространенные источники загрязнения почв.
8. Перечислите методы и средства уменьшения загрязнения почв.

Лабораторная работа 4

Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели пресноводной олигохеты *Lumbriculus variegatus* как представителя донной фауны

Для малощетинковых червей характерна высокая устойчивость к загрязняющим веществам. Несмотря на то что олигохеты отличаются значительной устойчивостью к органическим загрязнителям, они чувствительны к различным серосодержащим веществам, фенолам, гексохлорану, ионам тяжелых металлов.

Особо токсичны для олигохет соединения тяжелых металлов. Сильной токсичностью для олигохет обладает медь, может подавляться развитие представителей семейства тубифицид при содержании ионов меди в сухом иле более 50 мг/мкг.

Олигохеты способны активно аккумулировать в теле разнообразные химические элементы, находящиеся в донных отложениях, поскольку являются детритофагами и потребляют в качестве пищи

грунт. Так, в Ивановском водохранилище в теле олигохет содержится значительное количество ионов меди, марганца, железа.

При действии токсикантов отмечают следующие морфологические изменения: разрушение эпителиоцитов целомического эпителия, расширение капилляров сосудистого плексуса, отечность окологлоточной коннективы. При действии фосфорорганических соединений олигохеты прекращают волнообразные движения.

Для работы необходимо: 1 % растворы CuSO_4 и ФОС (карбофос), культура пресноводных малощетинковых червей *Lumbriculus variegatus* (Oligochaeta); 9 чашек Петри; отстоянная вода; пипетки химические на 10 мл; мерная колба (цилиндр) на 100 мл; резиновая груша, пинцет или пипетка.

Задание: определить выживаемость олигохет в растворах CuSO_4 и ФОС с концентрациями. Отметить симптомы отравления: изменения в двигательной активности, обездвиживание, изменение флуктуации волнообразных движений тела олигохет.

Методика исследования

В работе требуется провести наблюдение за состоянием и поведением олигохет при остром отравлении их растворами CuSO_4 и ФОС в концентрациях 1 мг/л, 10 мг/л, 100 мг/л, 1000 мг/л.

Приготовить из 1 % раствора CuSO_4 и карбофоса опытные растворы токсиканта с концентрациями 1 мг/л (ПДК), 10 мг/л, 100 мг/л, 1000 мг/л. Разведение проводить отстоянной аэрированной водой.

В чашки Петри с приготовленными концентрациями токсиканта пипеткой поместить по 1 особи олигохет. Параллельно поместить олигохет в чашку Петри с отстоянной аэрированной водой (контрольный вариант). Отметить время начала эксперимента. Наблюдая за поведением олигохет в опытных сосудах, отметить время появления симптомов острого отравления: изменения в двигательной активности, обездвиживание, изменение флуктуации волнообразных движений тела олигохет.

Сравнить поведение олигохет в опытных растворах и в контроле. Оформить протокол. Сделать выводы.

Заключение по курсу лабораторных работ

Напишите общее заключение по циклу лабораторных работ. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы:

- о токсичности исследуемых концентраций веществ для различных гидробионтов,
- роли продолжительности экспозиции тест-объектов в растворах токсикантов в развитии токсического эффекта,
- роли природы токсиканта в развитии токсического эффекта организма.

В заключении обоснуйте необходимость нормирования сбросов и выбросов загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, на основе полученных в цикле лабораторных работ результатов.

Литература

1. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (в ред. дополнения № 1, утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 24.12.2003 № 160, с изм., внесенными дополнением № 2, утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 22.08.2006 № 24). — URL : <https://files.stroyinf.ru/Data1/42/42033/>
2. Арбузова, Л. Л. Ихтиотоксикология : учеб.-метод. пособие / Л. Л. Арбузова. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2015. — 231 с.
3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). — Л. : Гидрометеиздат, 1987. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200000112>
4. Методика расчета нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты со сточными водами. — URL : <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
5. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. — URL : <http://docs.cntd.ru/document/902083726>
6. Опекунов, А. Ю. Теория и практика экологического нормирования в России : учеб. пособие / А. Ю. Опекунов, А. Г. Ганул. — СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та. 2014. — 332 с.
7. Экология : практикум / сост. : Е. Н. Калюкова, В. В. Савиных. — Ульяновск : УлГТУ, 2013. — 111 с.
8. Перевозников, М. А. Тяжелые металлы в пресноводных экосистемах М. А. Перевозников, Е. А. Богданова. — СПб. : ГосНИОРХ, 1999. — 228 с.
9. Пузаткина, Е. А. Влияние экзогенных факторов на состояние газообмена и содержание каротиноидов в тканях пресноводных моллюсков : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е. А. Пузаткина. — Казань, 2006.
10. Попченко, В. И. Устойчивость малощетинковых червей к химическим загрязнениям / В. И. Попченко, Т. В. Попченко // Известия Самарского научного центра РАН. — 1999. — № 2. — С. 201–203.

11. Спивак, Э. Г. Влияние хлорорганических пестицидов на состояние олигохет и способы снижения их токсического воздействия / Э. Г. Спивак. — Ростов-на-Дону : АзНИИРХ, 2008. — 100 с.

12. Grossel, M. Copper uptake across rainbow trout gills : mechanisms of apical entry / M. Grossel, Ch. Wood // J. Exp. Biol. — 2002. — V. 205, № 8. — P. 1179–1188.

Оглавление

Введение.....	3
ТЕМА 1. Санитарно-гигиеническое нормирование.....	5
Практическая работа 1. Экологическое нормирование. Гигиеническое нормирование содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны	9
Лабораторная работа 1. Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели ресничной инфузории <i>Paramecium caudatum</i> , Ehrenberg 1838.....	15
ТЕМА 2. Расчет рассеивания и нормативов предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу	18
Практическая работа 2. Методика расчета предельно допустимого выброса и его рассеивания.....	22
Лабораторная работа 2. Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели <i>Daphnia magna</i> (Cladocera, Crustacea)	24
ТЕМА 3. Предельно допустимые сбросы (нормативы допустимых сбросов).....	27
Практическое занятие 3. Расчет нормативов ПДС загрязняющих веществ в водные объекты	29
Лабораторная работа 3. Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели пресноводного брюхоного моллюска <i>Planorbella duryi</i> (Gastropoda).....	35
ТЕМА 4. Нормирование показателей качества компонентов окружающей среды	38
Практическая работа 4. Изучение критериев оценки загрязнения почв	39
Лабораторная работа 4. Влияние химических веществ на выживаемость и функциональные показатели пресноводной олигохеты <i>Lumbriculus variegatus</i> как представителя донной фауны.....	49
Литература	52

Учебное издание

Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды

Учебно-методическое пособие

Составитель

Фомичева Елена Михайловна

Редактор, корректор М. Э. Левакова

Верстка М. Э. Леваковой

Подписано в печать 01.12.2020. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 2,0.

Тираж 2 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен

в редакционно-издательском отделе ЯрГУ.

Ярославский государственный университет
им. П. Г. Демидова.

150003, Ярославль, ул. Советская, 14.

