

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**С.Н. БОЛОТИН, А.В. ГАВРЯ,  
О.В. СТАЦЕНКО**

**ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
КОНТРОЛЯ**

**Учебно-методическое пособие**

**Краснодар  
2022**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

С.Н. БОЛОТИН, А.В. ГАВРЯ,  
О.В. СТАЦЕНКО

# ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Учебно-методическое пособие

Краснодар  
2022

УДК 502.13 (075.8)

ББК 20.17я73

Б 794

Рецензенты:

Доктор биологических наук, профессор,

*Я.Н. Демури*

Кандидат химических наук, доцент

*В.А. Волюнкин*

**Болотин, С.Н., Гавря, А.В., Стаценко, О.В.**

Б 794 Основы экологического контроля: учебно-методическое пособие / С.Н. Болотин, А.В. Гавря, О.В. Стаценко; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2022. – 81 с. – 100 экз.

ISBN 978-5-8209-2078-3

Методическое пособие содержит указания к выполнению практических работ по различным аспектам основ экологического контроля – почвенному покрову, воздушной и водной среде, вопросам устойчивого развития промышленных предприятий. Пособие поможет студенту при выполнении практических работ, изучении основных теоретических положений темы работы и методических аспектов её выполнения. Каждая практическая работа содержит задание и порядок его выполнения. Также даны индивидуальные для каждого студента варианты заданий.

Адресуется студентам, обучающимся по направлению подготовки 05.03.06, 05.04.06 – Экология и природопользование.

УДК 502.13 (075.8)

ББК 20.17я73

ISBN 978-5-8209-2078-3

© Кубанский государственный университет, 2022

© С.Н. Болотин, А.В. Гавря,  
О.В. Стаценко, 2022

## **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время вопросы экологической безопасности городской среды всё более актуальны в связи с ростом городов и городского населения, увеличением разнообразия источников трансформации природной среды в городах, необходимостью обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий.

Основы экологического контроля включают в себя рассмотрение негативного воздействия урбоценоза на природную среду, так как они достаточно разнообразны и многокомпонентны. Для успешного усвоения данной дисциплины необходимы базовые знания о составе и свойствах основных компонентов природной среды, об основных факторах воздействия промышленности и транспорта на природную среду, о принципах и методах защиты среды от негативного антропогенного воздействия.

В данном пособии рассматривается применение методов оценки состояния окружающей среды в городах, расчёта интенсивности химического и физического загрязнения городской среды, показателей устойчивого развития урбанизированных территорий. Методическое пособие выполнено так, чтобы студент при выполнении практических работ мог изучить основные теоретические положения темы работы и методические аспекты её выполнения. Каждая практическая работа содержит задание и порядок его выполнения.

### **Общие правила выполнения работ**

1. До начала занятия необходимо внимательно ознакомиться с темой работы, используя методические пособия, учебники и конспект лекций. Выполнение работы только тогда продуктивно, когда у учащегося есть понимание ее теоретического содержания.

2. Ход выполнения работы, все расчеты и выводы следует заносить в рабочий журнал, являющийся документом, отражающим всю работу студента. Записи в журнале производят лаконично, аккуратно.

3. Звуковые сигналы мобильных телефонов во время занятий должны быть отключены.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

### *Теоретическая часть*

Более 99,9 % сухого атмосферного воздуха состоит из азота, кислорода и аргона и лишь около 0,1 % приходится на долю диоксида углерода, криптона, неона, гелия, ксенона. Однако даже в чистом (не подверженном антропогенному или иному воздействию) воздухе содержатся следовые количества (от 0,003 до 0,25 мг/м<sup>3</sup>) оксида углерода (II), озона, оксидов азота и аммиака, а также 0,5–1,5 мг/м<sup>3</sup> водорода и метана. Присутствие небольших количеств этих газов в воздухе объясняется существованием свободного озона в верхних слоях атмосферы, процессами гниения и разложения (аммиак, метан, оксиды углерода и азота) или атмосферными явлениями (диоксид азота).

Твердые, жидкие и газообразные вещества, изменяющие естественный состав атмосферы, попадающие в воздух из различных источников (в основном антропогенного происхождения), классифицируются как загрязнители. К ним относят оксиды углерода, серы и азота, углеводороды, различные оксиданты, аэрозоли металлов, твердые частицы (пыль, сажа, органические аэрозоли) и радиоактивные вещества.

Главный вклад в загрязнение воздушного бассейна вносит промышленность, особенно в местах ее концентрации.

**Основными источниками индустриальных загрязнений воздуха являются:**

- 1) работающие на каменном угле тепловые электростанции (сажа, зола, диоксид серы);
- 2) металлургические заводы (сажа, пыль, оксид железа, диоксид серы, иногда фториды);
- 3) цементные заводы (пыль).

Предприятия по производству продукции неорганической химии загрязняют атмосферу, в зависимости от технологического процесса, различными газами (диоксид серы, тетрафторид кремния, фтороводород, оксиды азота, хлор, озон).

Заводы по производству целлюлозы, очистке нефти выбрасывают в атмосферу дурнопахнущие газообразные отходы (одоранты).

Предприятия нефтехимии (нефтеперегонные заводы, переработка нефти, органический синтез) служат источником выбросов углеводородов и других органических соединений (амины, меркаптаны, сульфиды, альдегиды, кетоны, спирты, кислоты, хлоруглеводороды и др.).

Кроме того, практически все промышленные предприятия располагают собственными отопительными и энергетическими системами, отходящие газы которых также загрязняют воздух.

**Загрязнение воздуха предприятиями химической промышленности обусловлено определенными причинами.**

1) Неполный выход продукции (неполнота протекания реакции, потери конечного продукта и др.).

2) Выброс в атмосферу примесей и загрязнений при переработке сырья (фтористых соединений из природных фосфатов и руд; диоксида серы и сероводорода из природного газа, сырой нефти и каменного угля; мышьяка и селена из серного колчедана при производстве серной кислоты и т. д.).

3) Потери веществ, используемых в производственных процессах, например летучих органических растворителей, сероуглерода и сероводорода при изготовлении искусственного шелка и вискозы; оксидов азота при камерном и башенном способах производства серной кислоты; соединений фтора при производстве алюминия и др.

4) Попадание в воздух пахучих веществ и продуктов окисления и деструкции в результате процессов термоокислительной деструкции, нагревания или сушки (производство продуктов питания, мыла, клея и изделий из дерева, окраска автомобилей, синтез и переработка полимерных материалов, производство растворителей и др.).

Существенную роль в загрязнении играют отработавшие газы автомобилей, а также испарение топлива.

Содержание вредных веществ в отработавших газах автомобилей в значительной степени зависит от условий эксплуатации и типа двигателей.

**Двигатель, работающий на бензине, является источником загрязнения:**

1) оксидом углерода CO (образуется в результате неполного сгорания бензина);

2) оксидами азота;

3) газообразными углеводородами;

4) высококипящими полициклическими ароматическими углеводородами (бензапирен и др.);

5) продуктами неполного окисления топлива (например, альдегидами, галогенуглеводородами);

6) тяжелыми металлами (например, свинцом в этилированном бензине), образованию которых способствуют процессы, происходящие при сгорании топлива.

Дым от дизельных двигателей, состоящий в основном из сажи (С), считается особенно опасным из-за того, что его частицы (черный углерод – мелкие твёрдые частицы сажи, размером до 2,5 мкм) обладают канцерогенными свойствами.

**В зависимости от источника и механизма образования различают первичные и вторичные загрязнители воздуха.**

Первичные представляют собой химические вещества, попадающие непосредственно в воздух из стационарных или подвижных источников.

Вторичные образуются в результате взаимодействия в атмосфере первичных загрязнителей между собой и с присутствующими в воздухе веществами (кислород, озон, аммиак, вода) под действием ультрафиолетового излучения.

**По токсичности и потенциальной опасности загрязнителей, их распространенности и источникам эмиссии они разделены на группы:**

1) основные (критериальные) загрязнители – оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды, твердые частицы, фотохимические оксиданты;

2) полициклические ароматические углеводороды (ПАУ);

3) следы элементов (в основном металлы);

4) постоянные газы (диоксид углерода, фторхлорметаны и др.);

5) пестициды;

- 6) абразивные твердые частицы (кварц, асбест и др.);
- 7) разнообразные загрязнители (нитрозамины, озон, полихлорированные бифенилы (ПХБ), сульфаты, нитраты, альдегиды, кетоны и др.).

### **Основные загрязнители**

Оксиды азота образуются преимущественно при взаимодействии азота и кислорода при высокой температуре (в силовых установках и двигателях внутреннего сгорания, при электрических разрядах в атмосфере).

Диоксид серы образуется при сгорании топлива с высоким содержанием серы (уголь, нефть).

Оксид углерода (II) (угарный газ) – наиболее опасный из распространенных газообразных загрязнителей воздуха, его токсичность обусловлена реакцией с гемоглобином крови. Гемоглобин при этом теряет способность переносить кислород – наступает удушье (угар). Образование CO происходит при неполном сгорании различного топлива. Естественным источником CO являются лесные пожары и фотохимическое превращение органических соединений в атмосфере.

Содержащиеся в атмосфере твердые частицы представляют собой пыль, песок, золу, сажу, аэрозоли органической (высокомолекулярные соединения) и неорганической природы. Токсичность твердых частиц обусловлена адсорбцией на их поверхности таких опасных соединений, как ПАУ или нитроамины.

Из пестицидов особенно токсичны фосфорорганические пестициды, при фотолизе которых в атмосфере образуются продукты еще более токсичные, чем исходные соединения.

Абразивные частицы, к которым относятся диоксид кремния и асбесты, при респираторном проникновении в организм человека вызывают серьезные заболевания (например, силикозы).

Загрязнители последнего класса, из которых наиболее важны сульфаты, нитраты и нитроамины, являются продуктами реакций первичных загрязнителей атмосферы.



## *Практическая работа*

Дополните приведенную схему основными загрязняющими веществами по каждому источнику загрязнения (рис. 1).



Рис. 1. Источники загрязнения атмосферы

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Перечислите основные загрязнители среди искусственных источников.
2. Какой источник загрязнения является наиболее опасным?
3. Каковы основные загрязнители среди естественных источников? Какой источник является наиболее опасным?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2 НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА

### *Теоретическая часть*

Для оценки степени загрязнения атмосферы средние и максимальные концентрации веществ относят к санитарно-гигиеническому нормативу – ПДК.

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия загрязняющих веществ, присутствующих в воздухе, на здоровье населения не только от значения их концентраций, но и от продолжительности временного интервала, в течение которого человек дышит данным воздухом.

В Российской Федерации, как и во всем мире, для загрязняющих веществ установлено 2 норматива для воздуха населенных пунктов.

1. Норматив, рассчитанный на короткий период воздействия загрязняющих веществ (предельно допустимая максимально разовая концентрация). ПДК максимально разовая (ПДК<sub>мр</sub>) – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин. рефлекторных реакций в организме человека.

2. Норматив, рассчитанный на более продолжительный период воздействия (предельно допустимая среднесуточная концентрация). ПДК среднесуточная (ПДК<sub>сс</sub>) – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

ПДК<sub>сс</sub> рассчитана на все группы населения и на неопределенно долгий период воздействия и, следовательно, является самым жестким санитарно-гигиеническим нормативом, устанавливающим концентрацию вредного вещества в воздушной среде.

ПДК<sub>сс</sub> является эталоном для оценки благополучия воздушной среды в жилой зоне.

ПДК в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>рз</sub>) — концентрация,

которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной считают пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

Для обоснования ПДК используют лимитирующий показатель вредности. Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное (рефл.) и резорбтивное (рез.).

Под рефлекторным действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Эти эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления ПДК<sub>мр</sub>.

Под резорбтивным действием понимают возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности ее вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается ПДК<sub>сс</sub>.

Некоторые красящие вещества, не оказывая на уровне низких концентраций ни рефлекторного, ни резорбтивного действия, при их осаждении из воздуха могут придавать необычную окраску объектам окружающей среды, например снегу, тем самым создавая у человека ощущение опасности или санитарно-гигиенического дискомфорта. В связи с этим для красителей в качестве лимитирующего показателя устанавливается санитарно-гигиенический (сан.-гиг.), который позволяет при соблюдении

ПДК избежать появления необычной окраски объектов окружающей среды.

**По степени воздействия на организм и по значению ПДК вещества делят на 3 группы.**

1-я группа – вещества с большим распространением и большой нормируемой концентрацией. Это оксиды серы и азота, СО, аммиак, галогены, низкомолекулярные углеводороды, металлы гальванических производств и их водорастворимые соединения.

2-я группа – самая многочисленная группа нормируемых веществ (от 60 до 80%), с диапазоном нормируемых концентраций меньших, чем для веществ 1-й группы. Это многие органические загрязнители, тяжелые металлы и их водорастворимые соединения.

3-я группа – явно токсичные вещества с самыми низкими нормируемыми концентрациями. Это фосфорорганические соединения, диоксины, бензапирен.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе среды обитания человека;  $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  – предельно допустимые концентрации тех же веществ.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе фтористый водород и плохо растворимые соли фтора обладают суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

При совместном присутствии в атмосферном воздухе диоксид азота и диоксид серы обладают частичной суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1,6 при расчете по формуле

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,6.$$

При совместном присутствии в атмосферном воздухе фтористый водород и диоксид серы обладают частичной суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать 1,8 при расчете по формуле

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,8.$$

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих эффектами неполной суммации и потенцирования (действие, большее, чем суммирование) должно выполняться требование

$$\frac{1}{K_{\text{КД}}} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} < 1,$$

где  $K_{\text{КД}}$  – коэффициент комбинированного действия ( $<1$  для потенцирования и  $>1$  для неполной суммации).

Не обладают эффектом суммации двух-, трех- и четырехкомпонентные смеси, включающие диоксид азота и/или сероводород и входящие в состав многокомпонентного загрязнения атмосферного воздуха, если удельный вес концентраций одного из них, выраженный в долях соответствующих максимальных разовых ПДК, составляет:

- в двухкомпонентной смеси более 80%;
- в трехкомпонентной – более 70%;
- в четырехкомпонентной – более 60%.

## Практическая часть

Определите, удовлетворяет ли нормативам воздух. Данные КХА и значения ПДК приведены в табл. 1, 2. Если воздух не удовлетворяет нормативам, укажите причину(ы).

Эффектом полной суммации обладают:

- 1) азота диоксид и оксид;
- 2) диоксид серы и фтороводород;
- 3) диоксид азота и диоксид серы.

Эффектом неполной суммации обладают:

- 1) парамолибдат аммония и ацетат свинца ( $K_{КД} = 2,5$ );
- 2) вольфрамат натрия и мышьяковистый ангидрид ( $K_{КД} = 2,0$ ).

Эффектом потенцирования обладают бутилакрилат и метилакрилат ( $K_{КД} = 0,8$ ).

Таблица 1

Ингредиент	C, мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Оксид азота (II)	0,3	0,4
Оксид азота (IV)	0,075	0,085
Диоксид серы	0,4	0,5
Фтороводород	0,016	0,02
Парамолибдат аммония	0,015	0,02
Ацетат свинца	0,0006	0,001

Таблица 2

Ингредиент	C, мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мр</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Оксид азота (II)	0,2	0,4
Оксид азота (IV)	0,05	0,085
Диоксид серы	0,3	0,5
Фтороводород	0,016	0,02
Бутилакрилат	0,0025	0,0075
Метилакрилат	0,006	0,01

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие критерии используют при определении качества воздуха:

- а) при независимом влиянии;
- б) при полной (неполной) суммации;
- в) при потенцировании.

2. Какие показатели используют при определении класса опасности вредных веществ?

3. По степени воздействия на организм и по значению ПДК вещества делят на 3 группы. Какие это группы? Охарактеризуйте их.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3 КЛАССЫ ОПАСНОСТИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

### *Теоретическая часть*

Признаки определения класса опасности вредных веществ установлены ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Согласно ГОСТу вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

**По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:**

- 1-й – вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й – вещества высокоопасные;
- 3-й – вещества умеренно опасные;
- 4-й – вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливается в зависимости от норм и показателей, приведенных в табл. 3.

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

ЛД<sub>50</sub> (полулетальная доза) – средняя доза вещества, вызывающая гибель половины членов испытываемой группы. Один из наиболее широко применяемых показателей опасности ядовитых и умеренно токсичных веществ. ЛД<sub>50</sub> обычно выражается как масса вещества на единицу массы подопытного экземпляра, чаще всего в миллиграммах вещества на килограмм тела.

Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально возможной концентрации паров загрязнителя к его средней смертельной концентрации.



Зона острого действия – количественная характеристика опасности острого действия яда, определяемая как отношение величины средней смертельной дозы к порогу острого действия:

$$Z_{ac} = LD50 / Lim_{ac}.$$

Порог острого действия  $Lim_{ac}$  – минимальная (пороговая) концентрация вещества, вызывающая изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Зона хронического действия – количественный показатель опасности хронического отравления: отношение величины порога острого действия яда к порогу его хронического действия:

$$Z_{cr} = Lim_{ac} / Lim_{cr}.$$

Порог хронического действия  $Lim_{cr}$  – минимальная (пороговая) концентрация вредного вещества, вызывающего вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч 5 раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев.

### ***Практическая работа***

По данным табл. 3 постройте графики, показывающие области значений параметров для каждого класса опасности вредных веществ.

Таблица 3

Наименование показателя	Норма(N) для класса опасности (К)			
	1-й	2-й	3-й	4-й
1. ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>	<0,1	0,1–1,0	1,1–10,0	>10,0
2. ЛД50 при введении в желудок, мг/кг	<15	15–150	151–5000	>5000
3. ЛД50 при нанесении на кожу, мг/кг	<100	100–500	501–2500	>2500

4. ЛД50 концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	<500	500–5000	5001–50 000	>50 000
5. Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	>300	300–30	29-3	<3
6. Зона острого действия	<6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	>54,0
7. Зона хронического действия	>10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	<2,5

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Дайте определение терминов: ЛД50, зона хронического действия, КВИО, зона острого действия.
2. По степени действия на организм выделяют 4 класса опасности. Перечислите и охарактеризуйте их.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4**

### **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ГОРОДА**

#### *Теоретическая часть*

В настоящее время известно немало различных подходов и показателей, применяемых для оценки загрязненности атмосферного воздуха. Для оценки степени загрязнения атмосферы средние и максимальные концентрации веществ относят к величине средней (максимальной) концентрации вещества-токсиканта или к санитарно-гигиеническому нормативу, например, к ПДК.

Нормированные характеристики загрязнения атмосферы иногда называют индексом загрязнения атмосферы (ИЗА), который является комплексной оценкой влияния вредных веществ на окружающую среду. Такие характеристики не дают полного представления о характере загрязнения атмосферы городов, а также не учитывают суммарного загрязнения атмосферного воздуха, класса опасности вредных веществ, характера комбинированного действия вредных примесей, совместно присутствующих в воздухе.

Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов ( $M_i$ )  $i$ -го вещества над территорией предприятия до уровня ПДК $_i$ . Качество атмосферы города можно оценить через категорию опасности города (КОГ), физический смысл которой заключается в некотором условном объеме загрязненного воздуха от всех предприятий города, который разбавлен до ПДК и приведен к одной токсичности.

#### **Расчет категорий опасности предприятия и города**

КОП используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^m \text{КОВ}_i = \sum_{i=1}^m \left( \frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i},$$

где  $\text{КОВ}_i$  – категория опасности  $i$ -го вещества,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $m$  – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;  $M_i$  – масса выбросов  $i$ -й примеси в атмосферу,  $\text{мг}/\text{с}$ ;  $\text{ПДК}_i$  – среднесуточная ПДК  $i$ -го вещества в атмосфере населенного пункта,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $\alpha_i$  – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью диоксида серы (табл. 4).

Таблица 4

Класс опасности вещества	1	2	3	4
$\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значение КОП рассчитывают при условии, когда  $\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \geq 1$ . При  $\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} < 1$ , значение КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю.

Для расчета КОП при отсутствии  $\text{ПДК}_{\text{сс}}$  используют значения  $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ , ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия). Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с граничными условиями, приведенными в табл. 5.

Таблица 5

Категория опасности предприятия	Значения КОП
1	$\text{КОП} > 10^5$
2	$10^5 \geq \text{КОП} > 10^4$
3	$10^4 \geq \text{КОП} > 10^3$
4	$10^3 \geq \text{КОП}$

### *Практическая работа*

По данным табл. 6 рассчитайте категорию опасности предприятия (КОП).

Таблица 6

Предприятие	Загрязняющее вещество	Масса выбросов, т/год
№1	Оксид углерода	7751,07
	Пыль летучая (зола)	0,19
	Пыль известковая	0,88
	Оксид марганца	0,0015
	Диоксид азота	3039,0
	Оксид азота	494,0
№2	Оксид марганца	0,005
	Диоксид серы	405,0
	Оксид углерода	1503,0
	Мазутная зола (по ванадию)	0,763
	Диоксид азота	566,2
	Диоксид серы	20642,1
№3	Оксид углерода	33427,4
	Сероводород	173,1
	Углеводороды (по метану)	841,1
	Пыль серы	100,1
	Диоксид азота	1118,1
	Диоксид серы	1744,07
№4	Оксид углерода	1002,1
	Сероводород	7,3
	Метанол	102,1
	Сажа	85,3
	Диоксид азота	928,1
	Сероводород	0,003
№5	Оксид углерода	364,2
	Углеводороды	831,2
	Пыль металлическая	0,156

	Оксид углерода	4002,4
	Диоксид азота	213,5
	Диоксид серы	11,7
№6	Оксид углерода	800,2
	Углеводороды	1238,3
	Пыль	0,3
	Сероводород	0,02
	Диоксид азота	186,0
	Диоксид серы	2,7
№7	Оксид углерода	551,7
	Мазутная зола	0,3
	Углеводороды (по метану)	0,01
	Фтористый водород	0,003
	Диоксид азота	10,1
	Диоксид серы	259,3

Результаты оформите в виде таблицы «Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности» по примеру табл. 7.

Таблица 7

Загрязняющее вещество	Масса выбросов в атмосферу		
	Значение КОВ		Ранг
	м <sup>3</sup> /с	%	

КОП определяется как сумма категорий опасности отдельных веществ в соответствии с последней графой таблицы.

Сделайте вывод о степени воздействия предприятия на атмосферу города.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Что такое КОП? Охарактеризуйте показатель.
2. Что такое КОВ? Охарактеризуйте показатель.
3. Как определяется  $\alpha_i$ ? От чего зависит показатель?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕЧНЯ ВЕЩЕСТВ, ПОДЛЕЖАЩИХ КОНТРОЛЮ

### *Теоретическая часть*

В атмосферный воздух города поступает большое количество различных вредных веществ. Повсеместно выбрасываются такие вредные вещества, как пыль (взвешенные вещества), диоксид серы, диоксид и оксид азота, оксид углерода, которые принято называть основными, а также различные специфические вещества, выбрасываемые отдельными производствами, предприятиями, цехами.

Перечень веществ для измерения на стационарных, маршрутных постах и при подфакельных наблюдениях устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей. Определяются вещества, которые выбрасываются предприятиями города, и оценивается возможность превышения ПДК этих веществ. В результате составляется список веществ, подлежащих контролю в первую очередь.

Принцип выбора вредных веществ и составления списка приоритетных веществ основан на использовании параметра потребления воздуха (ПВ):

реального:

$$ПВ_{Ti} = \frac{M_i}{ПДК_i},$$

требуемого:

$$ПВ_i = \frac{M_i}{q_i},$$

где  $M_i$  – суммарное количество выбросов  $i$ -й примеси от всех источников, расположенных на территории города;  $q_i$  – концентрация, установленная по данным расчетов или наблюдений.

Устанавливается, будет ли средняя или максимальная концентрация примеси превышать при данных выбросах

соответственно среднюю суточную ПДК<sub>сс</sub> или максимальную разовую ПДК<sub>мр</sub>. Если  $PВ_{тi} > PВ_i$ , то ожидаемая концентрация примеси в воздухе может быть равна ПДК или превысит ее, и, следовательно, *i*-я примесь должна контролироваться.

Перечень веществ для организации наблюдений устанавливается сравнением ПВ с ПВ<sub>т</sub> для средних (ПВ<sub>сс</sub>) и максимальных (ПВ<sub>мр</sub>) концентраций примесей.

Для выявления необходимости наблюдений за примесью с использованием ПВ<sub>сс</sub> используется графический метод.

Потенциал загрязнения атмосферы – сочетание метеорологических факторов, обуславливающих уровень возможного загрязнения атмосферы от источников в данном географическом районе. Чем благоприятнее метеорологические условия (лучше проветривание), тем ниже ПЗА.

В России используется показатель ПЗА, выраженный через отношение средних концентраций примесей при одинаковых выбросах в конкретном ( $q_i$ ) и условном ( $q_0$ ) районах, различающихся по климатическим условиям распространения примеси:

$$ПЗА = q_i / q_0.$$

При применении графического метода следует учитывать, что прямые на рисунке соответствуют значениям ПДК<sub>сс</sub> от 0,005 до 0,05 мг/м<sup>3</sup>. Если значение ПДК примеси больше 0,05 (меньше 0,005), используется прямая линия, соответствующая значению ПДК<sub>сс</sub> в 10 раз меньшему (большему), чем ПДК, а значения  $M_i$ , нанесенные на оси координат, умножаются (делятся) на 10.

При рассмотрении специфических примесей учитывается повторяемость  $P_j$  (в долях единицы) направления ветра со стороны промплощадки (для европейской части страны равна 0,5). В этом случае вместо  $M_i$  берется  $M'_i = M_i P_j$ , а вместо  $L_j$  берется  $L'_j$ , равное 2 км, т.е. расстояние, на котором средняя концентрация примеси имеет наибольшее значение.

После отбора примесей, подлежащих контролю, определяется очередность организации контроля за примесями, выбрасываемыми разными источниками. Для этого рассчитывается параметр требуемого потребления воздуха (ПВ<sub>т1</sub>) для всех примесей:



$$ПВ_{Ti} = \frac{M_i}{ПДК_{CCi}}.$$

Если  $ПВ_{T1}(1) > ПВ_{T1}(2) > ПВ_{T1}(3) > \dots$ , то первой в список войдет примесь с наибольшим значением  $ПВ_{T1}$  под номером 1, второй – примесь со следующим значением  $ПВ_{T1}$  под номером 2 и т.д. Таким образом составляется первый предварительный список примесей в порядке 1, 2, 3, ...

Если несколько примесей имеют одинаковые значения  $ПВ_{T1}$ , то сначала записывается примесь класса опасности 1, затем 2, 3 и 4.

Далее проводится оценка ожидаемой максимальной концентрации примесей.

При выборе примесей для контроля их содержания в воздухе устанавливается соотношение ( $ПВ_2$ ) между ожидаемой максимальной концентрацией примеси и ее  $ПДК_{мр}$ .

Значения  $ПВ_2$  для наиболее часто встречающихся неблагоприятных условий рассеивания А отдельно для холодных и горячих выбросов зависят от условий окружающей среды:  $\Delta T < 50^\circ C$  и  $\Delta T \geq 50^\circ C$  на соответствующих высотах Н.

А – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания атмосферных примесей.

Если примесь поступает в атмосферу от многих мелких источников и автотранспорта, принимается  $H \leq 20$  м. Если примеси выбрасываются из нескольких промышленных источников разной высоты, то принимают  $H = 50$  м, что соответствует средней высоте труб. Если в городе основные примеси выбрасываются в основном промышленными предприятиями с высокими трубами (ТЭЦ, ГРЭС), то для них принимается Н, равная 100 – 250 м.

По значениям  $M_i$  и  $ПДК_{мрi}$  определяется параметр реального потребления воздуха, который сравнивается затем с  $ПВ_2$ . Если  $ПВ_{T2i} > ПВ_2$ , то i-я примесь включается во второй предварительный список примесей, рекомендованных для контроля. Таким образом определяется второй предварительный список.

Окончательный приоритетный список примесей, рекомендуемых для наблюдений в городах, составляется из двух списков. Сначала распределяются места в списке примесей по значению  $PВ_{T1}$ .

Затем распределяются места в порядке убывания значений  $PВ_{T2}$ . Окончательный приоритетный список составляется по сумме мест в предварительных списках, составленных по значениям  $PВ_{T1}$  и  $PВ_{T2}$ . При этом примеси, для которых нет ПДК<sub>мр</sub>, включаются в список по удвоенному номеру места, полученного по значению  $PВ_{T1}$ . Если несколько примесей имеют одинаковые номера мест в окончательном списке, то очередность этих примесей устанавливается по значению  $PВ_{T1}$ , затем по классу опасности веществ.

### *Практическая часть*

1. Для основных примесей, выбрасываемых множеством предприятий, по значениям  $M$  и  $L$  для этих примесей определите по рис. 2 вещества, чьи средние концентрации превышают ПДК<sub>сс</sub>, поставьте знак «+», для других «-».
2. Для специфических примесей, поступающих в атмосферу от одиночных источников, рассчитывайте  $M = M'R$ , по рис. 2 по значению  $M'$  и  $L'=2$  км определяйте вещества, чьи средние концентрации превышают ПДК<sub>сс</sub>, поставьте знак «+», для других «-».
3. Рассчитайте значения  $PВ_{T2}$  для всех примесей, имеющих ПДК<sub>мр</sub> и сравните эти значения с  $PВ_2$ . Для примесей, у которых  $PВ_{T2} > PВ_2$ , поставьте знак «+», для других «-».
4. Рассчитайте индекс  $PВ_{T1}$  для примесей со знаками «++», «-+» (или «+-»).
5. По значениям  $PВ_{T1}$  установите номера мест примесей.
6. По значениям  $PВ_{T2}$  установите номера мест, а примеси, для которых нет ПДК<sub>мр</sub>, включите в список по удвоенному номеру места, полученного по значению  $PВ_{T1}$ .
7. Определите сумму мест для каждой примеси.
8. Составьте список примесей по сумме мест, для одинаковых значений суммы мест первой ставится примесь с

большим значением  $PВ_{т1}$ , примесь, класс опасности которой выше (имеет меньший номер).

Составьте приоритетный список примесей, подлежащих контролю в городе N, расположенному в европейской части страны ( $A = 120$ ;  $PЗА = 2,5$ ), характерный размер которого  $L = 6$  км, высота выбросов  $H = 50$  м,  $\Delta T > 50$ , в табл. 8 приведены значения количества выбросов  $M$ , значения  $ПДК_{cc}$  и  $ПДК_{мр}$ .

Таблица 8

Примесь	$M$ тыс. т/год	$ПДК_{cc}$	$ПДК_{мр}$
Диоксид азота	12,07	0,04	0,085
Акролеин	0,001	0,03	0,03
Аммиак	7,938	0,04	0,2
Ацетон	1,932	0,35	0,35
Свинец	0,0710	0,0003	–
Диоксид серы	20,04	0,05	0,5
Сероводород	0,823	0,008	0,008

Таблица 9

Параметр  $PВ_2$ ,  $\Delta T > 50$

A	$v$ , $м^3/с$	H, м		
		50	100	250
120	50	3,5	14,0	87,4

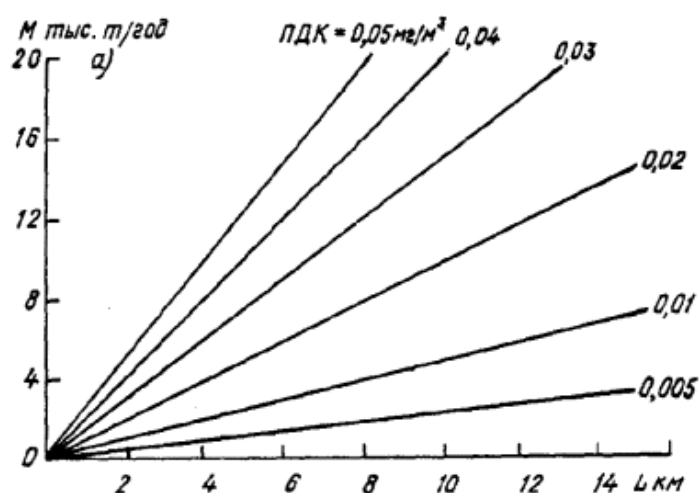


Рис. 2. Зависимость между суммарными выбросами  $M$ , размером города  $L$  и средней концентрацией примеси  $q = ПДК$  ( $PЗА = 2,5-3$ )

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Каков принцип работы с графиком определения зависимости между суммарными выбросами и размером города?
2. Как распределяются места между примесями с одинаковой суммой мест?
3. Назовите основные загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу.

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6 ОРГАНИЗАЦИЯ НАБЛЮДЕНИЙ И ОТБОР ПРОБ ВОЗДУХА

## *Теоретическая часть*

ГОСТ 17.2.3.01-86 «Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов» распространяется на правила контроля качества воздуха селитебных территорий существующих и вновь строящихся населенных пунктов. Стандарт не распространяется на правила контроля качества воздуха территорий промышленных предприятий.

**Устанавливают три категории постов наблюдений за загрязнением атмосферы.**

1. Стационарный пост предназначен для обеспечения непрерывной регистрации содержания загрязняющих веществ или регулярного отбора проб воздуха для последующего анализа.

Из числа стационарных постов выделяются опорные стационарные посты, которые предназначены для выявления долговременных изменений содержания основных и наиболее распространенных загрязняющих веществ.

2. Маршрутный пост предназначен для регулярного отбора проб воздуха в фиксированной точке местности при наблюдениях, которые проводятся с помощью передвижного оборудования.

3. Передвижной (подфакельный) пост предназначен для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

Каждый пост независимо от категории размещается на открытой, проветриваемой со всех сторон площадке с непылящим покрытием (асфальте, твердом грунте, газоне) таким образом, чтобы были исключены искажения результатов измерений наличием зеленых насаждений, зданий и т.д.

Стационарный и маршрутный посты размещаются в местах, выбранных на основе предварительного исследования загрязнения воздушной среды города промышленными выбросами, выбросами автотранспорта, бытовыми и другими источниками и условий

рассеивания. Эти посты размещаются в центральной части населенного пункта, жилых районах с различным типом застройки (в первую очередь, наиболее загрязненных), зонах отдыха, на территориях, примыкающих к магистралям интенсивного движения транспорта.

Места отбора проб при подфакельных наблюдениях выбирают на разных расстояниях от конкретного источника загрязнения с учетом закономерностей распространения загрязняющих веществ в атмосфере.

Число постов и их размещение определяется с учетом численности населения, площади населенного пункта и рельефа местности, а также развития промышленности, сети магистралей с интенсивным транспортным движением и их расположением по территории города, рассредоточенности мест отдыха и курортных зон.

Число стационарных постов в зависимости от численности населения устанавливается не менее: 1 пост – до 50 тыс. жителей, 2 поста – 100 тыс. жителей, 2–3 поста – 100–200 тыс. жителей, 3–5 постов – 200–500 тыс. жителей, 5–10 постов – более 500 тыс. жителей, 10–20 постов (стационарных и маршрутных) – более 1 млн жителей.

Работают посты в автоматическом режиме, данные передаются в диспетчерский пункт в режиме реального времени.

**На стационарных постах применяют четыре программы наблюдений – полную, неполную, сокращенную, суточную.**

1. Полная программа наблюдений предназначена для получения информации о разовых и среднесуточных концентрациях. Наблюдения выполняют ежедневно путем непрерывной регистрации через равные промежутки времени не менее четырех раз с обязательным отбором в 1, 7, 13, 19 ч по местному времени. Допускается проводить наблюдения по скользящему графику: в 7, 10, 13 ч во вторник, четверг, субботу и в 16, 19, 22 ч в понедельник, среду, пятницу.

2. Наблюдения по неполной программе проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7, 13, 19 ч местного времени.

3. По сокращенной программе наблюдения проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в 7 и 13 ч местного времени. Наблюдения по сокращенной программе допускается проводить при температуре воздуха ниже  $-45^{\circ}\text{C}$  и в местах, где среднемесячные концентрации ниже 5 % максимально разовой ПДК или меньше нижнего предела диапазона измерений примеси используемым методом.

4. Программа суточного отбора проб предназначена для получения информации о среднесуточной концентрации. Наблюдения по этой программе проводятся путем непрерывного суточного отбора проб.

На отдельных постах допускается смещение всех сроков наблюдений на один час. Допускается не проводить наблюдения в воскресные и праздничные дни.

На опорных стационарных постах проводятся наблюдения за содержанием основных загрязняющих веществ (пыли, сернистого газа, окиси углерода, двуокиси азота) и за специфическими веществами, характерными для промышленных выбросов данного населенного пункта.

На стационарных (неопорных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами. Наблюдения за основными загрязняющими веществами на этих постах допускается проводить по сокращенной программе и не проводить их, если среднемесячные концентрации этих веществ в течение года не превышают 0,5 среднесуточной ПДК.

На маршрутных постах проводятся наблюдения за основными загрязняющими веществами и специфическими веществами, характерными для промышленных выбросов данного населенного пункта.

На передвижных (подфакельных) постах проводятся наблюдения за специфическими загрязняющими веществами, характерными для выбросов данного предприятия.

Отбор проб атмосферного воздуха осуществляется через поглотительный прибор путем пропускания воздуха с определенной скоростью заполнения сосудов ограниченной емкости.

Для отбора проб воздуха используются электроасpirаторы, пылесосы, другие приборы и устройства, пропускающие воздух, устройства, регистрирующие объем пропускаемого воздуха (реометры, ротаметры и другие расходомеры). В основе принципа аспиратора лежит пропускание заданного объема исследуемого газа через фильтр, который затем подвергается тщательному анализу. Аспиратор позволяет отбирать пробу воздуха объемом  $V_t$ , л (дм<sup>3</sup>), рассчитываемом по установленным значениям расхода  $Q$ , л/мин (дм<sup>3</sup>/мин) и времени прокачки  $\tau$ , мин:

$$V_t = Q \cdot \tau .$$

Объем воздуха, отобранный для анализа, приведенный к условиям в соответствии с ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования» при температуре 20° С и атмосферном давлении 101,3 кПа (760 мм рт.ст.),  $V$ , л рассчитывается по формуле

$$V = \frac{V_t \cdot 293 \cdot P}{(273 + t)101,3},$$

где  $V_t$  – объем воздуха при температуре  $t$  в месте отбора пробы, л;  $P$  – атмосферное давление, кПа;  $t$  – температура воздуха в месте отбора пробы, °С.

Концентрацию вредных веществ,  $C$ , мг/м<sup>3</sup> (мкг/л), в воздухе без концентрирования вычисляют по формуле

$$C = a/V,$$

где  $a$  – масса вещества, мкг.

Концентрация вредных веществ  $C$ , мг/м<sup>3</sup> (мкг/л), отобранных из воздуха с концентрированием и переведенных в раствор, определяется по формуле

$$C = \frac{a \cdot b}{b \cdot V},$$

где  $b$  – общий объем раствора, мл;  $b$  – объем раствора, взятого для анализа, мл.

Контроль за выбросами предприятий в атмосферу и за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных выбросов (ВСВ) включает:



- определение объекта контроля;
- установление периодичности и сроков контроля соответствующего объекта;
- обеспечение применения методов и средств контроля за выбросами.

**ПЭК за соблюдением установленных нормативов выбросов (ПДВ и ВСВ) осуществляется:**

- непосредственно на источниках;
- на границе СЗЗ или ближайшей жилой застройки;
- на контрольных точках, определенных для предприятий в соответствии с проектом ПДВ или по результатам сводных расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ;
- в случае, когда преобладающий вклад в значения приземных концентраций (по результатам сводных расчетов рассеивания) вносят неорганизованные источники или совокупность мелких источников, для которых контроль непосредственно на источнике затруднен, контроль осуществляется на специально выбранных точках или с помощью подфакельных наблюдений.

Контрольные точки выбираются исходя из расчетов рассеивания ЗВ так, чтобы наблюдаемые в них уровни концентраций в максимально возможной степени характеризовали воздействие конкретного источника или группы источников. Выбор контрольных точек может быть скорректирован органами государственного и муниципального экологического контроля.

**При проведении ПЭК атмосферного воздуха оцениваются:**

- количественный и качественный состав выбросов от стационарных и передвижных источников загрязнения;
- соблюдение нормативов ПДВ и ВСВ;
- качество атмосферного воздуха в зоне воздействия предприятия на окружающую среду, в том числе в санитарно-защитных зонах.

При проведении измерений должны использоваться методики, внесенные в специальный перечень. Использование других методик, в том числе отраслевых, допускается в случае,

если они прошли аттестацию в соответствии с установленными требованиями.

Перечень измеряемых показателей, диапазоны измерения концентраций, методы и методики выполнения измерений должны соответствовать указанным в области аккредитации лаборатории.

При проведении расчетов должны использоваться методики, рекомендованные в установленном порядке и программные продукты, реализующие алгоритм этих методик и рекомендованные специально уполномоченными органами в установленном порядке.

Контроль выбросов проводится по той же методике, согласно которой эти выбросы были определены, а при использовании расчетных методов контролируются основные параметры, входящие в расчетные формулы.

Измерения на границе СЗЗ (или ближайшей жилой застройки) следует выполнять при тех же метеоусловиях, которым соответствуют значения расчетных концентраций в контрольных точках.

Для осуществления контроля за соблюдением ПДВ составляется план-график в соответствии с «Рекомендациями по оформлению и содержанию проектов нормативов допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятий».

### ***Практическая часть***

1. Аспиратор ПУ-4Э предназначен для обеспечения отбора проб воздуха на определение содержания пыли и аэрозолей путем прокачки заданного объема пробы. Основные технические характеристики: диапазон расхода – 0,2–2,0 л/мин (по 1 и 2 каналам); 2,0–20,0 л/мин (по 3 и 4 каналам); время отбора пробы – 1–99 мин. Определите скорость прокачки воздуха, если необходимо пропустить через аспиратор 450 л воздуха, время отбора составляет 20–30 мин.

2. Для количественного анализа загрязняющего вещества (пыль неорганическая > 70 % SiO<sub>2</sub>) требуется 1–2 мг загрязняющего вещества. Подберите режим работы аспиратора

ПУ-4Э для отбора суточной пробы, если в воздухе ориентировочно содержится 0,5–2,0 мг/м<sup>3</sup> пыли.

3. Подберите и обоснуйте программу наблюдений и режим работы aspirатора, если предельная пылеемкость используемого фильтра составляет 100 мг, требуется определить среднесуточную концентрацию пыли при большой запыленности помещения – в воздухе ориентировочно содержится 50–100 мг/м<sup>3</sup> пыли.

4. Определите концентрацию загрязняющего вещества (пыль мучная), если при работе aspirатора в течении 30 мин со скоростью прокачки 15 л/мин масса вещества составила 580 мкг, давление – 750 мм рт. ст., температура воздуха –10° С.

5. Определите концентрацию вредного вещества (оксид серы (IV)), если его масса в 10 мл раствора составила 20 мкг, объем пробы, отобранной при давлении, – 765 мм рт.ст. и температуре воздуха: 30° С составил 300 л, объем поглотительного раствора 100 мл.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие категории постов наблюдений за загрязнением атмосферы Вы знаете?

2. Перечислите программы наблюдений, применяемые на стационарных постах.

3. Содержание каких веществ определяют на стационарных постах?

4. Как определяют и рассчитывают среднесуточную концентрацию?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7 РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ**

### *Теоретическая часть*

Проводится по Приказу Минприроды России №273 от 06.06.2017 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

Нормы устанавливают методику расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий, и должны соблюдаться при проектировании предприятий, а также при нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий. Предназначены для расчета приземных концентраций в двухметровом слое над поверхностью земли, а также для вертикального распределения концентраций.

Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасной скорости ветра.

Нормы не распространяются на расчет концентраций на дальних (более 100 км) расстояниях от источников выброса.

В зависимости от высоты  $H$  устья источника выброса вредного вещества над уровнем земной поверхности выделяют четыре класса источников:

- а) высокие,  $H \geq 50$  м;
- б) средней высоты,  $H = (10-50)$  м;
- в) низкие,  $H = (2-10)$  м;
- г) наземные,  $H \leq 2$  м.

В расчетных формулах длина (высота) выражена в метрах, время – в секундах, масса вредных веществ – в граммах, их концентрация в атмосферном воздухе – в миллиграммах на кубический метр, концентрация на выходе из источника – в граммах на кубический метр.

При одновременном совместном присутствии в атмосферном воздухе  $n$  веществ, обладающих суммацией вредного действия, для каждой группы указанных веществ однонаправленного вредного действия рассчитывается безразмерная суммарная концентрация  $q$  или значения концентрации  $n$  вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, приводятся условно к значению концентрации  $c$  одного из них.

Безразмерная концентрация:

$$q = \frac{c_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{c_1}{\text{ПДК}_1} + \dots + \frac{c_n}{\text{ПДК}_n} ;$$

приведенная концентрация:

$$c = c_1 + c_2 \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + c_n \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n} ,$$

где  $c_1, c_2, \dots, c_n, \text{ мг/м}^3$  – концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе в данной точке местности;  $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n, \text{ мг/м}^3$  – соответствующие максимальные разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

Расчетами определяются разовые концентрации, относящиеся к 20–30-минутному интервалу осреднения.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества см ( $\text{мг/м}^3$ ) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии (м) от источника

$$c_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} ,$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;  $M$  (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;  $F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;  $T$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;  $H$  (м) – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников  $H = 2$  м);  $\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, для ровной или слабопересеченной местности

(с перепадом высот < 50 м на 1 км):  $\eta = 1$ ;  $\Delta T$  (°C) – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси  $T_{\Gamma}$  и температурой окружающего атмосферного воздуха  $T_{\text{В}}$ :

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{В}}; V_1 \text{ (м}^3\text{/с)},$$

$V_1$ , м<sup>3</sup>/с – расход газовой смеси:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0,$$

где  $D$ , м – диаметр устья источника выброса;  $\omega_0$ , м/с – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

Значения мощности выброса  $M$  (г/с) и расхода газовой смеси  $V_1$  (м<sup>3</sup>/с) при проектировании предприятий определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами.

Значение  $M$  следует относить к 20-30-минутному периоду осреднения, в том числе и в случаях, когда продолжительность выброса менее 20 мин:  $T < 1200$  с. Для таких выбросов

$$M = Q/1200,$$

где  $Q$  – суммарная масса загрязняющих веществ, выброшенная из источника загрязнения атмосферы (ИЗА) в течение времени его действия  $T$ , с.

Если известна средняя интенсивность поступления загрязняющих веществ в атмосферу  $M_{\text{н}}$  (г/с) в период времени  $T$ , (с), то значение  $Q$  определяется по формуле

$$Q = M_{\text{н}} \cdot T.$$

При определении значения  $\Delta T$  (°C) температура воздуха  $T_{\text{В}}$  (°C) равна средней температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, а температура выбрасываемой в атмосферу газовой смеси  $T_{\Gamma}$  (°C) – по технологическим нормативам.

Для котельных, работающих по отопительному графику, значения  $T_{\text{В}}$  принимают равными средним температурам наружного воздуха за самый холодный месяц.

Значение безразмерного коэффициента  $F$  принимается:

а) для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) – 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей (кроме указанных выше) при среднем коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % – 2; от 75 до 90 % – 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки – 3.

Вне зависимости от эффективности очистки значение коэффициента  $F$  принимается равным 3 при расчетах концентрации пыли для производств, в которых содержание водяного пара в выбросах достаточно для того, чтобы в течение всего года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляция влажных пылевых частиц.

### *Практическая часть*

1. Определите безразмерную и приведенную по диоксиду азота концентрации для группы веществ, обладающих эффектом полной суммы (табл. 10)

Таблица 10

Вещество	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>мр.</sub> , мг/м <sup>3</sup>
Диоксид азота	0,05	0,085
Гексен	0,3	0,4
Диоксид серы	0,4	0,5
Диоксид углерода	3,5	5

2. Определите мощность выброса загрязняющих веществ, если продолжительность выброса составляет 15 мин. при средней интенсивности поступления загрязняющих веществ в атмосферу 3,6 г/с.

3. Рассчитайте максимальную концентрацию загрязняющих веществ от источника: котельная с одной дымовой трубой (без очистки) находится на ровной открытой местности в Краснодарском крае. Характеристика выбросов приведена в табл. 11:

Таблица 11

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
$H$ , м	30	25	30	45	40	48	37	29
$D$ , м	1,2	1,0	1,4	1,6	1,4	1,4	1,3	1,2
$w_0$ , м/с	6	5	6	8	7	8	7	6
$T_{Г}$ , °С	150	100	120	125	115	105	100	125
$T_{В}$ , °С	15	20	23	21	19	11	25	16
$M_{SO_2}$ , г/с	10	79	16	715	14	13	312	11
$M_{ЗОЛ}$ , г/с	2,8	3,0	3,2	3,2	2,8	5,2	1,9	2,5
$M_{NO_2}$ , г/с	19,3	0,2	5,4	0,4	30,3	0,4	0,3	22,2

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие классы источников загрязнения по высоте устанавливаются по Приказу Минприроды России №273 от 06.06.2017 «Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»? Перечислите и охарактеризуйте их.

2. Как рассчитываются безразмерная суммарная и приведенная концентрации вредных веществ, обладающих эффектом суммации?

3. Назовите единицы измерения мощности выброса и концентрации вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу.

4. Как определяют значение безразмерного коэффициента  $F$ ?



# **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8 НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО И КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

## *Теоретическая часть*

СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» регламентирует содержание загрязняющих веществ в тех водоемах, которые используются для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых целей, включая рекреационное водопользование.

Основные показатели загрязненности воды: цвет, вид, запах, прозрачность, мутность.

Некоторые вещества обнаруживаются органами чувств человека при очень малых концентрациях (например, хлорфенол при 0,000004 мг/л).

Вкус и запах сточных вод определяются для холодной и подогретой до 60° С воды и оцениваются по следующей системе:

- 0 баллов – запах и привкус не обнаруживаются;
- 1 балл – обнаруживается лишь опытным лицом с тонким обонянием и вкусом;
- 2 балла – обнаруживается потребителем;
- 3 балла – обнаруживается легко;
- 4 балла – вода неприятна для употребления;
- 5 баллов – вода совершенно непригодна для питья.

Из запахов различают ароматический, болотный, гнилостный, древесный, землистый, рыбный, сероводородный и неопределенный запахи. Вода, пригодная для питья, не должна иметь запаха. Появление запаха чаще всего связано с

образованием сероводорода при гниении серосодержащих органических веществ или при восстановлении сульфатов.

Причиной появления запахов и привкусов воды может быть массовое развитие водорослей в водоеме, откуда производится водозабор. При этом в воду поступают продукты обмена веществ водорослей, придающие воде разнообразные запахи и привкусы.

Физико-химические нормативы сточных вод: оптическая плотность, цветность, рН, температура.

Цветность воды выражается в градусах платино-кобальтовой или хром-кобальтовой шкалы.

Для определения мутности (прозрачности) в качестве стандарта используют суспензию  $\text{SiO}_2$ .

Содержание азота и фосфора. Особенно важно содержание  $\text{NH}_4^+$ , который вреден для рыб.

При использовании процессов биологической очистки сточных вод в аэробных условиях должно быть обеспечено ориентировочно соотношение –  $\text{БПК}_{\text{полн}} : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1$ .

Если в сточных водах это соотношение не выдерживается (N и P меньше требуемого уровня), то азот и фосфор добавляют в сточные воды (обычно в виде минеральных солей: хлоридов, сульфатов, фосфатов).

Природные воды с рН 7–9 обычно имеют суммарную карбонатную и бикарбонатную щелочность 3–4 ммоль/л.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» лимитирующий показатель вредности (ЛПВ, с.-т. – санитарно-токсикологический; общ. – общесанитарный, орг. – органолептический с расшифровкой характера изменения органолептических свойств воды (зап. – изменяет запах воды, мутн. – увеличивает мутность воды, окр. – придает воде окраску, пена – вызывает образование пены, пл. – образует пленку на поверхности воды, привк. – придает воде привкус, оп. – вызывает опалесценцию)) учитывается при одновременном содержании нескольких веществ в воде.

Для веществ также устанавливают по наиболее чувствительному звену лимитирующий показатель вредности (ЛПВ):

– токсикологический – прямое токсическое действие веществ на водные организмы (токс.);

– санитарный – нарушение экологических условий: изменение трофности водоемов, гидрохимических показателей: кислород, азот, фосфор, рН; нарушение самоочищения воды: БПК<sub>5</sub>, численность сапрофитной микрофлоры (сан.);

– санитарно-токсикологический – действие вещества на водные организмы и санитарные показатели водоема (сан.-токс., с.-т.);

– органолептический – образование пленок и пены на поверхности воды, появление посторонних привкусов и запахов в воде (орг.);

– рыбохозяйственный – изменение товарных качеств промысловых водных организмов: появление неприятных и посторонних привкусов и запахов (рыбохоз.).

Классы опасности веществ в зависимости от токсичности, материальной кумуляции и стабильности в водной среде:

1-й класс – чрезвычайно опасные;

2-й класс – высокоопасные;

3-й класс – опасные;

4-й класс – умеренно опасные;

4-э класс – экологический.

В 4-э классе выделены вещества, действие которых проявляется в изменении экологических условий в водоеме (эвтрофирование (нитрат, нитрит, фосфат), минерализация (Са, К, Na, Cl-)).

В случае присутствия в воде водных объектов двух или более веществ 1-го или 2-го классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, в том числе канцерогенным, сумма отношений концентраций каждого из них ( $C_1, C_2 \dots C_n$ ) к соответствующим ПДК ( $ПДК_1 \dots ПДК_n$ ) не должна превышать единицу:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1.$$

Исследование состава воды проводится в три этапа:

I этап – общие показатели загрязненности сточных вод (органолептические и физико-химические);

II этап – содержание органических и неорганических примесей, растворенных газов;

III этап – количества и свойства коллоидных частиц (при их наличии в сточной воде).

Программа полного анализа предусматривает также определение:

– специфических ингредиентов, характеризующих присутствие промышленных сточных вод, а именно железа, меди, хрома, цинка, свинца, СПАВ;

– микробного числа;

– содержания бактерий кишечной палочки.

Производят также радиологический, гельминтологический и гидробиологический анализы; по эпидемическим показаниям выясняют наличие патогенных микроорганизмов.

Концентрация загрязнений в бытовых сточных водах обусловлена нормой водопотребления, так как суточное количество загрязнений, поступающих в канализационную сеть от одного человека, примерно постоянно.

### ***Практическая часть***

Определите по табл. 12, 13, соответствует ли вода нормативам, если нет, укажите причину загрязнений.

Таблица 12

Наименование вещества	C, мг/л	ПДК, мг/л	ЛПВ	Класс опасности
Алкиламинобензол	0,001	0,003	с.-т.	2
Алкилбензолсульфонат аммония	0,8	1	с.-т.	3
Алкилдиметиламина оксид	0,15	0,4	с.-т.	2
Алкилтриметиламинийхлорид	0,1	0,2	с.-т.	2
Ди(1-метилэтил) гуанидин	0,8	1	общ.	4
3,6-Диоксаоктан-1,8-диол	0,4	0,5	общ.	3

Этил-3,3-диметил-4,6,6-трихлоргекс-5-еноат	0,01	0,008	орг.зап.	3
--	------	-------	----------	---

Таблица 13

Наименование вещества	С, мг/л	ПДК, мг/л	ЛПВ	Класс опасности
Алкиламинобензол	0,002	0,003	с.-т.	2
Алкилбензолсульфонат аммония	1,2	1	с.-т.	3
Алкилдиметиламина оксид	0,1	0,4	с.-т.	2
Алкилтриметиламинийхлорид	0,05	0,2	с.-т.	2
Ди(1-метилэтил) гуанидин	0,8	1	общ.	4
3,6-Диоксаоктан-1,8-диол	0,4	0,5	общ.	3
Этил-3,3-диметил-4,6,6-трихлоргекс-5-еноат	0,005	0,008	орг.зап.	3

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие этапы выделяют при исследовании состава? Охарактеризуйте их.
2. Что такое ЛПВ? Как его определяют? Какие показатели Вы знаете?
3. По какой системе устанавливается категория по показателям вкуса и цвета? Охарактеризуйте категории.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9 НОРМАТИВЫ КАЧЕСТВА ВОДЫ

### *Теоретическая часть*

Гигиенические ПДК – максимальные концентрации веществ, при которых они еще не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения (при воздействии на организм человека в течение всей жизни), а гигиенические условия водопользования при этом не ухудшаются.

#### **Различают две категории водопользования:**

- водный объект используют в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;
- использование водных объектов для культурно-бытовых целей населения, рекреации и спорта.

Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, распространяются также на все участки водных объектов, находящиеся в черте населенных мест.

#### **Рыбохозяйственные водоемы подразделяют на 3 категории:**

- высшая – для разведения особо ценных и ценных видов рыб, других водных животных и растений, места расположения нерестилищ;
- первая – для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, высокочувствительных к содержанию кислорода;
- вторая – для других рыбохозяйственных целей.

Водопользование – совокупность всех форм и видов использования водных ресурсов в общей системе природопользования.

#### **Водопользование включает:**

- использование водных объектов для удовлетворения потребностей населения и хозяйства (водный транспорт и лесосплав, рекреационное применение);
- использование воды без изъятия ее из водных объектов путем пропуска воды через объект водопользования (ГЭС, мельницы);

– водопотребление – изъятие воды из водных объектов, делится на:

а) возвратное – с возвращением использованной воды в источник водоснабжения;

б) безвозвратное, связанное с вхождением воды в состав продукции или расходом ее на фильтрацию, испарение и т.д.

Главные потребители воды – промышленность, сельское хозяйство, горная добыча, хозяйственно-питьевое применение.

Преобладающая часть воды, используемой в промышленности, сельском хозяйстве, в хозяйственно-бытовых целях, возвращается в водоемы загрязненной.

#### **Различают 4 класса сточных вод:**

– загрязненные неочищенные;

– недостаточно очищенные;

– нормативно очищенные;

– условно чистые (не требующие очистки).

Источниками загрязнения поверхностных вод являются объекты, вносящие в них загрязняющие вещества, микроорганизмы или избыточную теплоту.

Промышленные стоки, их количество и состав сильно различаются в зависимости от типа и мощности предприятия, вида сырья, характера технологии, используемой аппаратуры и т.д. Всего на долю промышленности приходится 70–80 % всех сточных вод. В промышленном производстве вода используется как теплоноситель, поглотитель, растворитель, средство транспортировки, а часто для нескольких целей одновременно.

Отдельные виды промышленных сточных вод содержат компоненты, представляющие определенную ценность как сырье.

Теплые воды электростанций могут и не содержать загрязняющих веществ, но вызывать нарушение температурного режима (тепловое загрязнение), приводящее к нарушению биологических процессов и эвтрофикации водоемов.

Хозяйственно-бытовые (коммунальные) стоки составляют 20% всего объема. От 1 человека в сутки в среднем поступает: 65 г взвешенных веществ, 8 г азота аммонийного, 3,3 г фосфатов, 9 г хлоридов, 60–75 г органических веществ (БПК<sub>п</sub>).

Диффузные источники загрязнения: взвешенные вещества,

удобрения, пестициды, нефтепродукты, тяжелые металлы, смываемые ливневыми и талыми водами с полей и с городских территорий. Воздействие диффузных источников загрязнения сложно не только предотвратить, но даже учесть, оно усугубляется в связи с отсутствием (как правило) очистки. Наиболее подвержены воздействию диффузных источников загрязнения малые реки.

Жидкие полезные ископаемые и сопутствующие вещества (нефть и рассолы из глубинных горизонтов, шахтные и рудничные сточные воды) могут попадать в водоемы как вследствие потерь при добыче и транспортировке, так и из естественных выходов (например, у берегов Калифорнии, в Мексиканском и Персидском заливах и др.).

Термин «сточные воды» используют для обозначения вод, образовавшихся в процессе хозяйственно-бытовой или производственной деятельности человека.

По доминирующим группам поллютантов сточные воды делят на пять видов:

- хозяйственно-бытовые;
- производственные;
- сельскохозяйственные (сток с полей и сточные воды от животноводческих комплексов);
- шахтные и рудничные;
- поверхностный сток.

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в результате бытовой деятельности человека.

Условно чистые сточные воды имеют обычно только тепловое загрязнение и загрязнение продуктами производства. Последние можно классифицировать по характеру загрязнений, который связан с профилем предприятия, составом перерабатываемых материалов, сырья и видом выпускаемой продукции. Делят на три группы:

1) содержащие минеральные примеси поступают от машиностроительных, станкостроительных предприятий, предприятий по производству минеральных удобрений, строительных материалов;

2) содержащие органические примеси формируются на



предприятиях пищевой промышленности (мясная, молочная, рыбная, консервная, сахарная и т.д.), кожевенного производства;

3) содержащие органоминеральные примеси формируются на предприятиях текстильной, фармацевтической промышленности, на нефтеперерабатывающих заводах.

Поверхностный сток населённых пунктов формируется за счёт дождевых, талых и поливочных вод. Среди загрязняющих веществ преобладают взвешенные вещества органического и минерального происхождения, нефтепродукты, тяжелые металлы.

В крупных городах в расчете на одного жителя (с учетом загрязненных поверхностных стоков) ежедневно сбрасывается в водоемы около  $1 \text{ м}^3$  загрязненных стоков.

Для водоемов хозяйственно-питьевого назначения:

- ХПК не должно превышать  $15 \text{ мг/л}$ ;
- $\text{БПК}_{\text{полн}} \leq 3 \text{ мг/л}$ ;
- содержание растворенного кислорода  $\geq 4 \text{ мг/л}$ ;
- содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более, чем на  $0,25 \text{ мг/л}$  по сравнению с концентрацией их в реке до спуска сточной воды.

В воде культурно-бытового назначения, водоемов в черте населенных пунктов:

- $\text{ХПК} \leq 30 \text{ мг/л}$ ;
- $\text{БПК}_{\text{полн}} \leq 6 \text{ мг/л}$ ;
- содержание растворенного кислорода  $\geq 4 \text{ мг/л}$ ;
- увеличение содержания взвешенных веществ – не более, чем на  $0,75 \text{ мг/л}$ .

Для водоемов рыбохозяйственного назначения:

- $\text{БПК}_{\text{полн}} \leq 3 \text{ мг/л}$ ;
- $\text{БПК}_5 \leq 2,1 \text{ мг/л}$ ;
- содержание растворенного кислорода для высшей и первой категории – зимой и летом не менее  $6 \text{ мг/л}$ , второй категории – не ниже  $4 \text{ мг/л}$  зимой и  $6 \text{ мг/л}$  летом;
- рН должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения.

Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более, чем на  $0,25$

(первая и высшая категории) и 0,75 (вторая) мг/л.

При содержании в межень более 30 мг/л природных взвешенных веществ допускается увеличение содержания их в воде в пределах 5%.

Практически во всех случаях поверхностная вода должна контролироваться по ПДК для рыбохозяйственных водоемов (ПДК<sub>РХ</sub>).

Кроме того, если выпуск сточных вод расположен в черте населенного пункта, то нормативы предельной загрязненности водных объектов распространяются на сами сбрасываемые воды, т. е. не учитывается разбавление стоков в воде водоема и ассимилирующая способность водоемов.

Таким образом, и к качеству стоков, сбрасываемых в водные объекты, чаще всего применяют требования перечня ПДК<sub>РХ</sub>.

При установлении периодичности наблюдения должны быть учтены наименее благоприятные периоды (межень, паводки, максимальные попуски в водохранилищах и т. п.).

### ***Практическая часть***

Постройте общую таблицу нормативов качества воды водоемов различного назначения (табл. 14, 15), сравните и проанализируйте показатели качества воды.

Таблица 14

Показатель качества воды	Категория	
	высшая и первая	вторая
Взвешенные вещества	Не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более, чем на:	
	0,25 мг/дм <sup>3</sup>	0,75 мг/дм <sup>3</sup>
	При содержании в межень более 30 мг/дм <sup>3</sup> природных взвешенных веществ допускается увеличение содержания их в воде в пределах 5%. Сточные воды, содержащие взвешенные вещества со скоростью осаждения более 0,4 мм/с, запрещается сбрасывать в водотоки, при скорости осаждения более 0,2 мм/с – в водоемы	

Плавающие примеси	Не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и т. д.	
Температура	Не должна повышаться по сравнению с естественной температурой воды более, чем на 5°C, с общим повышением температуры не более, чем до 20°C летом и 5°C зимой для водных объектов, где обитают холодолюбивые рыбы и не более, чем до 28°C летом и 8°C зимой в остальных случаях. В местах нерестилищ налима запрещается повышать температуру воды зимой более, чем на 2°C	
Водородный показатель, рН	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения	
Растворенный кислород	Не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм <sup>3</sup> , в период ледостава не должно опускаться ниже:	
	6,0 мг/дм <sup>3</sup>	4,0 мг/дм <sup>3</sup>
	В летний период от распадаения льда до периода ледостава должен быть не менее 6 мг/дм <sup>3</sup>	
БПК <sub>5</sub>	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе при сбросе сточных вод) не должно превышать:	
	2,1 мг/дм <sup>3</sup>	2,1 мг/дм <sup>3</sup>
БПК <sub>полн</sub>	При температуре 20°C под влиянием хоз. деятельности не должно превышать:	
	3,0 мг/дм <sup>3</sup>	3,0 мг/дм <sup>3</sup>
	Если в зимний период содержание растворенного кислорода в водных объектах высшей и первой категории снижается до 6,0 мг/дм <sup>3</sup> , а в водных объектах второй категории до 4 мг/дм <sup>3</sup> , то допускается сброс в них только тех сточных вод, которые не изменяют БПК воды	
Токсичность воды	Не должна оказывать острого или хронического токсического действия на тест-объекты	
АСПАВ	Концентрация не должна превышать 0,1 мг/дм <sup>3</sup>	

Таблица 15

Показатель	Категория водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Взвешенные вещества	Не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более, чем на:	
	0,25 мг/дм <sup>3</sup>	0,75 мг/дм <sup>3</sup>
	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм <sup>3</sup> природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5 %. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике:	
	20 см	10 см
Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые:	
	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться	

	более, чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
Водородный показатель (рН)	Не должен выходить за пределы 6,5–8,5	
Минерализация воды	Не более 1000 мг/дм <sup>3</sup> , в том числе: хлоридов – 350; сульфатов – 500 мг/дм <sup>3</sup>	
Растворенный кислород	Не должен быть менее 4 мг/дм <sup>3</sup> в любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня	
Биохимическое потребление кислорода (БПК <sub>5</sub> )	Не должно превышать при температуре 20°С:	
	2 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК	Не должно превышать:	
	15 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	30 мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Химические вещества	Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ	
Возбудители кишечных инфекций	Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций	
Жизнеспособные яйца гельминтов	Не должны содержаться в 25 л воды	
Термотолерантные колиформные бактерии	Не более 100 КОЕ/100 мл	Не более 100 КОЕ/100 мл
Общие колиформные бактерии	Не более:	
	1000 КОЕ/100 мл	500 КОЕ/100 мл
Колифаги	Не более:	
	10 БОЕ/100 мл	10 БОЕ/100 мл

Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии	$\sum \left( \frac{A_i}{YB_i} \leq 1 \right)$
---	---

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Что такое водопользование? Какие виды включает в себя?
2. Перечислите категории водных объектов.
3. На какие категории подразделяют рыбохозяйственные водоемы?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 10 ОЧИСТКА ВОДЫ

### *Теоретическая часть*

Для определения концентрации загрязнения в хозяйственно-бытовых сточных водах следует норму загрязнения на одного человека – а, [г/сут.] отнести к значению нормы водоотведения – q, [л/сут.]:

$$C = \frac{a \cdot 1000}{q} \text{ [мг/л] .}$$

### **Санитарно-бактериологические показатели**

Микробное число определяют посевом из 1 мл образца воды на мясо-пептонный агар (МПА) в чашках Петри с последующим подсчетом количества колоний после 48 ч инкубации при температуре 20 °С или после 24 ч при температуре 37 °С.

Хотя количество бактерий, растущих на МПА (сапрофитная микрофлора), составляет лишь 0,1–10 % от всех микроорганизмов, содержащихся в воде, этот показатель считается наиболее универсальным для учета численности бактерий – дает представление о степени загрязненности водоема органическими веществами.

В очень чистых водоемах отношение бактерий, регистрируемых прямым счетом, к числу бактерий, вырастающих на МПА, достигает 1000 : 1. По мере загрязнения воды это отношение уменьшается, и в сточной воде оно часто составляет 1:1.

Бактерии группы *E. coli* (кишечной палочки) дольше патогенных микроорганизмов сохраняют жизнеспособность во внешней среде, более устойчивы к действию хлора, чем возбудители большинства инфекций. Появление колибактерий сигнализирует о попадании фекальных стоков в воду.

Определяют колибактерии высевом на питательную среду Эндо. Результат получают в виде коли-индекса (число бактерий группы кишечной палочки в 1 л воды) или коли-титра (мл воды на 1 кишечную палочку).

Увеличение содержания санитарно-показательных бактерий при загрязнении водоемов наблюдается прежде, чем становится заметным изменение химических показателей воды, поэтому бактериологические показатели относят к наиболее важным показателям санитарного состояния водоема.

По действующему стандарту коли-титр питьевой воды должен быть  $>333$  мл на 1 бактерию и соответственно коли-индекс:  $<3$  бактерий в 1 л.

Производственный контроль за составом сточных вод и качеством воды водных объектов обеспечивается организациями и предприятиями, иными хозяйствующими субъектами, являющимися водопользователями, независимо от подчиненности и форм собственности, в лабораториях, аккредитованных (аттестованных) в установленном порядке.

Размещение пунктов контроля, перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю, а также периодичность проведения исследований и предоставления данных согласовываются с органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Ближайший к месту выпуска сточных вод пункт производственного контроля за сосредоточенным сбросом устанавливается не далее 500 м по течению от места сброса сточных вод на водотоках и в радиусе 500 м от места сброса на акватории – на непроточных водоемах и водохранилищах. При сбросе сточных вод в черте населенных мест указанный пункт контроля должен быть расположен непосредственно у места сброса.

Результаты производственного контроля качества воды водных объектов представляются в органы и учреждения, осуществляющие государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

В нормативных документах (ГОСТ Р 59024-2020, ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ Р 56237-2014, ПНД Ф 12.15.1-08) определены основные правила и рекомендации, которые следует использовать для получения репрезентативных проб. Тип пробоотборного устройства выбирается с учетом программы исследований.



В качестве пробоотборных сосудов используют химически стойкие к исследуемой воде стеклянные, фарфоровые и пластмассовые сосуды с вместимостью, обеспечивающей определение всех запланированных компонентов.

Посуда для отбора проб должна быть чистой, что обеспечивается предварительным мытьем ее горячей мыльной водой (стиральные порошки и хромовую смесь не использовать!), многократным споласкиванием чистой теплой водой.

Сосуды предварительно моют, ополаскивают не менее трех раз отбираемой водой и закупоривают стеклянными или пластмассовыми пробками, прокипяченными в дистиллированной воде. Между пробкой и отобранной пробой в сосуде оставляют воздух объемом 5–10 мл.

В общую посуду отбирают пробу на анализ только тех компонентов, которые имеют одинаковые условия консервации и хранения.

Пробы воды из водопроводных сетей отбирают в целях определения общего уровня качества водопроводной воды, поиска причин загрязнения распределительной системы, контроля степени возможного загрязнения питьевой воды продуктами коррозии.

Соблюдают следующие правила отбора пробы:

- проводят после спуска воды в течение 10–15 мин, этого времени обычно достаточно для обновления воды с накопившимися загрязнителями;
- не используют концевые участки водопроводных сетей, а также участки с трубами малого диаметра (менее 1–2 см);
- используют, по возможности, участки с турбулентным потоком – краны вблизи клапанов, изгибов;
- при отборе вода должна медленно течь в пробоотборную емкость до ее переполнения.

Пробы сточных вод имеют основные задачи:

- государственный контроль сброса сточных вод;
- первичный учет сброса сточных вод для государственной статистической отчетности;
- контроль процессов технологического использования и очистки воды для коррекции технологических процессов.

Место отбора пробы выбирается в зависимости от цели контроля, характера выпуска сточных вод, а также в соответствии с технологической схемой канализации.

Пробу следует отбирать в турбулентных, хорошо перемешанных потоках на прямолинейных участках водоотводящих устройств. Если нет возможности обеспечить турбулентное перемешивание жидкости, следует производить отбор в нескольких местах по сечению потока и составлять среднюю пробу.

При сбросе сточных вод в водные объекты через глубинные выпуски отбор проб следует проводить в последнем колодце.

Если сточные воды поступают в водоем через водосливное устройство, то проба отбирается непосредственно из падающей струи.

Место отбора сточных вод, отводимых в водный объект, выбирается у выпуска сточных вод в водный объект.

Простая проба характеризует состав воды в определенный момент в данном месте, получают ее однократным отбором требуемого количества воды.

Смешанная проба характеризует средний состав воды, получают ее смешением простых проб, взятых одновременно в различных местах (усреднение по объему) или в одном месте через определенные промежутки времени (усреднение по времени).

Через равные промежутки времени отбирают:

- среднесменную (среднесуточную) пробу, она готовится смешением равных по объему проб;
- среднепропорциональную пробу, которая готовится смешением объемов воды, пропорциональных величине расхода.

Например, если в течение часа образуется 50 м<sup>3</sup> сточных вод, отбирают 0,5 л, если за тот же промежуток времени образуется 100 м<sup>3</sup>, то – 1 л.

Согласно п. 2 ст. 23 закона РФ №7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды» нормативы контроля сбросов сточных вод должны устанавливаться на основе наилучших существующих технологий (НСТ) с учетом экономических и социальных факторов. В настоящее время в РФ применяются НСТ: полная биологическая очистка (НСТ-1), полная биологическая очистка с

доочисткой (НСТ-2), биологическая очистка с полным окислением (НСТ-3), биологическая очистка с нитри-денитрификацией (НСТ-4), физико-химическая очистка (НСТ-5).

Наибольшее распространение в Российской Федерации имеют классические сооружения полной биологической очистки (НСТ-1), которые при относительно невысоких капитальных и эксплуатационных затратах обеспечивают высокую степень задержания органических и взвешенных веществ (до 90–95 %).

Из существующих технологий наилучшие показатели по удалению органических веществ и аммонийного азота обеспечивают сооружения биологической очистки с полным окислением (НСТ-3). Они имеют увеличенный в 1,5–2 раза объем аэротенков, меньшие габариты вторичных отстойников и низкий прирост ила.

Аналогичные показатели достигаются на сооружениях биологической очистки с нитри-денитрификацией (НСТ-4), однако в конструктивном отношении они значительно сложнее, поэтому НСТ-3 предпочтительнее как более простая и дешевая в эксплуатации технология.

Сооружения физико-химической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод (НСТ-5) применяются, когда возможны длительные перерывы в поступлении сточных вод (санатории, дома отдыха) или при низкой их температуре (в районах Крайнего Севера). Однако в настоящее время НСТ-5 недостаточно широко распространена, так как наличие реагентных установок делает ее сложной в эксплуатации и приводит к загрязнению окружающей среды отходами реагентов.

### ***Практическая часть***

1. Определите, как изменится объем откачиваемого из первичных отстойников осадка, если обеспечить снижение его влажности с 95 до 92 %.

2. Рассчитайте концентрацию песка (объемная масса (насыпная плотность) –  $1,5 \text{ т/м}^3$  или  $1,5 \text{ г/см}^3$ ) в сточной воде, поступающей на очистную станцию, если содержание песка в осадке первичных отстойников 6 % (по массе), количество осадка

составляет 0,25 % по объему от расхода обрабатываемой воды, влажность осадка 93 %, в песколовках задерживается 15 дм<sup>3</sup> песка на 1000 м<sup>3</sup> воды.

3. Осадок от обработки промывных вод из осветлителей необходимо подавать на уплотнение в сгуститель периодического действия. После сгустителя осадок отжимают на рамных пресс-фильтрах. Влажность исходного осадка 88 %. После первой стадии осадок имеет влажность 86 %. Определите, сколько стадий необходимо провести для получения на пресс-фильтрах осадка с влажностью менее 60 %.

4. На каждую тонну перерабатываемого сырья (руды) получают 1 т отходов в виде шлама. Шлам содержит 25 % твердых частиц, находящихся в коллоидном состоянии и трудноотделимых от воды. Способ переработки шлама включает смешивание одной части шлама с двумя частями песка и добавление флокулянта в количестве 0,02 кг на 1 кг твердого вещества. Остаток после отделения воды содержит 80 % твердого материала. Для 1000 т руды определите: а) количество флокулянта и песка; б) количество отделяемой воды; в) количество обезвоженного материала.

5. Производственный сток предприятия составляет 0,3 м<sup>3</sup>/с и имеет концентрацию взвешенных веществ 650 мг/л. На первой стадии сточная жидкость поступает в осветлитель, из которого выходит осветленная жидкость с концентрацией взвеси 120 мг/л и осадок с содержанием твердых веществ 15 %. На второй стадии осадок подают на центрифугу, которая задерживает 85 % подаваемого твердого материала и выдает остаток, на 60 % состоящий из твердых веществ. Остаток смешивают с опилками для получения топлива, состоящего на 80 % из твердых веществ. Определите необходимую суточную массу опилок.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Как отбирают среднесменную (среднесуточную) и среднепропорциональную пробы?
2. Каковы цели проведения контроля за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод?

3. Какова процедура проведения контроля работы лаборатории, осуществляющей ведомственный контроль за эксплуатацией очистных сооружений?
4. Какие организмы являются тест-объектами для биологических исследований?
5. Приведите наилучшие существующие технологии очистки воды.
6. Какой реагент чаще всего используют для консервации проб?
7. Какими должны быть соотношения ХПК/БПК<sub>полн</sub> и БПК/N/P в производственных водах, поступающих на очистку?

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 11

## СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И МЕСТА ОТБОРА ПРОБ

### *Теоретическая часть*

Контроль за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод проводится для предупреждения и прекращения загрязнения водных объектов неочищенными и недостаточно очищенными сточными водами, повторного их использования в промышленности и сельском хозяйстве. Включает в себя:

- учет и регистрацию очистных сооружений;
- проверку эффективности очистки сточных вод;
- определение влияния сбрасываемых сточных вод на водные объекты и технологические процессы;
- выдачу предписаний по совершенствованию работы очистных сооружений.

Обследование очистных сооружений предполагает:

- изучение проектных данных, технологической схемы и регламента работы очистных сооружений, их паспортов;
- ознакомление с ранее выданным разрешением на сброс очищенных сточных вод;
- проверку выполнения ранее выданных предписаний по улучшению работы очистных сооружений.

Одновременно ведут контроль работы лаборатории, осуществляющей ведомственный контроль за эксплуатацией очистных сооружений.

Особое внимание обращают на укомплектованность ее квалифицированными кадрами, оснащенность необходимым оборудованием, соблюдение согласованных с органами водоохраны методик, периодичности и объема анализов сточных вод, точек и порядка взятия проб, ведение отчетной документации, изучение данных лабораторного анализа, сравнение их с проектными данными.

Во время обследования проверяют соблюдение регламентов на эксплуатацию каждого сооружения и организацию учета количества очищаемой воды, степень автоматизации

технологических процессов, подачу и дозирование реагентов, работу насосных станций, скребковых механизмов, регулирование работы аэрационных сооружений, метантенков, механического обезвоживания осадков, обеззараживания хлором и других процессов, соответствие находящихся в эксплуатации сооружений запроектированным.

При необходимости отбирают пробы и проводят анализ сточных вод для определения степени их очистки на очистных сооружениях в целом, по отдельным ступеням. Место, время и способ взятия проб зависят от цели осуществляемой проверки и определяются в каждом конкретном случае с учетом режима работы очистных сооружений и возможных колебаний по времени состава и расхода сточных вод.

Взятие проб производится в обязательном порядке на входе и выходе из очистных сооружений или проверяемой ступени очистки. По результатам контрольных анализов определяют эффективность работы очистных сооружений и оценивают достаточность очистки сточных вод на них.

Одновременно с физико-химическими анализами обрабатываемой воды проводят биологические исследования с использованием живых организмов.

Обычно содержание промышленных сточных вод колеблется в пределах 15–45 % от общего притока (при поступлении промышленных сточных вод более 50–60 % принято относить очистные сооружения в ведение промышленности, а город становится абонентом, сбрасывающим свои сточные воды на очистку на договорных условиях).

Не допускается объединение производственных сточных вод с бытовыми, если в результате их взаимодействия образуются эмульсии, ядовитые и взрывоопасные вещества (например, сточных вод, содержащих соли кальция или магния и щелочные растворы, соду и кислые воды, хлор и фенолы и т.п.).

Поскольку различные компоненты промышленных сточных вод биологически окисляются с различной скоростью и часто требуют строго определенных условий проведения процесса очистки, то наилучшим способом оценки их влияния на ход биохимической очистки бытовых сточных вод является

экспериментальная проверка на лабораторных либо опытно-промышленных установках.

Механическая очистка сточных вод обычно предшествует биологической или физико-химической очистке. В сооружениях для механической очистки сначала отделяются наиболее крупные загрязнения (на решетках и ситах), затем тяжелые взвеси (в песколовках) и на заключительном этапе – основная масса тонкодиспергированных нерастворенных загрязнений (в отстойниках и гидроциклонах).

*Решетки и сита.* Их эффективность оценивают по числу отказов. Основным технологическим параметром является скорость движения воды в прозорах решеток. Максимальное значение – 1,0 м/с, обусловлено недопустимостью продавливания отбросов и их проскока между прутьями. Снижение скорости движения воды благоприятно отражается на задержании отбросов, но приводит к накоплению песка и тяжелых примесей перед решеткой. Технологическая характеристика работы решеток и сит дается на основе оценки количества и качества задерживаемых отбросов.

*Песколовки.* После прохождения сточной воды через песколовки, где она находится в течение 1–5 мин, ее химические показатели не изменяются. Однако качество воды улучшается в санитарном отношении, так как с частицами крупной взвеси удаляется до 10–25 % яиц гельминтов. В характеристике снятых загрязнений указываются влажность удаляемой массы (70–80 %), зольность (5–7 %), содержание тряпья и бумаги (около 80 %).

*Первичные отстойники.* Продолжительность пребывания воды в них может колебаться в широких пределах, но чаще всего составляет 1,5–2 ч. Расчет производительности отстойников производится по кинетике выпадения взвешенных веществ, зависящей от гидравлической крупности частиц. Для контроля задержания осадка и осветления воды достаточно определить в поступающей и выходящей из отстойников сточной воде взвешенные вещества, осадок за 2 ч отстаивания и прозрачность. Количество взвешенных веществ должно уменьшаться не менее чем на 40 %.



Сырой осадок, выпускаемый из отстойников, должен иметь влажность не более 92–95%, так как более высокая влажность тормозит процесс метанового брожения при обработке осадка. При нерегулярном выпуске осадок загнивает. Поверхность воды в отстойнике покрывается пузырями выделяющихся газов, окисляемость выходящей из него воды увеличивается по сравнению с окисляемостью поступающей воды.

В процессе отстаивания сточной воды в результате сорбции и соосаждения происходит снижение концентрации загрязнений, фиксируемых величинами БПК и ХПК, примерно на 10–25 %, фосфатов – на 20–30 %, азота общего – на 20–30 %, биологических загрязнений – до 50 %.

Удаляемый из отстойников осадок имеет полугустую консистенцию, обычно темно-серый цвет и содержит большое количество посторонних включений – тряпья, палок, волос, кухонных отходов. Осадок обильно заражен яйцами глистов и патогенной микрофлорой. Содержание песка в осадке обычно составляет 5–8%, зольность – 25–35%.

*Гидроциклоны.* Контроль за работой производится по манометрам, установленным на напорном водоводе. По их показаниям оценивают объемную производительность гидроциклонов.

Биологическая очистка сточных вод может осуществляться в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды), и в специальных сооружениях (аэротенки, окситенки, биофильтры).

Поля орошения – участки земли, подготовленные для естественной биологической очистки сточных вод и выращивания сельскохозяйственных растений. При их проектировании следует учитывать, что наиболее интенсивно процесс окисления идет в верхних слоях почвы (0,2–0,4 м), в порах которой израсходованный запас кислорода быстро пополняется. Для успешной эксплуатации полей необходимо подавать на них предварительно осветленную сточную воду, что снижает загрязнение почвы в 7–10 раз.

Поля фильтрации – участки земли, приспособленные для естественной биологической очистки сточных вод путём

фильтрации их через почвенные горизонты. Устраивают на почвах с хорошими фильтрационными свойствами. На полях фильтрации, в отличие от полей орошения, сельскохозяйственные культуры не выращивают. Состоят из участков (карт) с почти горизонтальной поверхностью площадью 0,5–2 га, огражденных валами высотой 0,8–1 м.

На них не достигается баланс между количеством биогенов, вводимых со сточными водами и выносимых с дренажными водами, поэтому очищенная вода может содержать остаточные их количества. Качество дренажных вод считается удовлетворительным, если оно приближается к качеству воды после биологической очистки с последующей фильтрацией на песчаных фильтрах.

В основе почвенно-биологической очистки лежит способность почвы поглощать и использовать загрязнения сточных вод. Наибольшее значение имеет поглощение, вызываемое действием поверхностных сил ионно-электростатического происхождения и обусловленное способностью микроорганизмов и корней растений адсорбировать питательные вещества с растворимыми в воде веществами.

Сточные воды при использовании их для орошения должны отвечать агро-мелиоративным требованиям, предъявляемым к поливной воде, в целях получения высоких урожаев, полноценного качества продукции и повышения плодородия почвы, которые в разных почвенно-климатических условиях различны.

Пригодность сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур определяется как допустимой минерализацией, аналогично применяемой при орошении речными и подземными водами, так и концентрацией органических веществ.

Контроль за работой полей фильтрации можно осуществлять при помощи анализов грунтовых вод, взятых при бурении скважины на расстоянии 1 м от этих полей. Разница между количеством загрязнений, обнаруженных в сточных водах, и в фильтрате выражает эффект очистки их на поле фильтрации. Если состав сточных вод не соответствует указанным требованиям, то

перед орошением необходимо проводить предварительную подготовку сточных вод (разбавление, нейтрализацию, смешение и др.).

*Биологические пруды.* Требуется постоянное наблюдение за развитием донных отложений в биопрудах. При небольшом объеме эти отложения перерабатываются сообществом организмов донного слоя, преобладающими в котором являются личинки комаров.

Непринятие мер по удалению осадков приводит к резкому ухудшению качества воды, вплоть до более высоких концентраций, чем на входе в пруды (за счет выноса осадка).

*Аэротенки* – железобетонные аэрируемые резервуары. Процесс очистки в аэротенке идет по мере протекания через него аэрированной смеси сточной воды и активного ила. Аэрация необходима и для насыщения воды кислородом и для поддержания ила во взвешенном состоянии. Аэротенки обычно рассчитывают на полную биологическую очистку со снижением БПК<sub>полн</sub> сточной воды до 15 мг/дм<sup>3</sup>.

Основные технологические параметры, определяющие эффективность работы аэротенков: нагрузка, скорость окисления, окислительная мощность аэротенка и ила, возраст ила, удельный прирост ила, иловый индекс, время аэрации, расход воздуха на 1 м<sup>3</sup> очищенной воды и на 1 кг снятой БПК<sub>5</sub>, затраты электроэнергии и вместимость аэрационной секции.

Повышенный вынос взвешенных веществ является одной из характерных особенностей вспухания ила. Причины: перегрузка аэротенка загрязнениями, наличие большого количества углеводов, недостаточное количество воздуха, низкий рН.

*Биофильтры.* Контроль работы имеет много общего с контролем аэротенков, поскольку в обоих типах сооружений проходят принципиально сходные процессы. Существенным отличием является отсутствие необходимости в частом анализе количества биопленки. Она прочно прикреплена к материалу загрузки биофильтра, а очищаемой водой смывается лишь отмершая, отработанная ее часть.

Общая масса прироста биопленки за год эксплуатации биофильтра примерно равна массе взвешенных веществ,

поступивших за этот же период на биофильтр. В нормально работающем биофильтре общая толщина слоя биопленки может составлять от 1–10 мкм в верхних его слоях до 3–6 мм в нижних. При большей толщине слоя биопленки часто наблюдается прекращение потребления ею кислорода, вследствие чего возникают процессы гниения.

Показателем жизнестойкости экосистемы биофильтра является большое видовое разнообразие состава биопленки.

С целью предупреждения переохлаждения биофильтров в зимний период их работы необходимо устанавливать противоветровую защиту, сооружать над биофильтром купольное перекрытие и снижать коэффициент неравномерности притока сточных вод.

Основным технологическим параметром, определяющим эффективную работу биофильтров, является окислительная мощность (ОМ).

*Вторичные отстойники.* Контролируя работу вторичных отстойников по задержанию взвешенных веществ (активного ила или биопленки), сопоставляют их количество, осадок по объему (количество оседающих веществ) и прозрачность в сточной воде до и после отстойников. При контроле работы вторичных отстойников проверяют также состояние клапанов илососов, наличие штурвалов на этих клапанах, убеждаются в отсутствии вибраций, шума и стука при работе редукторов илососов.

Наиболее распространенными аппаратами доочистки являются фильтры с зернистой загрузкой. При технологическом контроле учитываются: скорость фильтрации, продолжительность фильтроцикла, расход воды на промывку фильтра.

Качество сточной воды оценивается до и после ее обработки по санитарно-химическим показателям, принятым для характеристики сточных вод. В процессе адсорбционной доочистки активный уголь удаляет из воды биохимически неокисленные органические вещества, микроколичества ионов тяжелых металлов, бактериальные и другие загрязнения. При количестве отработанного угля более 0,5 т/сут восстановление его адсорбционной емкости производят обычно термическим способом.

Обессоливание минерализованных сточных вод проводят с помощью гиперфльтрации (обратный осмос) через полупроницаемые мембраны. Основные параметры – концентрацию растворенных веществ в концентрате и фильтрате определяют на единицу ширины мембраны при заданной ее длине, разделяющей способности, коэффициенте проницаемости мембран, давлении, расходах исходной воды, фильтрата и концентрата.

Способы обеззараживания сточных вод: термические; химические с помощью сильных окислителей; олигодинамические (воздействие ионов благородных металлов); физические (с помощью ультразвука, радиоактивного излучения, ультрафиолетовых лучей). Наиболее широко применяются способы второй группы.

В качестве окислителей используют хлор и его соединения (гипохлориты натрия и кальция, оксид хлора (IV)) озон, марганцевокислый калий, пероксид водорода.

На практике предпочтение отдают хлору, озону, гипохлориту натрия, которые вызывают инактивацию кишечных вирусов в результате денатурирования их белковой оболочки. Объектом технологического контроля при хлорировании являются контактные резервуары или другие заменяющие их емкости. Регистрируются время пребывания воды в контактном резервуаре и изменения ее качества вследствие действия хлора и дополнительного удаления осаждающихся частиц активного ила.

### ***Практическая часть***

1. Начертите схемы, приведенные на рис. 3–5 (арабскими цифрами показаны места взятия проб для лабораторного контроля).

2. По данным табл. 16 проведите характеристику мест взятия проб, укажите перечень соответствующих определений.

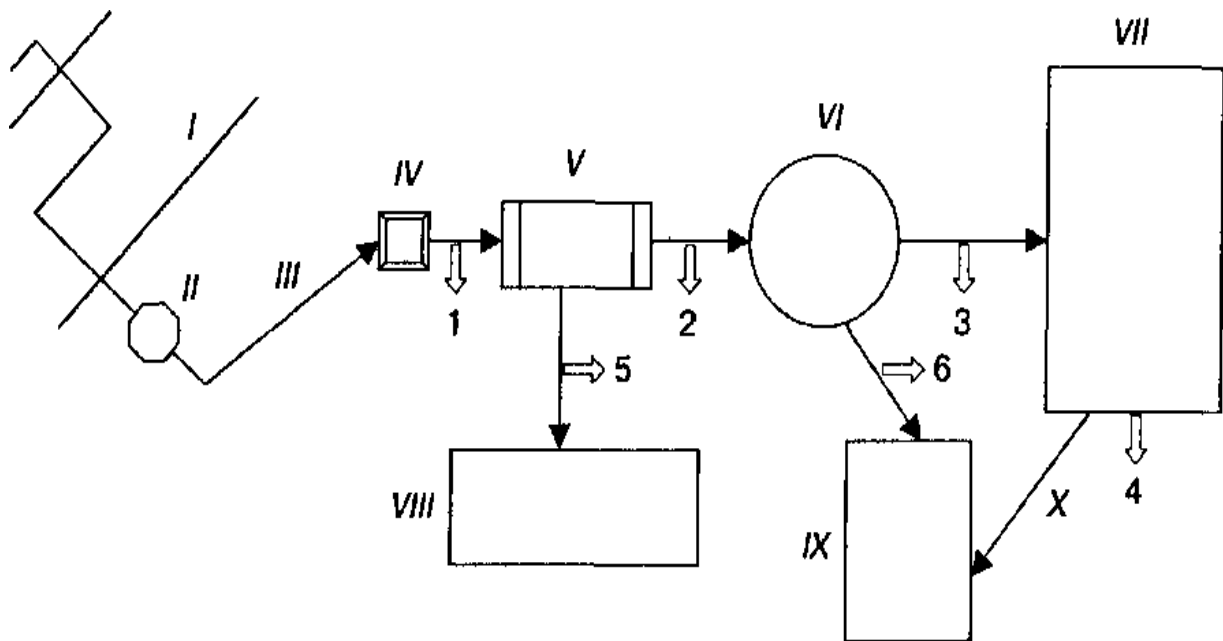


Рис. 3. Схема сооружений биологической очистки сточных вод в естественных условиях: I – сети водоотведения; II – насосная станция перекачки; III – напорный водовод; IV – колодец-успокоитель; V – песколовка; VI – первичный отстойник; VII – биологические пруды, поля фильтрации; VIII – песковые площадки; IX – иловые площадки; X – дренажный канал

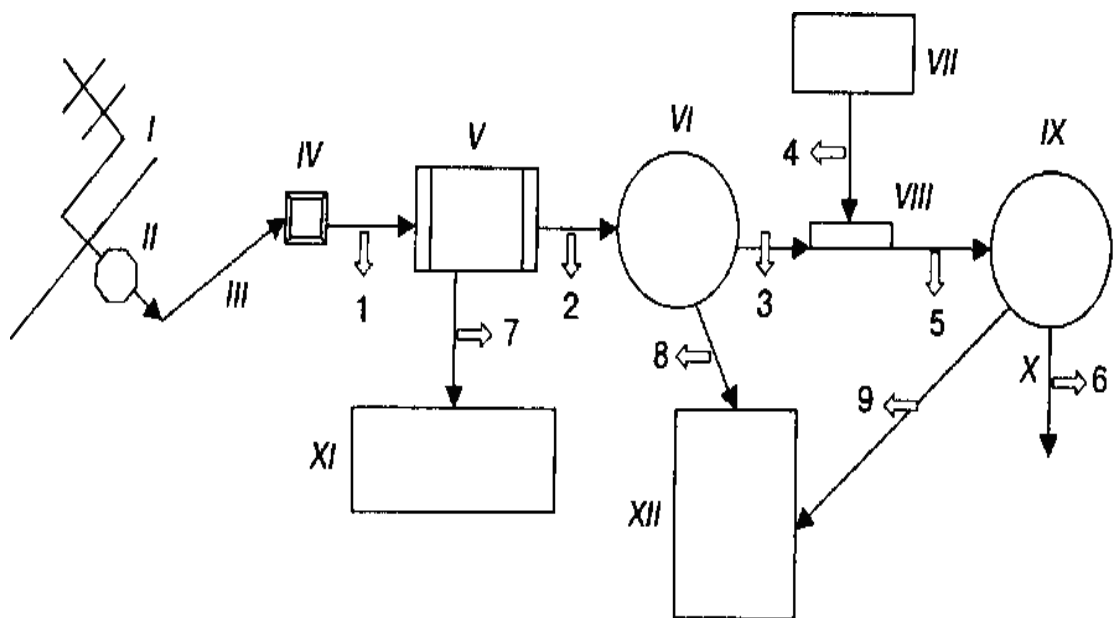


Рис. 4. Схема сооружений механической очистки сточных вод в естественных условиях: I–VI – те же, что на рис. 3; VII – хлораторная; VIII – смеситель ершового типа; IX – вторичный отстойник; X – сбросной коллектор; XI – песковые площадки; XII – иловые площадки

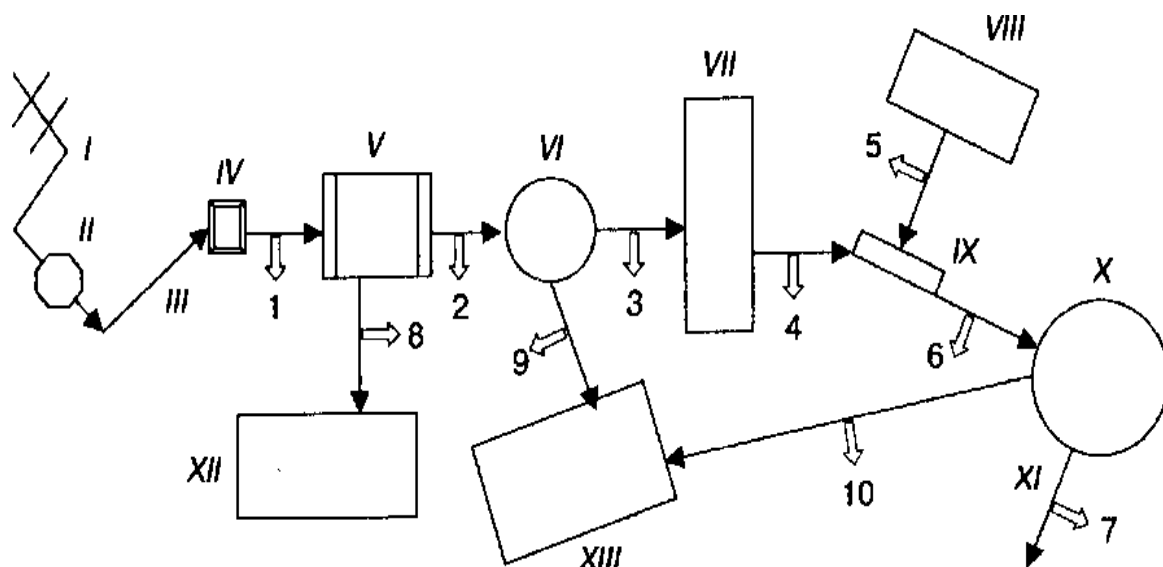


Рис. 5. Схема сооружений биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях: I–VI – те же, что на рис. 3 и 4; VII – биофильтр; VIII – хлораторная; IX – смеситель ершового типа; X – вторичный отстойник; XI – сбросной коллектор; XII – песковые площадки; XIII – иловые площадки

Таблица 16

№ точек	Точки взятия проб в процессе очистки сточных вод	Наименование показателей		
		Физические величины	Химические ингредиенты	Бактериологические показатели
1	Сырые сточные воды, поступающие на очистные сооружения	+	+	+
2	Сточные воды после песколовки	+	–	–
3	Сточные воды после первичного отстойника	+	–	+
По рис. 3				
4	Биологические пруды, поля фильтрации, поля орошения	–	+	+
5	Осадок после песколовки	+	–	–
6	Осадок после первичного отстойника	+	+	–
По рис. 4				
4	Концентрация хлора	–	+	–
5	Сточные воды после хлорирования	–	+	–

6	Сточные воды после очистки на сооружениях	+	+	+
7	Осадок после песколовки	+	–	–
8	То же после первичного отстойника	+	+	–
9	То же после вторичного отстойника	+	+	–
По рис. 5				
4	Сточные воды после биофильтра, аэротенка	–	+	+
5	Концентрация хлора	–	+	–
6	Сточные воды после хлорирования	–	+	–
7	Сточные воды после очистки на сооружениях	+	+	+
8	Осадок после песколовки	+	–	–
9	То же после первичного отстойника	+	+	–
10	То же после вторичного отстойника	+	+	–

Знак + указывает на необходимость определения показателя, при знаке – пробы не отбираются и анализ воды не производится.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Что включает в себя контроль за работой очистных сооружений?
2. Что предполагает обслуживание очистных сооружений?
3. Какие существуют виды очистки? Охарактеризуйте их.



## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 12**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

#### *Теоретическая часть*

По Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» (№89-ФЗ) от 24.06.1998 г. обращение с отходами – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов. В законе определены понятия:

– отходы производства и потребления – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с настоящим Федеральным законом;

– сбор отходов – прием или поступление отходов от физических и юридических лиц в целях дальнейшей обработки, утилизации, обезвреживания, транспортирования, размещения таких отходов;

– накопление отходов – временное складирование отходов (на срок не более 11 месяцев) в местах, обустроенных в соответствии с требованиями законодательства в области охраны окружающей среды и законодательства в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, в целях их дальнейшей утилизации, обезвреживания, размещения, транспортирования;

– транспортирование отходов – перемещение отходов с помощью транспортных средств вне границ земельного участка, находящегося в собственности юридического лица или индивидуального предпринимателя либо предоставленного им на иных правах;

– обработка отходов – предварительная подготовка отходов к дальнейшей утилизации, включая их сортировку, разборку, очистку;

– утилизация отходов – использование отходов для производства товаров, выполнения работ, оказания услуг, включая

повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению, их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки, а также извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация);

- размещение отходов – хранение и захоронение отходов;

- хранение отходов – складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения;

- захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду;

- обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов, изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду.

Отходы – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые, не являясь конечной целью производственного процесса, образовались при получении готовой продукции, или же полностью или частично утратили свои потребительские свойства.

Отходы возникают как в результате производственной деятельности – отходы производства, так и при потреблении – отходы потребления.

Отходы производства – остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, продукты переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса и которые в дальнейшем могут быть использованы как готовая продукция после соответствующей обработки или в качестве сырья для переработки.

Отходы потребления – изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам не пригодны для дальнейшего использования.

Их можно разделить на отходы промышленного (например, металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и др.) и бытового (пищевые отходы, изношенные изделия, использованные изделия (упаковки, тара), бытовые сточные воды и др.) потребления.

Отношения в области обращения с радиоактивными, биологическими, медицинскими отходами, веществами, разрушающими озоновый слой (за исключением случаев, если такие вещества являются частью продукции, утратившей свои потребительские свойства), с выбросами в атмосферу и сбросами в водные объекты регулируются не Федеральным законом № 89–ФЗ, а соответствующим законодательством РФ.

Классификация отходов основана на систематизации их по отраслям промышленности, возможностям переработки, агрегатному состоянию, токсичности и т.д.

Отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности:

I класс – чрезвычайно опасные отходы;

II класс – высокоопасные отходы;

III класс – умеренно опасные отходы;

IV класс – малоопасные отходы;

V класс – практически неопасные отходы.

По состоянию различают отходы: твердые, жидкие, газообразные.

По месту возникновения отходы подразделяют на: бытовые, промышленные, сельскохозяйственные.

По составу основным показателем можно считать происхождение отходов – органическое и неорганическое, а также сжигаемы отходы или нет.

Особую группу представляют отходы в виде энергии, называемые энергетическими: тепло, шум, радиоактивное излучение и т.п.

Все виды промышленных и бытовых отходов делят на твердые и жидкие.

Твердые – отходы металлов, дерева, пластмасс и других материалов, пыли от очистных сооружений в системах очистки газовых выбросов промышленных предприятий, промышленный мусор.

К жидким относят осадки сточных вод после их обработки, шламы и пыли в системах мокрой очистки газов.

Все виды отходов производства и потребления по возможности использования:

- вторичные материальные ресурсы (ВМР), которые уже перерабатываются или переработка которых планируется;

- отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно образуют безвозвратные потери.

Отходы могут быть использованы до или после обработки. На используемость влияют: качество отходов, количество в данном месте, местные условия.

Химический состав отходов отличается от состава природных минеральных запасов. В одних случаях концентрация нужных компонентов в отходах ниже, в других, наоборот, выше, чем в природном сырье.

Другой может быть и форма химических соединений, содержащих ценные компоненты, например, благородные или тяжелые металлы и т.д.

От состава отходов зависит способ их обезвреживания. Так, летучая зола, шлак промышленных предприятий и мусоросжигательных установок и т.д. могут быть приняты на полигоны.

Токсичные отходы химических предприятий, взрывоопасные отходы, отходы больниц, атомных электростанций требуют особых мер предосторожности при вывозе в места обезвреживания.

Отходы образуются в результате бытовой деятельности людей и состоят из пищевых отходов, использованной тары и упаковки, изношенной одежды и других вышедших из употребления текстильных изделий, отслуживших свой срок

бытовых приборов, мебели, электро- и радиотехнических устройств.

С 1 января 2016 г. услуга по сбору и транспортировке твердых бытовых отходов (ТБО) отнесена к коммунальным и отходы переименованы в ТКО – твердые коммунальные отходы.

ТКО образуются в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также это товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд.

Текстильные отходы – отходы производства в виде волокон, пряжи, нитей, лоскутов и обрезков текстильных материалов и отходы потребления в виде бытовых изношенных текстильных изделия.

Изношенные шины – слоистый многокомпонентный отход производственного и бытового потребления, содержащий: резину (67%), текстильный корд (17%), металл (до 16%).

Отработанные нефтепродукты и нефтесодержащие отходы – отработанные масла и смазочно-охлаждающие жидкости, нефтешламы (образуются на очистных сооружениях при очистке производственных и поверхностных сточных вод).

Полимерные отходы – технологические отходы синтеза и переработки синтетических смол и пластмасс (отходы производства) и отходы потребления в виде отслуживших свой срок изделий из пластмасс или изделий, в состав которых входят пластмассы.

Отработанные ртутьсодержащие лампы – люминесцентные бытовые (ЛБ) и дугоразрядные (ДРЛ). Среднее содержание в них ртути (токсичного элемента I класса опасности) составляет около 0,015% (90–150 мг в расчете на одну лампу).

Золошлаковые отходы образуются при сжигании каменного и бурого угля, горючих сланцев и торфа на тепловых электростанциях и в котельных, включают: золу – пылевидный порошок материал, улавливаемый из дымовых газов ТЭС; шлак кусковой – сыпучий материал, удаляемый в жидком или кусковом и порошкообразном состоянии через подтопок электростанций.

*Методы переработки, утилизации и обезвреживания отходов.* Наиболее рациональным способом защиты литосферы от отходов производства и быта является освоение специальных технологий по сбору и переработке отходов.

Переработка отходов – технологическая операция или совокупность технологических операций, в результате которых из отходов производится один или несколько видов товарной продукции.

Централизованная переработка отходов – совокупность операций по сбору, транспортированию и переработке отходов на специализированном производственном участке.

Локальная переработка отходов – совокупность операций по переработке отходов, осуществляемых в зоне действия производственной установки, на которой образуются отходы.

Методы переработки твердых бытовых отходов делят на:

– методы ликвидации отходов, обеспечивающие улучшение санитарно-гигиенической обстановки;

– методы, позволяющие полностью или частично использовать вторичные ресурсы.

Выбор технологии обезвреживания бытовых отходов зависит от многих факторов, среди которых определяющие: охрана окружающей среды и здоровья населения, экономическая целесообразность.

В некоторых случаях производство отдельных видов товарной продукции из вторичного сырья (отходов) значительно проще и дешевле, чем из первичного природного сырья. Например, энергоемкость производства алюминия из вторичного сырья почти в 20 раз, а стали – в 10 раз ниже, чем из природных руд.

Зачастую и капитальные вложения в переработку вторичного сырья в 3–4 раза ниже, чем при переработке первичного.

Рациональным решением проблем защиты литосферы от промышленных отходов возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий и производств.

В машиностроении разработка малоотходных технологических процессов связана прежде всего с необходимостью увеличения коэффициента использования

металла, которое дает не только технико-экономические выгоды, но и позволяет уменьшить отходы и вредные выбросы в окружающую среду.

Предельное количество отходов при их открытом хранении может быть установлено эмпирически по мере накопления массы отходов.

Определяют концентрации всех вредных веществ, подлежащих контролю, с последующим построением линии регрессии  $Y(M)$ , где  $M$  – масса отходов,  $Y$  – сумма отношений концентрации вредных веществ  $C_i$  к соответствующим ПДК $_i$ :

$$Y = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} .$$

Предельное количество  $M_x$  определяют по графику (рис. 6) продолжением линии регрессии до ее пересечения с прямой, параллельной оси абсцисс и проходящей через точку  $Y = 0,3$ .

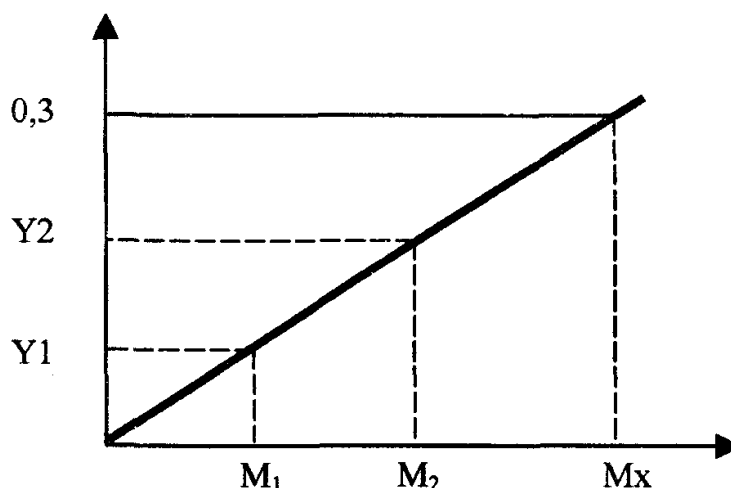


Рис. 6. График определения массы отходов

### ***Практическая работа***

На территории предприятия на площадке временного хранения находятся твердые отходы цеха гальванопокрытий, содержащие этилендиамин в количестве  $M$ . Определите предельное количество отходов, допустимое для временного хранения.

ПДК этилендиамина в воздухе рабочей зоны = 2 мг/м<sup>3</sup>, данные КХА для воздуха на высоте до 2,0 м над массой отходов приведены в табл. 17.

Таблица 17

Вариант	Масса отхода, М <sub>1</sub> , кг	Средняя концентрация этилендиамина на высоте до 2.0 м над массой отходов, С <sub>1</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Масса отхода, М <sub>2</sub> , кг	Средняя концентрация этилендиамина на высоте до 2.0 м над массой отходов, С <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	10	0,3	20	0,5
2	10	0,2	20	0,4
3	5	0,3	10	0,7
4	20	0,2	30	0,3
5	15	0,1	30	0,3
6	15	0,2	40	0,9
7	30	0,1	40	0,3
8	40	0,5	60	0,7
9	20	0,4	30	0,5
10	25	0,2	50	0,8

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Перечислите виды отходов и охарактеризуйте их.
2. Какие классы опасности отходов Вы знаете? Охарактеризуйте их.
3. Какие методы утилизации отходов Вы знаете? Охарактеризуйте их.



## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко В.А. Геохимические системы биосферы. Эколого-геохимическое состояние. Краснодар, 2003.
10. Акимова Т.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В. Природа – Человек – Техника. М., 2001.
11. Баранов С.Г., Морев С.Ю., Бибик Т.С. Практикум по экологии для бакалавров направления 050100. Владимир, 2013.
2. Зарина Л.М. Геоэкологические особенности распределения тяжелых металлов в снежном покрове Санкт-Петербургского региона: дис. ... канд. геогр. наук. СПб., 2009.
3. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / сост. Ревич Б.А., Саев Ю.Е., Смирнова Р.С. (Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90). М., 1990.
4. Источники загрязнения объектов окружающей среды: методические указания к лабораторным и практическим занятиям/ сост. А.И. Байтелова, С.В. Шабанова. Оренбург, 2003.
5. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов (утв. Минстроем РФ 02.11.96, согласована с Госкомсанэпиднадзором РФ 10.06.96 №01-8/1711). М., 1996.
6. Абрамов Н.Ф. Методика расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твёрдых бытовых и промышленных отходов. М., 2004.
7. ГОСТ 20444-14. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. М., 2015.
8. Руководство по охране окружающей среды в районной планировке. М., 1980.
9. Экология города / под ред. В. В. Денисова. М., 2008.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Практическая работа 1. Загрязнение атмосферы.....	4
Практическая работа 2. Нормативы качества воздуха.....	9
Практическая работа 3. Классы опасности вредных веществ... ..	15
Практическая работа 4. Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города.....	18
Практическая работа 5. Определение перечня веществ, подлежащих контролю.....	22
Практическая работа 6. Организация наблюдений и отбор проб воздуха.....	28
Практическая работа 7. Расчет концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе.....	35
Практическая работа 8. Нормативы качества воды объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования... ..	40
Практическая работа 9. Нормативы качества воды.....	45
Практическая работа 10. Очистка воды.....	54
Практическая работа 11. Схемы очистки сточных вод и места отбора проб.....	61
Практическая работа 12. Определение предельного количества твердых отходов на территории предприятия.....	72
Рекомендуемая литература.....	80

*Учебное издание*  
Б О Л О Т И Н Сергей Николаевич  
Г А В Р Я Анастасия Вадимовна  
С Т А Ц Е Н К О Оксана Владимировна

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
Учебно-методическое пособие

---

Подписано в печать 20.04.2022. Выход в свет 22.04.2022.

Формат 60×84  $\frac{1}{16}$ .

Уч. изд. л. 5,1. Тираж 100 экз. Заказ №

Кубанский государственный университет.  
350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.

Издательско-полиграфический центр  
Кубанского государственного университета.  
350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.