

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**

**Биотехнология переработки вторичных сырьевых ресурсов отрасли**  
по выполнению лабораторных работ

## Лабораторная работа №1 Факторы среды обитания и общие закономерности их действия на организмы

**Цель работы:** изучить основные факторы среды обитания и общие закономерности их действия на организмы

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Наша планета Земля - уникальное явление в солнечной системе и известных галактиках. По современным представлениям Земля возникла 4,5 млрд. лет назад, а жизнь на Земле существует 3,5 млрд. лет. До сих пор история возникновения жизни на Земле находится на стадии гипотез. Одни ученые говорят о возможности возникновения и развития органической жизни из неорганической материи за счет условий, сложившихся на Земле, другие - не исключают возможность занесения жизни на нашу планету из космоса.

Современная жизнь во всем ее многообразии развилась в результате длительной эволюции.

В 1875 г. профессор Венского университета Э. Зюсс ввел в науку понятие **биосфера**. **Биосфера** (от греч. "bios" - жизнь, "sfera" - шар) - сфера существования живых организмов, включающая части атмосферы, гидросферы и литосферы.

Современное учение о биосфере создано В.И. Вернадским. **Биосферой** он называл совокупность тех составляющих планеты, в которых существует или когда-либо существовала жизнь, и которые подвергаются или подвергались воздействию живых организмов.

Участие каждого отдельного организма в геологической истории Земли ничтожно мало. Однако живых существ на Земле бесконечно много и они обладают высоким потенциалом размножения, активно взаимодействуют со средой обитания и в конечном счете представляют в глобальных масштабах фактор, преобразующий верхние оболочки Земли.

Толщина биосферы достигает 40 - 50 км. Она включает часть атмосферы до высоты 20 - 25 км (до озонового слоя), практически всю гидросферу (11 км) и литосферу - до 4 км.

В состав биосферы, кроме **живого вещества** - растений, животных и микроорганизмов, входят: **биогенное вещество** - продукт жизнедеятельности живых организмов - осадочные породы органического происхождения (нефть, каменный уголь, торф, карбонаты и др.); **косное вещество** - горные породы магматического происхождения, космическая пыль, минералы, вода и др., и **биокосное вещество** - продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами (почва, природная вода и др.).

Итак, **биосфера** — это система с прямыми и обратными связями (отрицательными и положительными), которые обеспечивают ее функционирование и устойчивость.

**Биосфера — открытая система**, она не может существовать без поступления энергии извне.

Биосфера – саморегулирующаяся система, для которой характерна организованность.

Биосфера – система, характеризующаяся большим разнообразием, а разнообразие – основное условие устойчивости любой экосистемы и биосферы в целом (закон У. Р. Эшби).

Биосфера имеет механизм, обеспечивающий круговорот веществ, а следовательно, неисчерпаемость отдельных химических элементов и их соединений. Только благодаря круговоротам обеспечивается непрерывность процессов в биосфере.

В середине XIX века ученые систематизировали принципы взаимодействия растений и животных между собой, а также и с окружающей средой. Эту область биологии Э. Геккель (1866 г.) назвал **экологией** (от греч. **oikos** - дом, **logos** - наука). В настоящее время понятие экология более широкое - это наука о взаимодействии живых организмов между собой и с окружающей их средой. Принципы экологии применимы и к человеку, причем в глобальных масштабах. Эту составляющую экологии называли наукой об **окружающей среде**.

**Окружающая среда** - совокупность факторов живой и неживой природы, прямо или косвенно воздействующих на организм. Различают **биотические и абиотические** факторы.

**Биотические факторы (факторы живой природы)** – это влияние одних организмов или сообществ на другие.

К **биотическим** относятся: **фитогенные** (растительные организмы); **зоогенные** (животные); **микробиогенные** (вирусы, простейшие, бактерии) и **антропогенные** (деятельность человека) факторы.

**Абиотические (или физико–химические)** – факторы неживой природы.

К **абиотическим** факторам относятся: **климатические** (свет, температура, влажность, движение воздушных масс, давление); **структурные** (механический состав, плотность, воздухопроницаемость, влажность); **орографические** (рельеф, высота над уровнем моря), **химические** (состав воздуха и воды, кислотность и состав почвы).

Антропогенные факторы, в силу их более значительного влияния на окружающую среду, выделяют в отдельную - третью группу факторов. **Антропогенные факторы** - это те формы деятельности человека, которые воздействуют на естественную природную среду, изменяя условия обитания живых организмов, или непосредственно влияют на отдельные виды растений и животных.

**Биоценоз** – совместно обитающие популяции всех живых организмов на определенной территории.

**Биотоп** - природное, жизненное пространство, занимаемое определенным биоценозом. Это понятие включает не только вещества, но и физико-химические факторы (температуру, освещенность, химический состав и т.д.).

Например, в экосистеме "озеро" к биотопу можно отнести: воду, донные отложения, а к биоценозу - фитопланктон, зоопланктон, рыб и т.д. На суше биотоп включает не только минеральные элементы почвы, но и микроорганизмы, живущие в ней и участвующие в круговороте простых веществ.

Биотоп и соответствующий ему биоценоз образуют **экологическую систему**. Экосистемы могут быть различны по размеру: капля воды, лес, пень, озеро. **Экосистемы** - безразмерные, устойчивые системы живых и неживых компонентов, в которых совершаются внешний и внутренний круговороты веществ и энергии.

Между экосистемами существуют связи, но всегда менее важные, чем между организмами внутри системы.

Близким понятием "экосистеме" является "биогеоценоз".

**Биогеоценоз** - это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горных пород, растительности, животного мира, микроорганизмов), имеющая свою особую специфику взаимодействия слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией. Внешние границы биогеоценозов чаще всего совпадают с границами растительных сообществ.

Естественные экологические системы (биогеоценозы) стабильны и существуют длительное время. Состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы носит название **гомеостаза**.

В естественных экосистемах гомеостаз поддерживается тем, что они открыты, т.е. постоянно обмениваются веществом и энергией с окружающей средой. В антропогенных, созданных под влиянием человека, системах, для поддержания гомеостаза необходимо вмешательство (управление) людей.

Несмотря на то, что естественные экосистемы находятся в состоянии гомеостаза, под действием внешних факторов они претерпевают медленные изменения во времени. Такая последовательная смена одного биоценоза другим носит название **сукцессии**. Например, заброшенную пашню сначала осваивают травянистые растения, затем кустарники, светолюбивые деревья (березы), а потом хвойные деревья.

Все живые организмы существуют в форме популяций.

**Популяция** - совокупность особей данного вида, в течение длительного времени населяющих определенную область географического пространства, связанных между собой определенными взаимоотношениями и приспособленных к жизни в условиях данного места обитания (биотопа). Воздействуя на биоценоз, человек воздействует не на отдельные организмы (особи), а на всю популяцию в целом.

В каждой экосистеме есть два основных компонента: организмы и факторы окружающей их неживой среды. Всю совокупность организмов (растений, животных, микробов) называют **биотой** экосистемы.

## Биотическая структура

Несмотря на громадное разнообразие экосистем (от тундры до пустынь), всем им свойственна примерно одинаковая биотическая структура, все они включают одни и те же составляющие. Это продуценты, консументы и деструкторы.

Любая экосистема включает несколько **трофических (пищевых)** уровней.

**Продуценты** (от лат. **produsena** – создающий) - это в основном зеленые растения **автотрофы** (от греч. **autos** – сам; **trofo** – пища), которые под влиянием солнечной энергии в процессе фотосинтеза с помощью хлорофилла из воды и  $\text{CO}_2$  образуют сахара и в качестве побочного продукта выделяют кислород ( $\text{O}_2$ ). Кроме того, к продуцентам относят и **хемоавтотрофы** - организмы, использующие в качестве питания углерод неорганических соединений и энергию химических превращений одних веществ в другие (азотофиксирующие бактерии).

**Консументы - гетеротрофные организмы** (от греч. **getoros** – другой) - потребители органического вещества, созданного автотрофами. К **первичным консументам** относятся организмы, питающиеся травой, **фитофаги** (от греч. **fiton** – растение, **fagos** – пожирающий) и **паразиты зеленых растений**. Среди травоядных в наземной среде преобладают насекомые, грызуны и копытные, а в водной - мелкие ракообразные и моллюски. **Вторичные консументы** питаются травоядными. Состав вторичных консументов разнообразен: здесь хищники, убивающие жертву (**зоофаги**), трупоеды (**некрофаги**), **паразиты** и др.

Мертвые растения и животные остатки (опавшие листья, фекалии, детрит) служат пищей консументам - **детритофагам** (грифы, земляные черви, муравьи). И наконец, **редуценты (деструкторы)** - организмы, разлагающие органические вещества до простых неорганических - преимущественно микроорганизмы (бактерии, дрожжи, грибы-сапрофиты). Идет процесс, обратный процессу фотосинтеза – распад органических молекул в клетке с выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности (клеточное дыхание).

Детритофаги и редуценты играют в биосфере одну и ту же роль - питаются мертвым органическим веществом. Они, в свою очередь, также являются объектом питания. Таким образом, все в природе связано посредством пищевых цепей (или пищевой сети, т.к. одним и тем же веществом питаются сотни, тысячи организмов).

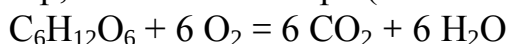
Существуют также **симбиотрофы** - организмы, ведущие совместный образ жизни. Классический пример: лишайники, представляющие тесное взаимовыгодное сосуществование грибов и водорослей.

Продуценты, первичные, вторичные консументы, детритофаги и редуценты находятся на разных уровнях этой общей схемы, называемых **трофическими (пищевыми) уровнями** (обычно 3 - 4 уровня).

На каждом трофическом уровне биомасса на 90-99 % меньше, чем на предыдущем. К примеру, если биомасса продуцентов составляет 10 т, то фитофагов около 100 кг, а плотоядных около 10 кг.

Таким образом, очевидно, что без непрерывного образования органического вещества экосистема быстро бы "съела" сама себя и прекратила существование.

Разложение и горение - это процессы, обратные росту, при которых из сложных органических молекул строятся простые неорганические вещества, например, окисление сахара (глюкозы):



Здесь мы наблюдаем закон сохранения массы, который можно сформулировать так: атомы в химических реакциях никогда не исчезают, не образуются вновь и не превращаются друг в друга, они только перегруппируются с образованием различных молекул и соединений.

Однако химическая реакция - это не только перегруппировка атомов, здесь одновременно происходит поглощение и выделение энергии, т.е. бесконечный круговорот веществ и энергий в природе.

## **Взаимоотношения организмов и среды**

**Среда обитания** - часть природы, окружающая живой организм, с которым она непосредственно взаимодействует. Любое живое существо живет в сложном, меняющемся мире, постоянно приспосабливаясь к нему и регулируя свою жизнедеятельность в соответствии с его изменениями.

Живые организмы вынуждены приспосабливаться к множеству факторов среды. Это приспособление, закрепляемое в процессе эволюции и естественного отбора на генетическом уровне, называют **адаптацией**.

Каждый вид организмов занимает в среде обитания определенное место, обусловленное потребностью в пище, территории, воспроизводстве, т.е. занимает определенную **экологическую нишу**. Для каждого вида характерна своя экологическая ниша. Организмы, ведущие сходный образ жизни, вследствие межвидовой конкуренции не живут в одних местах. Если какой-либо вид организмов уничтожается, его место занимает вид с близкой экологической нишей.

Отдельные свойства или элементы среды, действующие на организм, называются экологическими факторами (биотическими, абиотическими и антропогенными). Они могут быть как необходимыми, так и вредными для живых существ, способствовать или препятствовать выживанию и размножению.

Самыми существенными для экосистем являются антропогенные факторы. В настоящее время судьба всего живого покрова Земли и всех видов организмов находится в руках человеческого общества, зависит от антропогенного влияния на природу.

Один и тот же фактор среды имеет различное значение в жизни совместно обитающих организмов разных видов. Например, сильный ветер зимой не благоприятен для крупных, открыто обитающих животных, но не действует на более мелких, которые укрываются в норах под снегом. Солевой состав почвы важен для питания растений, но безразличен для большинства наземных животных.

Экологические факторы среды могут влиять: как раздражители, вызывающие приспособительные изменения физиологических и биологических функций; как ограничители, обуславливающие невозможность существования в данных условиях; как модификаторы, вызывающие анатомические и морфологические изменения организмов; как сигналы, свидетельствующие об изменениях других факторов среды.

Ни один из факторов окружающей среды не действует в одиночку. Это всегда результат взаимодействия биотических и абиотических факторов. Связи их очень запутаны. Например, засуха может привести к гибели птиц, а это обуславливает рост численности насекомых, фитофагов, которыми они питались. Это, в свою очередь, повлечет массовое поражение растений, служащих пищей другим консументам. **Следовательно, изменение любого биотического или абиотического фактора неизбежно приведет в действие цепную реакцию с далеко идущими последствиями.**

Несмотря на большое разнообразие экологических факторов, при их воздействии на организмы выделяются общие закономерности.

### ***Закон толерантности или оптимума***

Каждый фактор имеет лишь определенные пределы положительного влияния на организм. Недостаточное или избыточное значение фактора отрицательно сказывается на жизни особей.

Совокупность экологических факторов, наиболее благоприятно влияющих на жизнедеятельность организма или вида, называется **зоной оптимума** (рис.1.1) или **зоной экологического комфорта**. В этой зоне организмы дают наивысшую продуктивность. **Зона пессимума** или **стресса** - это условия, при которых жизнедеятельность организмов максимально угнетена, и они с трудом могут существовать. И, наконец, существуют **летальные (смертельные)** пределы экологического фактора, когда организм уже существовать не может. Такая кривая называется кривой толерантности (от греч. **толеранция** - терпение). Толерантность может изменяться, если организм попадает в другие условия, организм приспосабливается к условиям (адаптируется).

Каждый вид имеет свою зону оптимума и пессимума. Например, оптимум для белого медведя - льды Северного ледовитого океана, для дикобраза - теплые предгорья Тянь-Шаня.

Зона оптимума (или зона экологического комфорта), наиболее богатая видами, наблюдается в Западной Европе, многих районах США, Южной Америки, в западных районах России, на Кавказе, в предгорьях Тянь-Шаня,

Алтая, Памира. Эти районы отличаются большим разнообразием растений и животных, высокой плотностью населения, развитыми промышленностью и сельским хозяйством.

Для зоны пессимума характерно меньшее разнообразие видов, меньшая плотность организмов и продуктивность экосистемы, низкая плотность населения и весьма неблагоприятные условия жизни. Это Арктика, Антарктика, тундра, лесотундра, холодные высокогорные районы и жаркие пустыни.

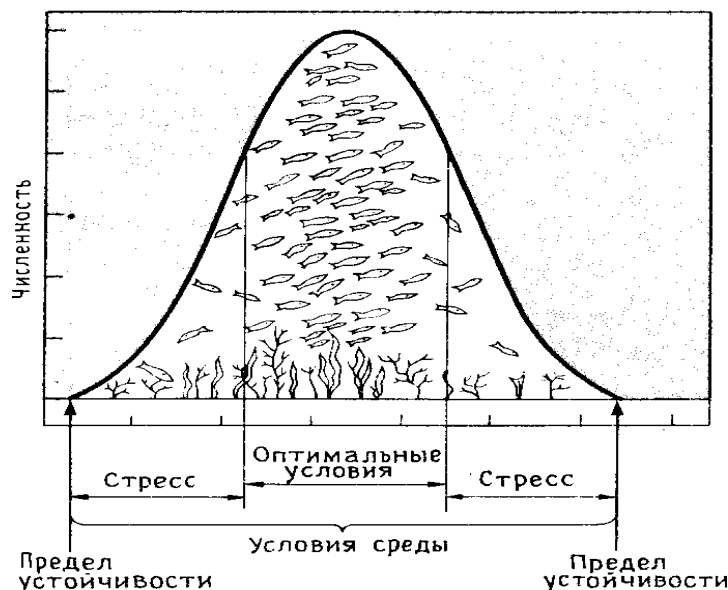


Рис. 1.1. Зависимость результата действия экологического фактора от его интенсивности

### Практическая часть

**Задание 1.** Заполните таблицу 1. В зависимости от способа питания подберите трофическую группу организмов. Приведите примеры.

Таблица 1

Способы питания и трофические группы организмов

| № п/п | Способ питания                                                                                 | Трофическая группа | Пример |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|
| 1     | Используют углерод неорганического вещества, например $\text{CO}_2$                            |                    |        |
| 2     | Животные питаются живыми растениями                                                            |                    |        |
| 3     | Используют углерод неорганического вещества и химическую энергию                               |                    |        |
| 4     | Используют углерод органических веществ и заключенную в них энергию                            |                    |        |
| 5     | Питаются другими животными                                                                     |                    |        |
| 6     | Для синтеза органических веществ используют углерод неорганических веществ и солнечную энергию |                    |        |
| 7     | Питаются мертвыми органическими веществами                                                     |                    |        |
| 8     | Питаются соками организма-хозяина                                                              |                    |        |

Трофические группы (автотрофы, гетеротрофы, фотоавтотрофы, хемоавтотрофы, фитофаги, зоофаги, паразиты, симбиотрофы, детритофаги).

**Задание 2.** Согласны ли Вы с утверждением, что продуктивность морей значительно ниже продуктивности суши? Ответ обоснуйте.

**Задание 3.** Какие абиотические факторы влияют на организмы, живущие на суше, в воде и в почве? Впишите названия факторов в таблицу 2 и подчеркните важнейшие из них в каждой среде.

Таблица 2

Основные экологические факторы сред жизни

| Среда обитания | Основные факторы |
|----------------|------------------|
| Суша           |                  |
| Вода           |                  |
| Почва          |                  |

**Задание №4** Построить и проанализировать графики действия света, тепла и влаги на растения.

По таблице 3 построить графики действия света, тепла и влаги. На оси ординат отмечаются календарные месяцы, а на оси абсцисс - величина суммарной солнечной радиации, средних месячных температур и сумм атмосферных осадков.

Проанализировать графики, установить факторы, определяющие начало и конец вегетации растений и их зону жизнедеятельности, отметив ее штриховкой на графике, учитывая, что вегетация растений возможна при положительных температурах, величине солнечной радиации выше 2 ккал/ см и количестве осадков не менее 30мм/ г.

Таблица 3

Величины суммарной солнечной радиации, средних месячных температур и сумм атмосферных осадков

| Месяцы | Суммарная<br>(ккал/см <sup>2</sup> ) | рад. | Температура<br>(градусы) | Осадки (мм) |
|--------|--------------------------------------|------|--------------------------|-------------|
| 1      | 0                                    |      | -38                      | 30          |
| 2      | 2                                    |      | -51                      | 33          |
| 3      | 6                                    |      | -40                      | 39          |
| 4      | 7                                    |      | -25                      | 35          |
| 5      | 10                                   |      | -7                       | 49          |
| 6      | 10                                   |      | 10                       | 42          |
| 7      | 15                                   |      | 17                       | 54          |
| 8      | 6                                    |      | 12                       | 57          |
| 9      | 1                                    |      | -2                       | 41          |
| 10     | 1                                    |      | -13                      | 40          |
| 11     | 0                                    |      | -23                      | 32          |
| 12     | 0                                    |      | -31                      | 27          |

**Задание №5** Величину теплопродукции можно оценивать по количеству потребляемого кислорода. Исходя из данных таблицы 4, объясните закономерность изменения величины теплопродукции в зависимости от массы тела.

Таблица 4

Потребление кислорода животных разной величины (по Н.П. Наумову, 1963)

| Животные | Масса, г | Температура среды (в опыте)С | Потребление кислорода на 1 кг массы, см <sup>3</sup> /ч |
|----------|----------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Лошадь   | 400000   | -                            | 220                                                     |
| Баран    | 50000    | -                            | 284                                                     |
| Кролик   | 3000     | 29                           | 478                                                     |
| Крыса    | 115,5    | 29                           | 1800                                                    |
| Мышь     | 12,9     | 29                           | 4130                                                    |

**Задание №6** Определение степени насыщения воды кислородом.

Построить график зависимости концентрации растворенного в воде кислорода от температуры воды, пользуясь таблицей 5. По оси абсцисс откладываются температуры (t, С), по оси ординат - концентрация кислорода (мг/л). Определить оптимальные условия для организмов от 0 до 16,5 С, заштриховать на графике.

Таблица 5

Зависимость концентрации растворенного в воде кислорода от температуры воды

| Температура (t, С) | Концентрация кислорода (мг О <sub>2</sub> /л) |
|--------------------|-----------------------------------------------|
| 0                  | 14,6                                          |
| 2                  | 14                                            |
| 4                  | 13                                            |
| 6                  | 12,2                                          |
| 8                  | 11,6                                          |
| 10                 | 11                                            |
| 12                 | 10,6                                          |
| 14                 | 10                                            |
| 16                 | 9,8                                           |
| 18                 | 9,5                                           |
| 20                 | 9                                             |
| 22                 | 8,8                                           |
| 24                 | 8,5                                           |
| 26                 | 8,2                                           |
| 28                 | 7,9                                           |
| 30                 | 7,8                                           |

**Отчет о лабораторной работе должен содержать:**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Ответы на вопросы заданий.

## Лабораторная работа №2 Изучение круговоротов веществ в биосфере.

**Цель работы:** изучить круговороты некоторых веществ в биосфере.

### Теоретическая часть

**Живое вещество** состоит из множества химических элементов. Из них преобладают три: кислород (70 %), углерод (18 %) и водород (10 %). На долю азота, натрия, фосфора, магния, кремния, серы, калия, железа и хлора падает 1,5 %. На все остальные элементы системы Менделеева приходится менее 0,5 %.

Все химические элементы, в том числе и искусственно созданные, обычно циркулируют в биосфере по характерным путям. Зеленые растения трансформируют световую энергию в потенциальную химическую (при фотосинтезе). Эта энергия сосредотачивается в органических соединениях (белках, жирах, углеводах), созданных из минеральных веществ, поставляемых окружающей абиотической средой.

Совокупность организмов (биомасса) каждого трофического уровня характеризуется некоторым количеством энергии. Переходы с одного уровня пищевой цепи на другой (например, от продуцентов к первичным консументам) сопровождаются значительными потерями вещества и потенциальной энергии. Так, например, только 1 % солнечной энергии используется на фотосинтез, остальная часть рассеивается в форме тепла.

В большей или меньшей степени замкнутые пути прохождения элементов из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду называются **биогеохимическими циклами**. "**Био**" относится к живым организмам, а "**гео**" — к горным породам, воздуху и воде.

Перемещение необходимых для жизни элементов и неорганических соединений можно назвать **круговоротом элементов питания**.

Движение в циклах не всегда бывает равномерным, существуют пункты сосредоточения (фонды), в которых элементы задерживаются на более или менее длительное время. Поэтому в каждом круговороте можно выделить:

–**резервный фонд** - большая масса медленно движущихся веществ, в основном небиологический компонент;

–**подвижный (обменный) фонд** - меньший, но более активный, для которого характерен быстрый обмен веществ между организмами и их непосредственным окружением.

Любой атом, находящийся в резервном фонде, не обязательно все время недоступен для организмов, так как между резервным и обменным фондами существует постоянный обмен как за счет естественных процессов (извержения вулканов, пожары и др.), так и за счет деятельности человека (сжигание топлива, применение минеральных удобрений, искусственное орошение и др.).

Основными биогеохимическими циклами являются циклы воды, углерода, кислорода, водорода, азота, фосфора и серы. Они пока не изучены в полном масштабе, т.к. некоторые фазы протекают внутри малоизученных

экосистем. Водные экосистемы наиболее изучены в силу их гомогенности. Кроме того, все циклы неразрывно связаны друг с другом и составляют в целом биосферу.

### ***Круговорот воды***

**Вода** — наиболее важная часть тела живых существ. В теле человека она составляет 60 % по весу, а в растительном организме достигает 95 %.

Круговорот (циркуляция) воды в природе происходит по условной схеме: выпадение атмосферных осадков, поверхностный и подземный сток, инфильтрация, перенос водяного пара в атмосфере, конденсация водяного пара, повторное выпадение атмосферных осадков. В результате круговорота происходит накопление, очистка и перераспределение планетарного запаса воды. Под действием солнечной энергии и сил земного притяжения вода непрерывно перемещается между океанами, атмосферой, сушей и живыми организмами. Пары воды в атмосфере конденсируются, захватывая газы атмосферы, вулканические газы, вредные вещества антропогенной деятельности и выпадают на Землю. Основная масса воды, извлекая растворимые соединения из пород литосферы, разрушая их, стекает обратно в океан, постепенно изменяя его состав. Труднорастворимые соединения химических элементов оседают на дне. Вредные вещества из атмосферы и с поверхности почвы, смешиваясь с естественными водами, приводят к локальным загрязнениям окружающей среды.

Человек может вмешиваться в круговорот воды двумя способами:

- \* забирая большое количество пресной воды из рек, озер и водоносных горизонтов, тем самым истощая запас грунтовых вод и открывая доступ океанической соленой воде в подземные водоносные горизонты;
- \* сводя растительный покров суши в интересах развития сельского хозяйства, при добыче полезных ископаемых, строительстве жилья, дорог и других видах деятельности, что приводит к уменьшению просачивания поверхностных вод под землю, что, в свою очередь, сокращает пополнение запасов грунтовых вод, увеличивает риск наводнений, повышает интенсивность поверхностного стока, усиливая эрозию почв.

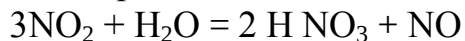
### ***Круговорот азота***

**Азот** (от греч. **azoos** - безжизненный). Газообразный азот, составляющий 78 % объема земной атмосферы, не может непосредственно использоваться живыми организмами. В свободном состоянии он обладает химической инертностью, а соединяясь с другими элементами, весьма активен. Организмы нуждаются в различных химических формах азота для образования белков и генетически важных нуклеиновых кислот (ДНК). Большинству зеленых растений требуется азот в форме нитрат – ионов ( $\text{NO}_3^-$ ) и ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ). Но он может преобразовываться в растворимые в воде соединения, содержащие ионы  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{NH}_4^+$ , которые и усваиваются корнями растений.

В результате деятельности человека в круговорот включается азот, образующийся при сжигании топлива, выделяемый при добыче полезных

ископаемых для производства минеральных удобрений, попадающий в окружающую среду со стоками животноводческих ферм и при удобрении сельскохозяйственных полей и др.

Соединения азота с кислородом называются оксидами азота. Известны  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2O_3$ ,  $NO_2$  (и его димер  $N_2O_4$ ),  $N_2O_5$ . Для окружающей среды наибольшую опасность представляет диоксид азота  $NO_2$ , который при взаимодействии с водой образует азотную кислоту и оксид азота, что является причиной образования кислотных дождей:



Диоксид азота, взаимодействуя со щелочами, образует нитриты и нитраты.

Азот вовлекается в биогенный круговорот двумя путями:

1 - путем растворения разных оксидов азота в дождевой воде и внесения их таким образом в почву и океан;

2 - путем биологической фиксации  $N_2$  клубеньковыми бактериями бобовых растений и микроорганизмами.

Значительные запасы азота сосредоточены в почве в виде минеральных и органических соединений. У животных большая часть азота выводится из организма, у растений обмен азота замкнут. Поступивший в них азот возвращается в почву с самими растениями. Остатки организмов, погребенные в толщах земли, под действием микроорганизмов подвергаются денитрификации, при которой элементарный азот возвращается в атмосферу.

Нитраты при несоблюдении норм могут накапливаться в продуктах питания, питьевой воде и вызывать тяжелые отравления, а также нарушения кислородного обмена в организме человека, называемого метаглобинемией.

### ***Круговорот фосфора***

**Фосфор** главным образом в виде фосфат – ионов ( $PO_4^{3-}$  и  $HPO_4^{2-}$ ) является важным питательным элементом как для растений, так и для животных. Он входит в состав молекул ДНК, несущих генетическую информацию; молекул АТФ и АДФ, в которых запасается необходимая для организмов химическая энергия, используемая при клеточном дыхании; молекул жиров, образующих клеточные мембраны в растительных и животных клетках; а также веществ, входящих в состав костей и зубов.

В своем круговороте фосфор медленно перемещается из фосфатных месторождений на суше и мелководных океанических осадков к живым организмам и затем обратно.

Фосфор, высвобождаемый при медленном разрушении (или выветривании) фосфатных руд, растворяется почвенной влагой и поглощается корнями растений. Фосфатные соединения очень плохо растворяются в воде и встречаются лишь в определенных типах горных пород. Таким образом, во многих почвах и водных экосистемах содержание фосфора является лимитирующим фактором роста растений.

Животные получают необходимый им фосфор, поедая растения или растительных животных. Значительная часть этого фосфора в виде

экскрементов животных и продуктов разложения мертвых животных и растений возвращается в почву, в реки и, в конце концов, на дно океана в виде нерастворимых фосфатных осадочных пород.

Часть фосфора возвращается на поверхность суши в виде гуано — обогащенной фосфором органической массы экскрементов питающихся рыбой птиц (пеликанов, олуш, бакланов и т.п.). Однако несравнимо большее количество фосфатов ежегодно смывается с поверхности суши в океан в результате природных процессов и антропогенной деятельности.

Вследствие геологических процессов, длящихся миллионы лет, могут подниматься и осушаться участки океанического дна, образуя острова или материк. Последующее выветривание обнажившихся горных пород приводит к высвобождению новых количеств фосфора и продолжению круговорота.

Вмешательство человека в круговорот фосфора сводится в основном к добыче больших количеств фосфатных руд для производства минеральных удобрений и моющих средств и избытку фосфат – ионов в водных экосистемах при попадании в них загрязненных стоков с животноводческих ферм, смытых с полей фосфатных удобрений, а также очищенных и неочищенных коммунально-бытовых стоков.

### **Круговорот углерода**

Углерод является основным строительным материалом молекул белков, жиров, нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) и других важных для жизни органических соединений. Растения поглощают диоксид углерода IV ( $\text{CO}_2$ ) из атмосферы и под действием солнечного света с помощью хлорофилла осуществляют фотосинтез сложных органических соединений, например сахаров.



В процессе клеточного метаболизма молекулы сахара преобразуются в протеины, липиды и т.д. Эти различные вещества служат углеводным питанием животным, не фотосинтезирующим растениям и человеку. Для животных этот процесс осложняется необходимостью переваривания съеденной пищи, в процессе которого сложные молекулы, содержащие углерод, разлагаются до простых.

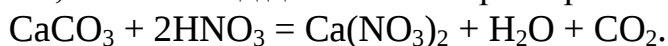
С другой стороны, все организмы осуществляют клеточное дыхание – процесс обратный фотосинтезу, то есть выбрасывают в атмосферу  $\text{CO}_2$ .

Когда наступает смерть, то детритофаги и биоредуценты разлагают и минерализуют трупы, образуя цепи питания, в конце которых углерод вновь поступает в круговорот в форме углекислоты ("почвенное дыхание"). Детритофаги превращают животные и растительные остатки в новые органические соединения (гумус). Грибы и бактерии разлагают гумус с выделением углекислого газа. При недостатке воздуха, а также высокой

кислотности детритофаги не могут функционировать, и органические остатки накапливаются в виде торфа и образуют торфяные болота. Это приостанавливает круговорот.

В далекие геологические эпохи значительная часть фотосинтезированного органического вещества, не использованная консументами и редуцентами, накапливалась, погребаясь под минеральными осадками. За миллионы лет под действием высоких температур и давлений это вещество превратилось в нефть, газ и уголь, в зависимости от исходного материала, продолжительности и условий пребывания в земле. При сжигании их в качестве топлива накопившийся углерод вновь превращается в  $\text{CO}_2$ . При неполном сгорании топлива в атмосферу могут выбрасываться окись углерода  $\text{CO}$  (угарный газ), сажа  $\text{C}$  и другие углеродсодержащие соединения (альдегиды, бензапирен и др.). Они могут непосредственно вступать во взаимодействие с живым веществом, разрушая и отравляя его.

В воде также происходит замедление круговорота углерода, так как углерод, помимо фотосинтеза водорослями, накапливается в составе  $\text{CaCO}_3$  (мел, известняк, кораллы) химического или биогенного происхождения. Эти массы углерода остаются вне круговорота в течение целых геологических периодов, пока  $\text{CaCO}_3$  в виде горных цепей не поднимается над поверхностью моря. С этого момента начинается выщелачивание известняка атмосферными осадками, а также под действием корней растений.



Углерод горных пород может быть также высвобожден в результате человеческой деятельности (добыче полезных ископаемых, разложении под действием кислотных дождей и др.). Так разрушаются мраморные памятники архитектуры, простоявшие несколько тысячелетий (Акрополь, Колизей и др.).

## **Практическая часть**

### **Задание №1. Круговорот веществ.**

Используя теоретическую часть методических рекомендаций рассмотреть последовательность преобразования веществ на схемах круговорота азота, фосфора, воды, углерода в биосфере, пути поступления углерода в атмосферу и азота в почву. Зарисовать схемы круговорота каждого элемента и воды в тетради.

### **Задание №2 Роль сапрофитов в биологическом круговороте веществ.**

Изучите таблицу 1, рассчитайте для каждой группы организмов, какую долю общей массы разлагающихся за год растительных остатков способны разрушить редуценты (например, кивсяки) в данной экосистеме, где фитомасса луга составляет 230 г/м, запас подстилки - 120 г/м, в течение вегетационного периода успевает разложиться около 110 г/м опада. Длительность пищевой активности редуцентов составляет 4 месяца в году.

Таблица 1

## Численность и пищевая активность редуцентов данной экосистемы

| Весовая группа | Масса, мг | Число особей на 1м <sup>2</sup> | Суточный рацион, мг/особь | Усвояемость, % |
|----------------|-----------|---------------------------------|---------------------------|----------------|
| I              | До 25     | 17                              | 3                         | 84,6           |
| II             | 26-50     | 34                              | 3,2                       | 81,2           |
| III            | 51-75     | 34                              | 2,8                       | 84,6           |
| IV             | 76-100    | 34                              | 3                         | 83,3           |
| V              | 101-150   | 34                              | 9,1                       | 77,5           |
| VI             | 151-200   | 5                               | 9,1                       | 77,5           |

**Лабораторная работа №3 Изучение популяций.**

**Цель работы:** изучить основные характеристики популяций.

**Теоретическая часть.**

Экология популяций (демэкология) — описывает колебания численности различных видов под воздействием экологических факторов и устанавливает их причины, рассматривает особь не изолированно, а в составе группы таких же особей, занимающих определенную территорию и относящихся к одному виду.

Вся область пространства, занимаемая каким-либо биологическим видом, называется его **ареалом** (от лат. "area" — площадь, пространство). В пределах ареала особи вида расселяются неоднородно. При этом характер их распределения зависит от условий окружающей среды (рельеф местности, структура ландшафта, запасы пищи, убежища распределены неравномерно) и от особенностей взаимодействия самих особей.

В итоге особи обычно образуют в пределах ареала более или менее крупные скопления, в середине которых концентрация организмов максимальна, а по краям достигает минимальных значений. Такие скопления могут быть относительно, а то и полностью изолированными друг от друга, если они разделены природными преградами. Например, условия окружающей среды, подходящие данному виду, могут приходиться не на весь ареал, а лишь на отдельные участки местности в его пределах.

Такие участки будут заселены группами особей данного вида, более или менее изолированными друг от друга. Вот эти сравнительно обособленные, крупные группы особей и называют **популяциями**.

Термин «**популяция**» происходит от латинского слова "**populus**" (народ, население) и заимствован из демографии. Этот термин ввел в экологию в 1903 г. датский биолог **В.Л. Иогансен**. Сначала биологи называли так самые разные группы особей одного вида. Однако к середине XX века понятие популяции у генетиков и экологов специализировалось и приобрело значительные различия.

**Популяция** — это исторически сложившаяся естественная совокупность особей данного вида, связанных между собой определёнными

взаимоотношениями и приспособлением к жизни в условиях определённого района.

Различают географические и экологические популяции.

**Географическая популяция** – это группа особей одного вида, населяющие территории с однородными условиями существования.

**Экологическая популяция** – это группа особей одного вида, находящихся в таких условиях, где любые две могут явновероятно скреститься друг с другом.

Экологическая популяция является подсистемой географической популяции. Каждая популяция имеет определённую структуру: возрастную, пространственную и др. Каждая популяция имеет определённую численность и амплитуду колебаний этой численности.

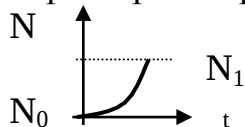
**Численность популяции** – это количество особей данного вида в популяции.

**Плотность популяции** – это численность популяции, отнесённая к единице площади или объёма.

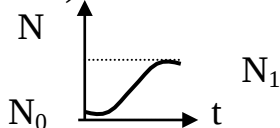
Численность популяции не бывает постоянной, и колеблется в том или ином пределе.

Рассмотрим несколько типов **динамики популяции**:

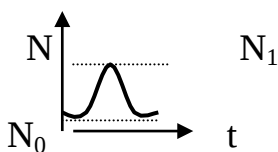
1) Экспоненциальный рост при отсутствии любых ограничивающих факторов. В реальности такой тип динамики существовать не может.



2) Численность популяции переходит с уровня  $N_0$  на  $N_1$ .



3) Экспоненциальный рост, а затем экспоненциальное падение численности.



Все типы динамики делятся на две группы:

- 1) Периодические (осцилляция)
- 2) Непериодические (флуктуация)

Степень внутренней неоднородности популяции проявляется в характере распределения особей в пространстве.

Типовыми являются три типа распределения: **равномерное**, **случайное**, или беспорядочное и **агрегированное**, или пятнистое – при котором особи образуют отдельные группы.

**Равномерное** распределение особей встречается при совпадении двух условий. Во-первых, все ресурсы, полезные для особей данного вида, должны быть рассредоточены в занимаемом пространстве более или менее равномерно. Во-вторых, и сами особи должны активно избегать общества себе подобных, максимально отдаляться от соседей.

**Случайное** распределение наблюдается, если полезные ресурсы распределены беспорядочно, а особи совершенно игнорируют друг друга: то есть, не стремятся ни сблизиться, ни удалиться от соседей.

**Агрегированное** распределение возникает в двух случаях: во-первых, если полезные ресурсы образуют в пространстве отдельные сгущения (области повышенной концентрации); во-вторых, если самим особям выгодно образовывать скопления. При этом агрегации (скопления особей) могут, в свою очередь, распределяться в пространстве по-разному: случайно, равномерно или же создавать агрегации более высокого порядка (скопления скоплений особей).

| Статистические характеристики (в момент времени t)                                                                 |                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Характеристика                                                                                                     | Единица измерения                             |
| Численность: $n_t$ - общее число особей в популяции                                                                | экз.                                          |
| Плотность: $N_t$ - количество особей в единице объема или на единице площади                                       | экз. · м <sup>-2</sup> экз. · м <sup>-3</sup> |
| Биомасса: $B_t$ - суммарная масса особей в единице объема или на единице площади                                   | г · м <sup>-2</sup> г · м <sup>-3</sup>       |
| Средняя масса особи $W_t$ - соотношение биомассы и плотности (характеристика размерно-весовой структуры популяции) | г                                             |
| Соотношение плотности особей разного пола (характеристика половой структуры популяции)                             | -                                             |

К демографическим показателям популяции относятся также **рождаемость** и **смертность**, **возрастная структура популяции**, **колебание численности популяции**.

**Рождаемость** бывает максимальной и экологической.

**Максимальная рождаемость** – это теоретический максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях среды, то есть при отсутствии факторов, сдерживающих процессы размножения.

**Экологическая рождаемость** – это скорость образования новых особей в реальных условиях среды.

**Смертность** – это число особей, погибших в популяции за единицу времени. Смертность меняется в течение жизни популяции. Она высока на ранних стадиях, затем снижается и вновь возрастает к старости. При благоприятных внешних факторах смертность минимальна.

**Возрастная структура популяции** – это распределение численности популяции по возрастным группам. Популяция, включающая в себя много возрастных групп, в меньшей степени подвержена влиянию факторов, влияющих на размножение в конкретном году.

**Колебание численности популяции.** Когда рост популяции завершён, её численность колеблется около более или менее постоянной величины. Эти колебания вызываются сезонными или годовыми изменениями условий жизни, то есть имеют циклический характер.

### Практическая часть

**Задание №1** Изучение динамика численности на примере популяции белки.

Построить график динамики численности белки и гистограмму изменения урожайности кедровой сосны по данным таблицы 1. Совпадают ли кормовые годы с годами массового размножения белки? Каков средний период между сроками массового размножения белки? Можно ли планировать объем заготовки пушнины?

Таблица 1

Величина заготовок маньчжурской белки (в условных единицах) и урожай кедра (в баллах) за 25 последовательных лет

| Последовательность, лет | Величина заготовки | Урожай семян кедра | Последовательность, лет | Величина заготовки | Урожай семян кедра |
|-------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| 1                       | 1,3                | 5                  | 14                      | 28,5               | 1                  |
| 2                       | 31,6               | 4                  | 15                      | 0,6                | 1                  |
| 3                       | 3,7                | 0                  | 16                      | 21,9               | 2                  |
| 4                       | 27,4               | 3                  | 17                      | 21,7               | 3                  |
| 5                       | 25,4               | 2                  | 18                      | 40,6               | 2                  |
| 6                       | 1,7                | 0                  | 19                      | 26,1               | 3                  |
| 7                       | 2,7                | 3                  | 20                      | 61,5               | 0                  |
| 8                       | 36,6               | 1                  | 21                      | 10,4               | 1                  |
| 9                       | 0,6                | 0                  | 22                      | 18,8               | 5                  |
| 10                      | 6,3                | 5                  | 23                      | 144,4              | 3                  |
| 11                      | 94,8               | 1                  | 24                      | 33,2               | 0                  |
| 12                      | 20,7               | 2                  | 25                      | 17,4               | 3                  |
| 13                      | 67,9               | 4                  | -                       | -                  | -                  |

**Задание №2** Рассчитать смертность во время спячки в двух популяциях суслика, в первой из них плотность популяции перед спячкой составляла 160 зверьков/га, выжило 80, а во второй - соответственно 90 и 56. На каком участке

смертность в % выше и почему (при условии, что запас кормов одинаков)?

**Задание №3** На восьми учётных площадках размером 50X50 см каждая обнаружено 80 дождевых червей. После применения гербицида на 10 таких же площадках обнаружили в сумме 25 червей. Какова плотность популяции в расчёте на 1 м<sup>2</sup> до и после применения гербицида?

**Задание №4** В начале сезона было помечено 1000 рыб. В ходе последующего лова в общем вылове из 5000 рыб обнаружилось 350 меченых. Какова была численность популяции перед началом промысла?

$$T/N = R/C, \text{ где}$$

T - общее число меченых особей

C - произвольный вылов

R - число выловленных меченых особей

N — численность популяции

$$N = (T \cdot C) / R$$

**Задание №5** Численность популяции окуня в озере составляет 15632 особи. В ходе лова в сети попало 525 меченых особей. Общий же улов составил 6128 особей. Определите общее число меченых особей.

**Задание №6** Орнитологи поместили 950 ласточек. При отлове через некоторое время к ним попало 412 меченых птиц. Какое количество птиц отловили орнитологи, если численность популяции ласточек составляет 20693 особи.

#### **Лабораторная работа №4 Антропогенные воздействия на природные экосистемы. Оценка качественного состава атмосферы.**

**Цель работы:** изучить методику определения качественного состава атмосферного воздуха.

##### **Теоретическая часть**

Основными компонентами атмосферного воздуха являются азот (78,084%) и кислород (20,946%). На долю остальных газов приходится менее 1%, в том числе аргона - 0,934%, углекислого газа - 0,027%, водорода, неона, гелия, криптона, метана - 0,009%. Плотность воздуха 1,2928 г/л.

Состав воздуха влияет на жизнедеятельность человека, животных и растительность, поэтому попадание в воздух других веществ классифицируется как загрязнение атмосферы.

Чтобы понимать, как происходит загрязнение окружающей среды, необходимо знать классификацию источников загрязнения окружающей среды промышленностью в зависимости от объекта загрязнения: атмосферы, водного бассейна или литосферы.

Атмосфера — это газовая оболочка Земли. Важнейшие климатические и экологические особенности Земли в решающей степени определяются наличием и свойствами атмосферы.

Под загрязнением атмосферы следует понимать изменение ее состава при поступлении примесей естественного или антропогенного происхождения.

Под влиянием промышленных выбросов формируется фоновое техногенное загрязнение атмосферы, которое существенно увеличивается под воздействием трансграничных переносов загрязняющих веществ из стран, соседствующих с Россией.

Вещества-загрязнители атмосферы бывают трех видов: газы, пыль и аэрозоли. Наиболее распространенными загрязняющими веществами атмосферы являются углекислый газ, оксид углерода, диоксиды серы и азота, парниковые газы.

Состав выбросов предприятия различается в зависимости от характера производства и применяемого сырья. При использовании топлива, которое сжигается в котельных, на факелах, в топках печей, в двигателях автомобилей и др., в атмосферу выбрасываются оксид углерода (CO), оксиды азота (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), канцерогенный компонент сажи бенз(а)пирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) и др.

При сжигании серосодержащего топлива выделяются оксиды серы (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>).

Атмосферные загрязнения могут оказывать воздействие на человека и животных. Кислые компоненты атмосферных загрязнений (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), соединяясь с водой, могут выпадать из атмосферы в виде кислотных дождей, закисляя почву и водоемы.

Для предупреждения неблагоприятного воздействия атмосферных загрязнений на человека, животных и растительный мир для всех загрязняющих компонентов установлены предельно допустимые концентрации (ПДК). ПДК - количество вредного вещества в атмосферном воздухе, которое при постоянном воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. Существуют ПДК для воздуха рабочей зоны и для населенных пунктов.

Для населенных пунктов установлено два вида ПДК: максимально-разовая и среднесуточная. Максимально - разовая ПДК учитывает залповые, массовые выбросы в аварийных ситуациях и устанавливается на 20 мин. в сутки. Среднесуточные ПДК учитывают пиковые и наименьшие концентрации атмосферных загрязнений, которые имеют место в течение суток. Эта концентрация представляет собой среднее арифметическое всех проб, отобранных в населенных пунктах в течение суток.

Попадая в атмосферу, загрязняющие вещества в зависимости от химических свойств, молекулярной массы, токсичности ведут себя по-разному. Тяжелые загрязнения (пыль, аэрозоль) под действием силы тяжести постепенно оседают на земную поверхность, загрязняя почву, воду и растительный покров. Газообразные выбросы под действием атмосферных процессов подвергаются рассеиванию, распространяясь на значительные расстояния.

Рассеивание загрязнений зависит от состояния атмосферы. При нормальном состоянии, в ясную солнечную погоду, температура атмосферного

воздуха падает примерно на  $1^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м высоты. За счет этого наряду с горизонтальным рассеиванием загрязняющие вещества вместе с теплыми потоками воздуха поднимаются и рассеиваются в верхних слоях атмосферы.

При резкой смене температур (во время туманов, в безветренную погоду) происходит нарушение нормального состояния атмосферы, возникают так называемые **инверсии**. При этом температура не везде падает с высотой, а на разных высотах могут образоваться более теплые слои воздуха, которые не дают загрязнениям подниматься вверх. В эти периоды вредные вещества прижимаются к земле и создают повышенное загрязнение атмосферного воздуха.

Для того, чтобы при любых метеорологических условиях загрязнение атмосферы не превышало ПДК, для всех предприятий устанавливаются предельно допустимые выбросы (ПДВ). **ПДВ** - это такие выбросы, которые при любых метеорологических условиях не создают в приземном слое концентрации загрязнений, превышающие ПДК.

Для установления ПДВ предприятия должны выявить все источники загрязнения атмосферы и определить качественный и количественный состав выбросов загрязняющих веществ. Количество выбросов может быть определено при помощи инструментальных замеров или расчетным путем. Для большинства источников разработаны методики расчета величины выбросов по различным ингредиентам.

Поскольку большинство технологических процессов предусматривает выбросы в атмосферу воздуха, содержащего вредные вещества, то для уменьшения загрязнения окружающей среды используются различные методы очистки отходящих газов от загрязняющих веществ.

Правовые основы охраны атмосферного воздуха отражены в Законах РФ "Об охране окружающей среды" (2002), "Об охране атмосферного воздуха" (1999).

Важнейшими общими мероприятиями охраны воздушного бассейна являются установление нормативов предельно-допустимых воздействий (ПДК, ПДВ) и платежи за выбросы в атмосферу загрязняющих веществ.

Наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения - экологизация технологических процессов, создание безотходных и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу загрязняющих веществ.

### **Практическая часть**

**Задание №1** Оцените качество воздуха, если известно, что в воздухе одновременно присутствуют диоксид серы концентрацией  $0,022 \text{ мг/м}^3$  и диоксид азота концентрацией  $0,028 \text{ мг/м}^3$ . (см. пример приложение А)

**Задание №2.** Оцените качество воздуха, если известно, что в воздухе одновременно присутствуют пары фенола концентрацией  $0,0018 \text{ мг/м}^3$  и ацетона концентрацией  $0,165 \text{ мг/м}^3$ .

**Задание №3.** Оцените качество воздуха, если известно, что в воздухе одновременно присутствуют диоксид серы концентрацией  $0,021 \text{ мг/м}^3$  и аэрозоль серной кислоты концентрацией  $0,06 \text{ мг/м}^3$ .

**Задание №4.** Оцените качество воздуха, если известно, что в воздухе одновременно присутствуют диоксид серы концентрацией  $0,032 \text{ мг/м}^3$  и никель металлический концентрацией  $0,09 \text{ мкг/м}^3$ .

**Задание №5.** Оцените качество воздуха, если известно, что в воздухе одновременно присутствуют диоксид серы концентрацией  $0,011 \text{ мг/м}^3$ , оксид углерода концентрацией  $0,92 \text{ мг/м}^3$ , диоксид азота концентрацией  $0,022 \text{ мг/м}^3$ , фенол концентрацией  $1,0 \text{ мкг/м}^3$ .

### **Лабораторная работа №5 Антропогенные воздействия на природные экосистемы. Оценка качественного состава воды.**

**Цель работы:** изучить методику определения качественного состава воды в различных водоемах.

#### **Теоретическая часть**

**Гидросфера** — это прерывистая водная оболочка Земли, совокупность океанов, морей, континентальных вод (включая подземные) и ледяных покровов.

Источниками загрязнения гидросферы являются: атмосферные осадки, городские, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды. Следует отметить, что загрязнение водных систем представляет большую опасность, чем загрязнение атмосферы. Это обусловлено тем, что процессы самоочищения протекают в водной среде гораздо медленнее, чем в воздушной.

Качество воды большинства водных объектов не соответствует нормативным требованиям. Наиболее распространенными загрязняющими веществами поверхностных вод являются нефтепродукты, фенолы, органические вещества, соединения металлов, аммонийный и нитратный азот, которые поступают в водные объекты со сточными водами.

**За предельно – допустимую концентрацию (ПДК)** вредных веществ в водных объектах берут совокупность показателей, при которых сохраняются безопасность для здоровья человека и нормальные условия водопользования.

**ПДК** загрязняющего вещества в воде водного объекта – это такая концентрация, при превышении которой вода становится не пригодной для одного или нескольких видов водопользования.

В основе нормирования лежат три критерия вредности:

- а) влияние на общий санитарный режим водного объекта;
- б) влияние на органолептические свойства воды;
- в) влияние на здоровье населения.

**Влияние на общий санитарный режим** оценивается по способности водоема к самоочищению; интенсивности процессов минерализации азотосодержащих соединений; интенсивности развития и отмирания водорослей.

**Органолептические свойства** (окраска, запах, привкус) легко обнаруживаются органами чувств человека и не устраняются обычными методами очистки.

**Влияние на здоровье** выявляется длительными экспериментами на животных.

ПДК устанавливается по наиболее значимому (**лимитирующему**) **показателю вредности (ЛПВ)**, воздействие которого проявляется при меньшей концентрации.

Различают: **общесанитарный, санитарно - токсикологический и токсикологический** показатели вредности, а для водоемов рыбохозяйственного значения еще и **рыбохозяйственный**.

**Рыбохозяйственный показатель вредности** - это такая концентрация вредного вещества, при постоянном присутствии которой водоем остается практически чистым:

- 1) в нем не зарегистрированы случаи гибели рыб и их кормовых организмов;
- 2) не наблюдается постоянного исчезновения тех или иных видов рыб;
- 3) не происходит порчи товарного качества рыбы;
- 4) не отмечаются условия, способные в определенные сезоны привести к гибели рыбы.

Как правило, водоем загрязняется несколькими ингредиентами. Поэтому оценивается комбинированное воздействие загрязняющих веществ, относящихся к одной группе по лимитирующему показателю вредности (ЛПВ). Для всех веществ при рыбохозяйственном использовании и для веществ 1 и 2 классов опасности при хозяйственно-питьевом и культурно-бытовом водопользовании сумма отношений концентраций загрязняющих веществ в контрольном створе ( $C_{к.ст.}$ ) к их ПДК должна быть меньше или равна единице (см. приложение).

#### **Показатели качества воды.**

Основными показателями качества воды различных источников являются: **физические, химические, биологические и бактериологические**.

**К физическим показателям** относятся:

- **содержание взвешенных веществ** (частиц песка, ила, планктона), которые определяются взвешиванием осадка после его выпаривания, (мг/л);
- **цветность (окраска)** оценивается в условных единицах;
- **вкус и запах** оцениваются в баллах (органолептически) либо по порогу разбавления.

**Химические показатели условно делятся на пять групп:** главные ионы, растворенные газы, биогенные вещества, микроэлементы и органические вещества.

**Главные ионы.** В природных водах наиболее распространены **анионы:**  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HSiO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ; **катионы:**  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ .

Содержание в воде растворимых солей **кальция и магния** характеризует ее **жесткость**. Различают жесткость **карбонатную** ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ) и **некарбонатную** ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ).

**Растворенные газы:**  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др.

**Содержание кислорода** в воде определяется поступлением его из воздуха и образованием в результате фотосинтеза. Растворимость кислорода зависит от температуры воды: чем ниже температура, тем его меньше.

**$\text{CO}_2$**  в воде находится как в растворенном виде, так и в виде уголекислоты. Основными источниками уголекислого газа являются процессы распада биохимических веществ.

**$\text{H}_2\text{S}$**  бывает органического (продукт распада) и неорганического (растворение минеральных солей) происхождения. Сероводород придает воде неприятный запах и вызывает коррозию металла.

**Биогенные вещества**, необходимые для жизнедеятельности водных организмов, образуются в процессе обмена веществ (**соединения азота и фосфора**).

**Микроэлементы** - элементы, содержание которых в воде менее одного мг/л. Наиболее важными для человека являются йод и фтор.

**Органические вещества** присутствуют в виде гуминовых соединений, образующихся при разложении растительных остатков и органических соединений, поступающих со стоками. Их определяют показателями: **ХПК (химическое потребление кислорода)** и **БПК (биологическое потребление кислорода)**. **ХПК** (мг/л) – это количество кислорода, которое идет на окисление органики химическим путем в присутствии катализатора (сульфата серебра или бихромата калия). **БПК** (мг/л) – это количество кислорода, которое идет на окисление органики естественным путем (биологическое окисление веществ).

**Биологические показатели** характеризуются наличием в воде гидробионтов и гидрофлоры.

**Гидробионты** - обитатели водоема от дна до поверхности.

**Гидрофлора** - водная растительность (**макро - и микрофиты**). **Макрофиты** - высшая форма растительности. **Микрофиты** - водоросли. При отмирании макрофитов вода обогащается органическими веществами, ухудшающими органолептические показатели. Микрофиты продуцируют кислород.

**Бактериологические показатели** - присутствие болезнетворных микроорганизмов (кишечной палочки). Содержание бактерий группы кишечной палочки в 1 литре воды определяет ее **коли-индекс**. Наименьший объем воды (мл), приходящийся на 1 кишечную палочку, называется **колититром**.

**Активная реакция pH.** pH – числовое выражение относительной кислотности и щелочности раствора, измеряемое по шкале от 0 до 14. Это отрицательный логарифм концентрации ионов водорода в растворе.

Требования к качеству воды зависят от цели ее использования.

Нормы качества поверхностных вод устанавливаются для водных объектов **хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбохозяйственного** использования(см.приложение).

**К хозяйственно-питьевому** относится использование водных объектов для бытовых целей и предприятий пищевой промышленности.

**Коммунально-бытовое** водопользование - использование водных объектов для купания, спорта и отдыха населения.

**Рыбохозяйственные** водотоки и водоемы используются для воспроизводства, промысла и миграции рыб, беспозвоночных и водных млекопитающих. Основными требованиями являются: выживаемость, воспроизводство, темпы роста, отсутствие неприятного привкуса и запаха, отсутствие токсикантов и возбудителей болезней в рыбах и других водных организмах.

**Условия сброса сточных вод в водные объекты** регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами». Они учитывают категорию водного объекта и распространяются на проектируемые, реконструируемые, расширяющиеся и действующие предприятия. «Водный объект» - это обобщающее название различных водоприемников сточных вод: водоем (озеро, пруд и т.д.), водоток (река, ручей и т.д.).

При определении условий сброса сточных вод в водный объект, в первую очередь, рассматриваются следующие возможности:

1) совершенствование технологии производства, направленное на сокращение водопотребления и сброса сточных вод в водный объект (вплоть до его устранения); использование сточных вод в системах оборотного водоснабжения, а также уменьшение степени загрязнения сточных вод;

2) использование очищенных и обезвреженных городских сточных вод в технологическом водоснабжении предприятий;

3) использование сточных вод данного предприятия для технического водоснабжения других предприятий;

4) совместная очистка и обезвреживание сточных вод данного предприятия со сточными водами других предприятий и с городскими сточными водами;

5) самостоятельная очистка и отведение сточных вод.

**Сброс сточных вод не допускается:**

1) при размещении предприятия на маломощном водном объекте, когда возможность разбавления в нем сточных вод и его самоочищение ограничены;

2) при наличии в сточных водах высокотоксичных веществ, ПДК которых в водном объекте чрезвычайно низки;

3) когда на водном объекте расположены другие предприятия, создающие в нем высокий уровень загрязнения.

Показателем безопасной величины сбрасываемых стоков является предельно-допустимый сброс загрязняющего вещества в водный объект (ПДС).

Современный уровень очистки сточных вод остается достаточно низким, и во многих водных объектах концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК, установленные санитарными и рыбоохранными правилами.

Охрана водных ресурсов. Водный кодекс Российской Федерации регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов. Правовые нормы направлены на рациональное использование вод и их охрану от загрязнения, засорения и истощения.

### **Практическая часть**

**Задание №1** Оцените качество воды на водоеме хозяйственно-бытового назначения, если известно, что проба воды содержит аммиак концентрацией 0,9 мг/л, ртуть концентрацией 0,042 мг/л. (см. пример приложение В)

**Задание №2** Оцените качество воды в водоеме культурно-бытового назначения, если известно, что проба воды содержит бром концентрацией 0,16 мг/л и мышьяк концентрацией 9,9 мг/м<sup>3</sup>.

**Задание №3** Оцените качество воды в водоеме культурно-бытового назначения, если известно, что проба воды содержит ДДТ концентрацией 0,066 мг/л и фреон-12 концентрацией 3,41 г/м<sup>3</sup>.

**Задание №4** Оцените качество воды в водоеме рыбохозяйственного назначения, если известно, что проба воды содержит аммиак концентрацией 0,032 мг/л и бензол концентрацией 0,318 мг/л.

**Задание №5** Оцените качество воды в водоеме рыбохозяйственного назначения, если известно, что проба воды содержит нефть многосернистую концентрацией 0,032 мг/л и фенол концентрацией 0,28 мкг/л.

### **Лабораторная работа №6. Антропогенные воздействия на литосферу. Оценка качественного состава литосферы.**

**Цель работы:** изучить методику определения содержания некоторых экотоксикантов.

#### **Теоретическая часть.**

**Литосфера** — верхняя твердая оболочка Земли постепенно с глубиной переходящая в сферы с меньшей плотностью вещества. И хотя человек практически не воздействует на литосферу в целом, верхние горизонты земной коры подвергаются сильной трансформации. Больше всего в результате антропогенной деятельности изменяется самый верхний, поверхностный горизонт литосферы в пределах суши — почва.

Почвенный покров — важнейшее природное образование. Ее роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой источник продовольствия, обеспечивающий 95-97% продовольственных ресурсов для населения планеты. Особое свойство почвенного покрова — его плодородие, под которым понимается совокупность свойств почвы, обеспечивающих урожай сельскохозяйственных культур.

Источниками загрязнения литосферы являются жилые дома и бытовые предприятия, сельское хозяйство, теплоэнергетика, транспорт, промышленные предприятия. Следует обратить внимание на тот факт, что при загрязнении почв самоочищение практически не происходит, или происходит очень медленно. В таком случае токсичные вещества накапливаются, что способствует постепенному изменению химического состава почв, нарушению единства геохимической среды и живых организмов. Попадающие в почву загрязняющие вещества вызывают гибель живых организмов, которые вырабатывают гумус, соответственно снижается плодородие почв. Состояние земель, находящихся в сфере хозяйственной деятельности, неудовлетворительно и постоянно ухудшается: продолжается развитие таких процессов, как засоление и подтопление земель, загрязнение токсичными отходами.

Охрана земельных ресурсов. Охрана земель регулируется Законом Российской Федерации "О недрах" (1992). Он устанавливает правовые отношения при изучении, использовании и охране недр. К числу экологических нарушений, затрагивающих недра как часть природной среды, Закон в первую очередь относит их загрязнение.

Изучая антропогенные воздействия на литосферу, нельзя не уделить внимание *проблеме накопления отходов*.

**Отходы.** По мере развития современного производства с его масштабностью и темпами роста все большую актуальность приобретает проблема отходов. Отходы относятся к материальным объектам, которые могут обладать высокой потенциальной опасностью для окружающей среды и здоровья человека. Изучая тему "отходы", студенты должны узнать о существовании таких понятий, как: *отходы производства и потребления, твердые бытовые отходы, токсичные и опасные отходы*.

*Отходы производства* - это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов химических соединений, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ (услуг) и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства.

*Отходы потребления* — изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате морального или физического износа. Практически все отходы являются вторичными материальными ресурсами, которые в настоящее время могут повторно использоваться в производстве.

*Твердые бытовые отходы (ТБО)* — совокупность твердых веществ (пластмасса, бумага, стекло, кожа и др.) и пищевых отходов, образующихся в бытовых условиях. Жидкие бытовые отходы представлены в основном сточными водами хозяйственно-бытового назначения, газообразные — выбросами различных газов.

При изучении данного раздела следует уделить внимание проблеме накопления и утилизации отходов. В настоящее время в мире существует семь

наиболее распространенных способов обработки твердых бытовых отходов (ТБО):

1. *Открытые свалки* — неконтролируемый сброс отходов без уплотнения, изоляции, чаще всего "диким" способом; это наиболее низкий и неприемлемый способ хранения ТБО.

2. *Закрытые свалки* — в настоящее время самый распространенный, организованный метод обезвреживания, позволяющий обрабатывать большие объёмы ТБО при относительно малом воздействии на окружающую природную среду (исключает попадание фильтрата в подземные горизонты, горение, пожары).

3. *Полигоны ТБО* — более современный способ обработки отходов, совмещающий достоинства предыдущего; но при этом способе обработки утилизируется "биогаз" — метан (55-60%), образующийся в теле полигона вследствие анаэробной биодеструкции органических веществ. К сожалению, такой способ пока не применяется.

Все три перечисленных метода обработки ТБО рассчитаны на длительное (более 100 лет) отторжение площадей. Поэтому их нельзя назвать перспективными: отходы не включаются в малые и большие круговороты вещества и энергии и, следовательно, ведут к дополнительной антропогенной нагрузке на окружающую природную среду, снижению ее экологической устойчивости.

4. *Компостирование* — биохимический процесс обезвреживания ТБО. Эту технологию используют на мусороперерабатывающих заводах, поэтому для осуществления этого процесса не требуется дополнительных площадей. В результате компостирования получают биотопливо и компост, который применяется в сельском хозяйстве и качестве удобрения.

5. *Прессование* — принудительное разделение ТБО на твердые и жидкие компоненты с последующей их переработкой под давлением 80 МПа. Получаемый при этом твердый материал имеет плотность 1000 кг/м<sup>3</sup> и используется для строительства дорог, жидкая фаза подвергается компостированию.

6. *Пиролиз* — нагрев ТБО до 600—800 °С в условиях дефицита кислорода, что приводит к термическому разложению и обезвреживанию органической части и получению горючих газов, угля. К сожалению, отечественного практического опыта прессования и пиролиза ТБО нет.

7. *Сжигание* — неприемлемый в настоящее время способ. Используется на мусоросжигательных заводах. Сжигание ТБО, имеющих в зависимости от морфологического состава и влажности теплотворную способность 800—2000 ккал/кг, целесообразно в случае комплексного использования образующегося тепла для выработки тепловой или электрической энергии, для защиты атмосферы от газов и твердых выбросов, для утилизации образующегося шлака (до 20 %), содержащего потенциальные источники загрязнения (тяжелые металлы).

Токсичные отходы направляются на *переработку, обезвреживание, складирование* и др. Отходы, не подлежащие использованию и переработке, идут на *захоронение*. Под полигонами для захоронения отходов в России занята площадь около 15 тысяч га. Недостаточное количество полигоном приводит к росту несанкционированных свалок, на которых отходы разлагаются, часто происходит их возгорание и образующийся при этом специфический запах распространяется на большие расстояния.

Закон Российской Федерации "Об отходах производства и потребления" (1998) определяет правовые основы образования отходов и в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду и 'экономии природных ресурсов за счет максимально возможного вторичного вовлечения отходов в хозяйственный оборот.

### **Практическая часть.**

**Задание 1.** При сжигании угля на ТЭЦ и на мусоросжигательном заводе с золой происходит значительный выброс тяжелых металлов (ТМ) (табл. 3). Используя исходные данные (табл.1), оцените суммарную эмиссию токсикантов по трем классам опасности (табл. 2) за расчетный период.

*Указания к выполнению*

1. Рассчитайте количество токсикантов (кг) по группам опасности при работе ТЭЦ:  $M_{1i} = 30 \cdot q_{1i} \cdot m_1 \cdot t$  где  $q_{1i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;  $m_1$  - расход угля на ТЭЦ, т/сут;  $t$  - расчетный период, мес.

2. Рассчитайте количество токсикантов (кг) по группам опасности при работе мусоросжигательного завода:  $M_{2i} = 30 \cdot q_{2i} \cdot m_2 \cdot t$ , где  $q_{2i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;  $m_2$  - масса сжигаемого мусора, т/сут;  $t$  - расчетный период, мес.

3. Определите количество образовавшихся за год при сжигании мусора шлаков, если известно, что из 3,5 т мусора получается 1 т шлаков. Количество дней работы мусоросжигательного завода – 320. Сделайте выводы.

**Задание 2.** В сертифицированной лаборатории, определяющей качество продуктов питания, получены данные по содержанию тяжелых металлов в пересчете на 100 г навески (табл.4). Охарактеризуйте наличие ТМ с точки зрения допустимости употребления продуктов человеком, используя сведения о ПДК (табл. 5).

1. Обратите внимание на то, что значения ПДК приведены в пересчете на кг продукта.

2. Превышение значений ПДК даже по одному из элементов является основанием для признания продуктов бракованными.

Таблица 1

## Варианты исходных данных для задания 1

| Исходные данные                                 | Варианты |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                                 | 1        | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| Расчетный период t, мес.                        | 6        | 5   | 6   | 5   | 4   | 6   | 3   | 5   | 6   |
| Расход угля ТЭЦ, тыс. т/сут.                    | 7        | 6,5 | 5   | 5,5 | 6   | 7,5 | 7   | 5,5 | 6   |
| Масса сжигаемого мусора m <sub>1</sub> , т/сут. | 1,8      | 2,0 | 1,5 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 1,8 | 1,5 | 1,4 |

Таблица 2

## Распределение некоторых химических веществ по классам опасности

| Класс опасности | Химическое вещество                                            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|
| I               | Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен |
| II              | Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром             |
| III             | Барий ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетон            |

Таблица 3

## Удельный выброс тяжелых металлов с золой при сжигании угля на ТЭЦ и мусора, мг/кг топлива

| Металл   | Мусоросжигательный завод | Угольная электростанция |
|----------|--------------------------|-------------------------|
| Мышьяк   | 18                       | 490                     |
| Барий    | 2100                     | 1900                    |
| Бериллий | 4                        | 30                      |
| Кадмий   | 500                      | 30                      |
| Хром     | 650                      | 370                     |
| Кобальт  | 140                      | 40                      |
| Медь     | 1450                     | 300                     |
| Свинец   | 20000                    | 2100                    |
| Ртуть    | 130                      | 2                       |
| Стронций | 290                      | 1800                    |
| Ванадий  | 160                      | 850                     |
| Цинк     | 48000                    | 2800                    |

Таблица 4

## Варианты исходных данных для задания 2

| Токсиканты, мг  | Варианты    |       |       |         |        |              |      |       |                 |
|-----------------|-------------|-------|-------|---------|--------|--------------|------|-------|-----------------|
|                 | 1           | 2     | 3     | 4       | 5      | 6            | 7    | 8     | 9               |
| Pb              | 0,05        | 0,02  | 0,05  | 0,02    | 0,01   | 0,03         | 0,8  | 0,03  | 0,07            |
| Cd              | 0,01        | 0,005 | 0,01  | 0,05    | 0,002  | 0,001        | 0,3  | 0,004 | 0,01            |
| As              | 0,4         | 0,01  | 0,06  | 0,06    | 0,008  | 0,01         | 0,05 | 0,008 | 0,005           |
| Hg              | 0,1         | 0,001 | 0,002 | 0,04    | 0,005  | 0,001        | 0,05 | 0,002 | 0,003           |
| Cu              | 0,7         | 0,8   | 0,05  | 6       | 0,07   | 0,4          | 25   | 0,3   | 1               |
| Zn              | 3           | 3     | 0,2   | 10      | 5      | 0,8          | 15   | 5     | 10              |
| Продукт питания | рыба морск. | крупа | сахар | шоколад | молоко | овощи свежие | чай  | мясо  | колбаса вареная |

Таблица 5. ПДК ТМ в сырье и продуктах, мг/кг.

| Пищевые продукты                                        | Свинец | Кадмий | Мышьяк | Ртуть | Медь | Цинк |
|---------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|------|------|
| <i>Хлебобулочные и кондитерские изделия</i>             |        |        |        |       |      |      |
| Зерновые                                                | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,03  | 10   | 50   |
| Зернобобовые                                            | 0,5    | 0,1    | 0,3    | 0,02  | 10   | 50   |
| Крупы                                                   | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,03  | 10   | 50   |
| Мука, кондитерские изделия                              | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,02  | 10   | 50   |
| Хлеб                                                    | 0,3    | 0,05   | 0,1    | 0,01  | 5    | 25   |
| Бараночные и сухарные изделия                           | 0,5    | 0,1    | 0,2    | 0,02  | 10   | 30   |
| Отруби пшеничные                                        | 1      | 0,1    | 0,2    | 0,03  | 20   | 130  |
| Соль поваренная                                         | 2      | 0,1    | 1      | 0,01  | 3    | 10   |
| Крахмал                                                 | 0,5    | 0,1    | 0,1    | 0,02  | 10   | 30   |
| Сахар-песок                                             | 1      | 0,05   | 0,5    | 0,01  | 1    | 3    |
| Пектин                                                  | 1      | 0,1    | 0,5    | 0,1   | 10   | 30   |
| Желатин                                                 | 2      | 0,03   | 1      | 0,05  | 15   | 100  |
| Орехи (ядро)                                            | 0,5    | 0,1    | 0,3    | 0,03  | 20   | 50   |
| Конфеты                                                 | 1      | 0,1    | 0,5    | 0,01  | 15   | 30   |
| Какао-порошок и шоколад                                 | 1      | 0,5    | 1      | 0,1   | 50   | 70   |
| Печенье                                                 | 0,5    | 0,1    | 0,3    | 0,02  | 10   | 30   |
| <i>Молочные изделия</i>                                 |        |        |        |       |      |      |
| Молоко, кисломолочные изделия                           | 0,05   | 0,03   | 0,05   | 0,05  | 1    | 5    |
| Молоко консервированное                                 | 0,3    | 0,1    | 0,15   | 0,015 | 3    | 15   |
| Молоко сухое                                            | 0,05   | 0,03   | 0,05   | 0,005 | 1    | 5    |
| Сыры, творог                                            | 0,3    | 0,2    | 0,2    | 0,03  | 4    | 50   |
| Масло сливочное, жиры животные                          | 0,1    | 0,03   | 0,1    | 0,03  | 0,5  | 5    |
| Казеин                                                  | 0,3    | 0,2    |        |       | 4    | 50   |
| <i>Растительные продукты</i>                            |        |        |        |       |      |      |
| Масло растительное                                      | 0,1    | 0,05   | 0,1    | 0,05  | 1    | 5    |
| Маргарин и кулинарные жиры                              | 0,1    | 0,05   | 0,1    | 0,05  | 5    | 10   |
| Овощи свежие                                            | 0,5    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Фрукты, ягоды                                           | 0,4    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 10   | 10   |
| Грибы                                                   | 0,5    | 0,1    | 0,5    | 0,05  |      | 20   |
| Чай                                                     | 10     | 1      | 1      | 0,1   | 100  | 10   |
| Консервы овощные в стеклянной таре                      | 0,5    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Консервы овощные в металлической таре                   | 1      | 0,05   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Консервы фруктовые, ягодные и соки в стеклянной таре    | 0,4    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Консервы фруктовые, ягодные и соки в металлической таре | 1      | 0,05   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |
| Овощи сушеные                                           | 0,5    | 0,03   | 0,2    | 0,02  | 5    | 10   |

|                                                                                  |     |      |     |      |    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|------|-----|------|----|-----|
| Фрукты и ягоды сушеные                                                           | 0,4 | 0,03 | 0,2 | 0,02 | 5  | 10  |
| Специи и пряности                                                                | 5   | 0,2  | 5   |      |    |     |
| <i>Мясные продукты</i>                                                           |     |      |     |      |    |     |
| Мясо и птица (свежие и мороженые)                                                | 0,5 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Колбасы вареные                                                                  | 0,5 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Консервы из мяса и птицы в стеклянной, алюминиевой и цельнотянутой жестяной таре | 0,5 | 0,05 | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Консервы из мяса и птицы в сборной жестяной таре                                 | 2   | 0,1  | 0,1 | 0,03 | 5  | 70  |
| Почки и продукты их переработки                                                  | 1   | 1    | 1   | 0,2  | 20 | 100 |
| Яйца                                                                             | 0,3 | 0,01 | 0,1 | 0,02 | 3  | 50  |
| Яичный порошок                                                                   | 3   | 0,1  | 0,5 | 0,1  | 15 | 200 |
| <i>Рыбные продукты</i>                                                           |     |      |     |      |    |     |
| Рыба свежая и мороженая пресноводная:                                            |     |      |     |      |    |     |
| Хищная                                                                           | 1   | 0,2  | 1   | 0,6  | 10 | 40  |
| Нехищная                                                                         | 1   | 0,2  | 1   | 0,3  | 10 | 40  |
| Рыба свежая и мороженая морская                                                  | 1   | 0,2  | 5   | 0,4  | 10 | 40  |
| Рыба тунцовая свежая                                                             | 2   | 0,2  | 5   | 0,7  | 10 | 40  |
| Рыба консервированная в стеклянной таре:                                         |     |      |     |      |    |     |
| пресноводная                                                                     | 1   | 0,2  | 1   | 0,3  | 10 | 40  |
| Морская                                                                          | 1   | 0,2  | 5   | 0,4  | 10 | 40  |
| Тунцовая                                                                         | 2   | 0,2  | 5   | 0,7  | 10 | 40  |

## Лабораторная работа №7 Окружающая среда и здоровье человека.

**Цель работы:** ознакомиться с различными видами загрязнения окружающей человека среды; изучить влияние отдельных загрязнителей на здоровье человека; установить источники поступления в окружающую среду данных загрязнителей.

### Теоретическая часть.

**Окружающая среда** - это совокупность природных и антропогенных факторов. Влияние последних на природу (загрязнения, технические преобразования и разрушения природных экосистем, истощение природных ресурсов, глобальные климатические воздействия, эстетические нарушения) стало основным и решающим в современной и будущей жизни на Земле. Человек создал новую сферу своего обитания - техносферу, которая вытесняет природные экосистемы и занимает все больше объема биосферы.

**Здоровье** - это объективное состояние и субъективное чувство полного физического, психического и социального благополучия индивида (формулировка Всемирной организации здравоохранения - ВОЗ).

Общественное здоровье и общая продолжительность жизни определяются биологическими (наследственность), природными и социальными факторами. Здоровье создается и поддерживается в повседневной жизни благодаря людям и среде обитания.

Основными показателями общественного здоровья являются:

- 1) заболеваемость (распространенность, частота новых случаев);
- 2) смертность и ее производная - ожидаемая средняя продолжительность жизни;
- 3) нетрудоспособность (временная, стойкая);
- 4) физическое развитие.

Здоровье профессиональное - способность человеческого организма сохранять компенсаторные и защитные свойства, обеспечивающие работоспособность в условиях протекания профессиональной деятельности.

### **Классификация антропогенных загрязнений окружающей среды**

**Загрязнением** считается привнесение в какую-либо среду новых, не характерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение естественного среднесуточного уровня этих агентов в среде.

Из всех **антропогенных** воздействий именно загрязнения наиболее существенно разрушают природу, приводят как к необратимому изменению отдельных экосистем и биосферы в целом, так и к потере материальных ценностей, энергии и труда, затраченного человеком.

Загрязнения могут быть и **естественными**, возникающими в результате мощных природных процессов (извержения вулканов с огромными по массе выбросами пыли, пепла, газов, пара и т.д.; лесные и степные пожары; наводнения; пылевые и песчаные бури и т.п.).

Все загрязнения подразделяют на четыре основные группы:  
*физическое, химическое, биологическое и эстетическое.*

**Физическое загрязнение** связано с изменением физических параметров внешней среды:

- тепловое загрязнение - это изменение режима температуры какой-либо среды (источники в городе: подземные трубопроводы, теплотрассы);
- световое загрязнение - это нарушение естественного режима освещенности в том или ином месте в результате воздействия искусственных источников света, приводящее к аномалиям в жизни животных и растений;
- шумовое загрязнение - это увеличение интенсивности и повторяемости шума сверх природного уровня (20 - 30 дБ);
- электромагнитное загрязнение - изменение электромагнитных свойств среды, приводящее к местным и глобальным геофизическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах (источники: линии электропередач, мощные электроустановки, компьютеры, радиотелефоны); при длительном воздействии электромагнитных полей

даже у здоровых людей отмечаются утомляемость, головные боли;  
- радиоактивное загрязнение - превышение естественного уровня содержания радиоактивных веществ в окружающей среде.

**Биологическое загрязнение** - случайное или связанное с деятельностью человека проникновение в техногенные и природные экосистемы чуждых им растений, животных или микроорганизмов, а также продуктов их жизнедеятельности.

Биологическое загрязнение может быть не менее опасным, чем другие виды загрязнений. Например, эпидемии таких болезней, возбудителями которых являются микроорганизмы - бактерии, вирусы (*микробиологическое загрязнение*). Недостаточно очищенные и обезвреженные бытовые сточные воды содержат большой комплекс

патогенных микроорганизмов, вызывающих кожные, кишечные заболевания (холера, брюшной тиф, сальмонеллез, гепатит и др.). В почве обитают в основном возбудители столбняка, ботулизма, сибирской язвы- споровые микроорганизмы. Источниками и разносчиками возбудителей особо опасных инфекций (бешенство, чума, туляремия) являются грызуны.

Возможно загрязнение окружающей среды в результате деятельности предприятий микробиологической промышленности (изготовление антибиотиков, ферментов, вакцин, биоконцентратов и т.д.).

В ряде случаев случайно интродуцированные (переселенные) в новые экосистемы животные или растения (*макробиологическое загрязнение*) могут приносить большой ущерб хозяйству.

**Эстетическое загрязнение** - это связанное с деятельностью человека преднамеренное или случайное изменение визуальных доминант (образов) природных или антропогенных ландшафтов.

**Химическое загрязнение** - это увеличение концентраций выше обычной нормы тех или иных химических компонентов в определенной среде или проникновение в нее чуждых веществ. Именно этот вид загрязнения является наиболее опасным для природных экосистем и качества жизни человека в связи с тем, что он поставляет в окружающую среду различные токсиканты. Загрязняющим может быть любое вещество или соединение, находящееся в составе воздуха, воды, почвы. Вещества, входящие в состав окружающей среды, называются **ингредиентами**.

Отрицательные влияния изменения качества внешней химической среды на метаболизм (обмен веществ) живых организмов в последнее время получили название "**экологических ловушек**". В качестве примера такой ловушки можно привести воздействие **метилртути** (образуется в воде из Hg микробиологическим путем) на физиологические процессы в организме человека (болезнь "Минамата"), а также влияние на организм некоторых **пестицидов** - средств защиты растений (от лат. пестис - зараза, циде - убиваю).

Перечень "экологических ловушек" можно дополнить примером с **нитратами**, широко использующихся в качестве удобрений (соли азотной

кислоты) в сельском хозяйстве. Интенсивное поступление нитратов в растения приводит к тому, что они не полностью включаются в обменные процессы и накапливаются в листьях, стеблях и корнях, причем избыток частично восстанавливается до аммиака.

Непосредственно для растений избыток нитратов опасности не представляет, но при попадании в организм теплокровных с пищей они превращаются в значительно более токсичные нитриты, вступающие во взаимодействие с аминами и амидами (продуктами взаимодействия аммиака с радикалами или металлами). В результате возможно образование нитрозосоединений - нитрозаминов и нитрозамидов. Накопление в организме человека нитратов при длительном употреблении такой растительной пищи вызывает тяжелые нарушения обмена веществ, аллергию, нервные расстройства. В крови нитраты превращают двухвалентное железо гемоглобина в трехвалентное, что нарушает перенос кислорода от легких к тканям. Что касается нитрозосоединений, то в ряде случаев они способны вызывать злокачественные новообразования, рак желудка, лейкоз. Поступление нитратов в организм в дозе более 5 мг на 1 кг массы тела уже является опасным.

Другим примером "экологической ловушки" являются **радионуклиды**, которые содержатся в радиоактивных отходах атомной энергетики или образуются в результате ядерных испытаний. Это изотопы элементов, которые способны к ионизирующему излучению (альфа, бета, гамма и рентгеновское).

Особенно опасными являются **диоксины**, которые называют суперэкоотоксикантами в силу их чрезвычайно высокой токсичности и биологической активности. Диоксины - это группа веществ, которая включает дибензо-1,4-диоксины (ПХДД), дибензофураны (ПХДФ) и бифенилы (ПХБФ). В эту группу входят сотни хлор-, бром- и хлорброморганических циклических эфиров. Диоксины образуются во многих технологических процессах: от целлюлозно-бумажного, металлургического и других производств до биологической очистки сточных вод и хлорирования питьевой воды, сжигания отходов, сгорания топлива в двигателях. Эти вещества по своей токсичности превосходят соединения тяжелых металлов, хлорорганические пестициды (ДДТ, гексахлоран и пр.), а по канцерогенности - ароматический углеводород бенз(а)пирен.

Диоксины способны накапливаться в организме, являясь причиной многих тяжелых заболеваний и вызывая острые и хронические отравления и перерождения кожи и слизистых оболочек, нарушений в развитии плода у женщин, разрушения печени, злокачественных новообразований. Они также могут быть причиной иммунодефицита, и в этом смысле их иногда сравнивают с вирусом СПИД.

**Кадмий как токсикант окружающей среды.** Из тяжелых металлов кадмий является самым опасным токсикантом среды (например, он значительно токсичнее свинца). Он содержится в мазуте и дизельном топливе (и освобождается при его сжигании!), его используют в качестве присадки к

сплавам, при нанесении гальванических покрытий (кадмирование неблагородных металлов), для получения кадмиевых пигментов, нужных при производстве лаков, эмалей и керамики, в качестве стабилизаторов для пластмасс (например, поливинилхлорида), в электрических батареях и т.д. В организм человека больше всего кадмия попадает с растительной пищей и грибами. Хроническое отравление кадмием может произойти очень легко, так как он выводится из организма человека очень медленно (0,1 % в сутки) и накапливается в первую очередь в почках, волосах. Ранние симптомы отравления кадмием: поражение почек и нервной системы, нарушение функций половых органов, легких. Кроме того, предполагается канцерогенное действие кадмия.

**Цинк как токсикант окружающей среды.** В небольших количествах тяжелый металл цинк необходим для жизнедеятельности человека, является микроэлементом (5 - 15 мг в сут.). Однако увеличение его содержания значительно выше нормы вызывает токсический эффект и представляет угрозу для здоровья. Кроме того, Zn обладает каталитическим действием, повышая токсический эффект других тяжелых металлов.

Цинк необходим морскому планктону для его роста, однако из-за загрязнения морей металлами концентрация цинка в воде заметно возросла. В норме в литре морской воды должно содержаться менее 5 мкг Zn. Между тем, в некоторых прибрежных водах у Британских островов было найдено значительно более высокое содержание цинка - вплоть до 46 мкг/л. В такой концентрации цинк подавляет фотосинтез всех планктонных растительных организмов. А так как планктон служит начальным звеном пищевой цепи и главным пищевым ресурсом для многих видов рыб, то подавление фотосинтеза (синтез крахмала и сахара в зеленых растениях с помощью солнечной энергии) может иметь далеко идущие последствия.

**Свинец как токсикант окружающей среды.** Тяжелый металл свинец имеет особое значение вследствие высокой токсичности его соединений. Свинец ингибирует ферментативные реакции, вступая в химическое взаимодействие с белками и осаждая их. В организме свинец накапливается во многих органах и тканях: в костях, мышцах, печени, почках, селезенке, головном мозге, сердце и лимфатических узлах. Признаки свинцовой интоксикации: резкие спазмы сосудов, повышение артериального давления, судорожные припадки.

В окружающую среду свинец поступает при сжигании нефти и бензина. Автомобильные выхлопы дают около 50 % общего неорганического свинца, попадающего в организм человека. Другим важным источником поступления свинца в окружающую среду является производство черных и цветных металлов, горнодобывающая промышленность.

Для человека главная угроза со стороны **фтора как токсиканта окружающей среды** заключается в следующем. Дело в том, что в результате применения хлорированных или фторированных углеводородов (фреонов) в

качестве хладагентов и газов - вытеснителей в холодильниках и аэрозольных баллонах, они попадают в атмосферу. Будучи весьма устойчивыми соединениями, они могут подниматься в стратосферу и расщепляться там под действием УФ-излучения Солнца. Образующиеся при этом радикалы легко вступают в реакции с озоном, что может привести к разрушению слоя озона, а значит к возрастанию заболеваемости раком кожи, так как слой озона надежно защищает нас от ультрафиолетового излучения Солнца.

**СО и СО<sub>2</sub> в воздухе.** СО образуется при неполном сгорании углеродистых веществ. Источники СО - выхлопные газы автомобильных двигателей и промышленные газовые выбросы.

СО (угарный газ) воздействует на психические функции и поведение человека и животных, вызывает удушье (вступает в реакции с гемоглобином крови).

Еще больше внимания обращается на антропогенное увеличение концентрации двуокси углерода (СО<sub>2</sub>) в атмосфере ввиду ее несомненного значения для теплового режима Земли и для всей органической жизни.

Установлено, что на протяжении трех последних десятилетий количество СО<sub>2</sub> в атмосфере возросло примерно на полпроцента в год. За тот же период времени средние температуры в мире, несмотря на бурное развитие промышленности, снизились приблизительно на 10<sup>0</sup>С.

**SO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub> в воздухе.** При сжигании ископаемого топлива и при обработке серосодержащих руд диоксид серы улетучивается в воздух. Из SO<sub>2</sub> и влаги воздуха в конечном счете образуется серная кислота, составляющая около 60 % всех содержащихся в дождевой воде кислот. Остальные 35% представлены азотной кислотой, которая образуется из окислов азота (в т.ч. NO<sub>2</sub>), выбрасываемых с выхлопными газами автомобилей, а также образующихся при электрических разрядах во время гроз.

Прямое воздействие кислотного дождя может усугубляться благодаря непрямому сопутствующему эффекту. Так, тяжелые металлы (например, ртуть), которые могут содержаться в почве и горных породах, не вымываются обычной дождевой водой, но зато вымываются кислыми растворами. Воздействие кислотных дождей снижает устойчивость лесов к неблагоприятным факторам, что может закончиться их деградацией; приводит к закислению озер, что опасно для популяций рыб и планктона.

**Экологическая патология** - это учение о болезнях человека, в возникновении и развитии которых ведущую роль играют неблагоприятные факторы внешней среды в комплексе с другими болезнетворными факторами.

При систематическом или периодическом поступлении в организм сравнительно небольших количеств токсичных веществ происходит хроническое отравление.

**Токсическое действие загрязнителей** - это ядовитое действие, вызывающее отравление. Яды - это чужеродные химические соединения

**(ксенобиотики)**, которые при поступлении в организм (через дыхательные пути, кожные покровы, пищеварительный тракт) в незначительных количествах способны вступать во взаимодействие с жизненно важными структурами организма и вызывать нарушение его жизнедеятельности, переходящее при определенных условиях в болезненное состояние (отравление) или смерть. Науку, исследующую взаимодействие организма и яда называют **токсикологией**.

**Тератогенное действие загрязнителей** - действие вещества на организм человека в стадии внутриутробного развития, приводящее к ненаследуемому уродству (например, дефект конечностей, неба и т.д.).

**Онкогенное действие загрязнителей** - действие, приводящее к образованию злокачественных опухолей.

**Мутагенное действие загрязнителей** - действие, вызывающее мутации в организме (изменения химической структуры молекул ДНК). Известны химический и радиационный мутагенез. Химический мутагенез - явление возникновения мутаций под действием химических **поллютантов** (загрязняющих веществ). Их комбинированное (совместное) действие может оказаться синергидным, то есть приводящим к значительному усилению вредного эффекта по сравнению с отдельным эффектом каждого из них.

**Экотоксикология** - раздел токсикологии, который изучает ингредиентный состав, особенности распространения, биологического действия, активизации, дезактивизации вредных веществ в окружающей среде;

**Медико-генетическое консультирование** - консультации в специальных медицинских учреждениях для выяснения характера и последствий действия экотоксикантов на генетический аппарат человека с целью рождения здорового потомства;

**Скрининг** - отбор и проверка на мутагенность и канцерогенность факторов среды (производственной, домашней, окружающей человека природной среды).

**Гигиеническая регламентация вредных веществ в среде (нормирование)** - установление санитарно-гигиенических нормативов их содержания в воздухе, воде, почве, а также в растениях, продуктах питания, материалах. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) - это количество вредного вещества в среде, которое практически не оказывает влияния на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

В развитии патологических процессов в организме человека различные загрязнения окружающей среды могут играть роль **факторов риска**, т.е. не являться непосредственной причиной определенной болезни, но увеличивать вероятность ее возникновения. Влияние факторов среды на развитие поражений органов человека и их систем показано в таблице 1.

Таблица 1.

Ориентировочный перечень факторов окружающей среды, оказывающих влияние на распространенность некоторых классов и групп болезней

| № | Болезни                                         | Факторы окружающей среды                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Болезни системы кровообращения (сердце, сосуды) | 1. Суммарный индекс загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами<br>2. Шум<br>3. Электромагнитные поля<br>4. Состав питьевой воды (хлориды, нитраты, нитриты, жесткость)<br>5. Эндемичность территории по микроэлементам (кальций, магний, медь и др.)<br>6. Загрязнение продуктов питания пестицидами<br>7. Климат: быстрота смены погоды, число дней с осадками, перепады атмосферного давления и др. |
| 2 | Болезни органов дыхания                         | 1. Загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами и пылью, особенно оксидами углерода и серы<br>2. Погодные условия: быстрота смены погоды, влажность, ветер<br>3. Социальные условия: жилище, материальный уровень семьи<br>4. Загрязнение воздушной среды пестицидами                                                                                                                                   |
| 3 | Болезни органов пищеварения                     | 1. Загрязнение продуктов питания и воды ядохимикатами<br>2. Эндемичность местности по микроэлементам<br>3. Социальные условия: материальный уровень, жилищные условия<br>4. Загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами, особенно диоксидом серы<br>5. Состав питьевой воды, ее жесткость<br>6. Шум                                                                                                    |
| 4 | Болезни эндокринной системы                     | 1. Шум<br>2. Загрязнение атмосферного воздуха, особенно оксидом углерода<br>3. Эндемичность территории по микроэлементам                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 5 | Болезни крови                                   | 1. Эндемичность территории по микроэлементам (хрому, кобальту, железу)<br>2. Электромагнитные поля<br>3. Загрязненность пищи и воды нитратами и нитритами, пестицидами<br>4. Ионизирующая радиация                                                                                                                                                                                                                 |
| 6 | Болезни аллергической природы                   | 1. Суммарный индекс загрязнения атмосферного воздуха<br>2. Социальные условия: жилище<br>3. Загрязнение пищи и воды пестицидами                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7 | Болезни кожи и подкожной клетчатки              | 1. Уровень инсоляции<br>2. Недостаток или избыток микроэлементов во внешней среде<br>3. Загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами в сочетании с природными факторами (осадки, туман, давление)                                                                                                                                                                                                       |
| 8 | Патология беременности и врожденные аномалии    | 1. Загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами.<br>2. Электромагнитные поля<br>3. Шум<br>4. Недостаток или избыток микроэлементов во внешней среде<br>5. Ионизирующая радиация                                                                                                                                                                                                                         |

|    |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9  | Психические расстройства        | 1. Суммарный уровень загрязнения воздуха химическими веществами<br>2. Шум<br>3. Электромагнитные поля<br>4. Загрязнение среды ядохимикатами                                                                                                         |
| 10 | Болезни мочеполовых органов     | 1. Недостаток или избыток микроэлементов<br>2. Загрязнение атмосферного воздуха<br>3. Состав и жесткость питьевой воды                                                                                                                              |
| 11 | Злокачественные новообразования | 1. Загрязнение воздуха, особенно канцерогенными веществами<br>2. Загрязнение пищи и воды нитратами и нитритами, пестицидами и др.<br>3. Эндемичность местности по микроэлементам<br>4. Состав и жесткость питьевой воды<br>5. Ионизирующая радиация |

## Практическая часть

Изучите теоретический материал и проанализируйте воздействие различных факторов окружающей среды, а также отдельных загрязнителей на здоровье человека. Систематизируйте полученные знания путем заполнения таблиц, закрепите изученный материал с помощью тестов и контрольных вопросов.

### Задание 1. Заполните таблицу

| Загрязнитель, его краткая характеристика | Источники поступления в окружающую среду | Особенности воздействия и для здоровья человека |
|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1.                                       |                                          |                                                 |
| 2. и т. д.                               |                                          |                                                 |

### Задание 2. Заполните таблицу

| Факторы окружающей среды        | Наиболее характерные болезни органов и их систем |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1. Шум                          |                                                  |
| 2. Электромагнитные поля        |                                                  |
| 3. Уровень инсоляции            |                                                  |
| 4. Ионизирующая радиация и т.д. |                                                  |

### Задание 3. Выполните тесты. Выберите один правильный вариант ответа.

1. Загрязнение природной среды живыми организмами, вызывающими у человека различные заболевания, называется:

- а) радиоактивным; б) биологическим; в) химическим;
- г) шумовым.

2. Некачественная питьевая вода может стать причиной заражения:

- а) столбняком, холерой;
- б) холерой, брюшным тифом;
- в) гриппом, гепатитом;
- г) холерой, ботулизмом.

3. В природных условиях естественными носителями возбудителя чумы являются:

- а) волки, лисы;

- б) птицы;
- в) грызуны;
- г) человек.

4. Канцерогенами называют вещества, вызывающие:

- а) раковые заболевания;
- б) аллергические заболевания;
- в) хроническое отравление;
- г) инфекционные заболевания.

5. Возбудители столбняка и ботулизма обитают:

- а) в воде;
- б) в воздухе;
- в) в почве;
- г) в организме животных.

6. Естественный шумовой фон составляет:

- а) 20—30 дБ; б) 50—60 дБ; в) 80—90 дБ;
- г) 110—120 дБ.

7. Повышенные дозы облучения человеческого организма не вызывают:

- а) нарушений функции кроветворения;
- б) злокачественных опухолей;
- в) врожденных аномалий;
- г) инфаркта миокарда.

8. Уровень профессионального здоровья зависит от биологического возраста людей следующих профессий:

- а) инженер;
- б) официант;
- в) танцор;
- г) библиотекарь.

9. Естественное загрязнение биосферы происходит в результате:

- а) отмирания значительного количества биомассы в экосистеме;
- б) лесных пожаров;
- в) многократного увеличения численности одного из видов;
- г) обработки растений пестицидами.

10. Специфические заболевания, связанные с воздействием биологических агентов микробиотехнологических предприятий, следующие:

- а) психические расстройства;
- б) болезни эндокринной системы;
- в) конъюнктивиты;
- г) желудочно-кишечные расстройства.

11. Наиболее опасными загрязнителями окружающей среды являются:

- а) пестициды;
- б) диоксины;
- в) микроорганизмы;
- г) цинк.

12. Ионизирующее излучение оказывает наибольшее воздействие на:

- а) животных;
- б) человека;
- в) микроорганизмы;
- г) растения.

**Задание 4.** Выберите правильные суждения

1. Реакция организма на загрязнения зависит от индивидуальных особенностей человека.

2. Фтористые соединения могут разрушать озоновый слой.

3. Избыток нитратов опасен для растений.

4. Изменения погоды одинаково сказываются на самочувствии разных людей.

5. Если продукт не содержит избытка нитратов, значит, он экологически чистый.

6. Значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки.

7. Окружающая человека среда - это техногенная и социальная среда.

8. Общественное здоровье определяется биологическими факторами.

9. Химическое загрязнение является наиболее опасным видом загрязнения для здоровья человека.

**Задание 5.** Охарактеризуйте каждый вид загрязнения окружающей среды путем проставления номеров правильных ответов

Химические загрязнения —

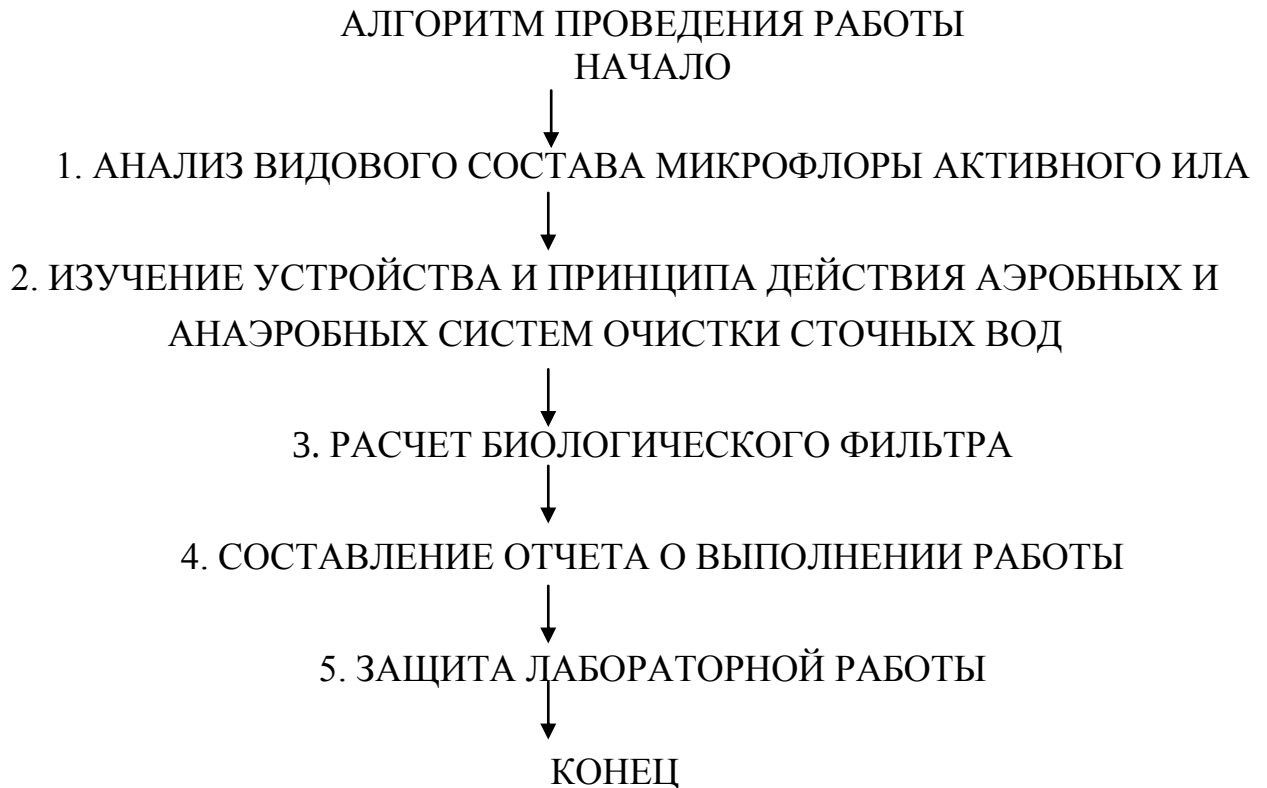
Биологические загрязнения —

Физические загрязнения —

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8**

### **ИЗУЧЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АЭРОБНОЙ И АНАЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Цель работы: изучить видовой состав микрофлоры активного ила, используемого для аэробной и анаэробной очистки сточных вод; рассмотреть устройство и принцип действия систем аэробной и анаэробной очистки сточных вод; разработать технологические схемы комплексной очистки сточных вод; провести расчет биологического фильтра.



Блок 1. По литературным источникам и лекционному материалу изучить состав микрофлоры активного ила, используемого для аэробной и анаэробной очистки сточных вод. Рассмотреть биологические функции различных групп микроорганизмов.

Блок 2. Изучить устройство, выполнить принципиальные схемы и краткое описание систем анаэробной и аэробной очистки сточных вод.

Блок 3. Исходные данные для расчета биологических фильтров приведены в приложении 1. Последовательность выполнения расчета двухступенчатого биологического фильтра.

1) Определяем требуемую степень снижения концентрации загрязняющих веществ на первой стадии очистки:

$$K_1 = L_{\text{см}} / L_{\text{т}}^1, \quad (1)$$

где  $L_{\text{см}}$  – БПК<sub>полн.</sub> сточных вод, поступающих на биофильтр с учетом разбавления при рециркуляции, принимаем  $L_{\text{см}}=200$  мг/л;

$L_T^1$  – требуемое значение БПК после первой стадии очистки, рекомендуется принимать на (15-30) мг/л выше конечной концентрации загрязняющих веществ в сточных водах.

2) По заданным значениям гидравлической нагрузки на биологический фильтр и температуры сточных вод по приложению 2 определяем высоту фильтра, соответствующую требуемой степени снижения БПК на первой ступени очистки.

3) Рассчитываем требуемую степень снижения БПК на второй ступени очистки:

$$K_2 = L_T^1 / L_T^K, \quad (2)$$

4) По приложению 2 принимаем требуемую высоту фильтра на второй ступени очистки.

5) Расчет геометрических параметров фильтра проводим по двум вариантам.

*I вариант.* Работа биологического фильтра с рециркуляцией очищенной жидкости после второй ступени. В этом случае коэффициент рециркуляции будет равен:

$$n = (L_{\text{п}} / L_{\text{см}}) / (L_{\text{см}} / L_T^K), \quad (3)$$

Площадь биологического фильтра:

$$\text{- первой ступени } F_1 = (Q * (n + 1)) / q_1, \quad (4)$$

$$\text{- второй ступени } F_2 = (Q * (n + 1)) / q_2, \quad (5)$$

*II вариант.* Работа биологического фильтра с рециркуляцией очищенной жидкости после первой ступени. Тогда коэффициент рециркуляции может быть определен по формуле:

$$n = (L_{\text{п}} / L_{\text{см}}) / (L_{\text{см}} / L_T^1), \quad (6)$$

Площадь биологического фильтра:

$$\text{- первой ступени } F_1 = (Q * (n + 1)) / q_1, \quad (7)$$

$$\text{- второй ступени } F_2 = Q / q_2, \quad (8)$$

6) Выбираем вариант с наименьшей суммарной площадью фильтров и определяем объем загрузки фильтров первой и второй ступеней очистки по формуле:

$$V = F * H, \quad (9)$$

На основании результатов расчетов по приложению 3 выбирают тип фильтра биологической очистки сточных вод.

Блок 4. Отчет о работе должен включать:

- титульный лист;
- цель работы и схему ее выполнения;
- принципиальные схемы и описание работы систем аэробной и анаэробной очистки сточных вод;
- результаты расчета и подбора биологических фильтров;
- выводы.

Блок 5. Контрольные вопросы:

- теоретические основы анаэробной очистки сточных вод;
- биохимия и микробиология анаэробного сбраживания органических веществ;
- факторы, влияющие на эффективность анаэробной очистки;
- общие принципы аэробной очистки сточных вод;
- состав микрофлоры активного ила, используемого для аэробной очистки сточных вод;
- факторы, влияющие на эффективность аэробной очистки;
- промышленные способы и аппаратное оформление анаэробной и аэробной очистки сточных вод;
- принцип расчета фильтров биологической очистки.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

| № варианта | Расход сточных вод, м <sup>3</sup> /сутки | БПК сточных вод, мг/л |                             | Температура сточных вод, °С | Гидравлическая нагрузка, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> *ч |                |
|------------|-------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|
|            |                                           | L <sub>п</sub>        | L <sub>т</sub> <sup>к</sup> |                             | q <sub>1</sub>                                             | q <sub>2</sub> |
| 1          | 525                                       | 1250                  | 30                          | 10                          | 20                                                         | 20             |
| 2          | 425                                       | 1110                  | 20                          | 14                          | 30                                                         | 20             |
| 3          | 450                                       | 1300                  | 30                          | 18                          | 40                                                         | 30             |
| 4          | 600                                       | 1050                  | 20                          | 22                          | 40                                                         | 30             |
| 5          | 550                                       | 1000                  | 15                          | 14                          | 30                                                         | 20             |
| 6          | 400                                       | 1200                  | 30                          | 22                          | 40                                                         | 30             |
| 7          | 575                                       | 1150                  | 25                          | 10                          | 20                                                         | 20             |
| 8          | 500                                       | 950                   | 15                          | 18                          | 40                                                         | 30             |
| 9          | 475                                       | 1050                  | 20                          | 22                          | 40                                                         | 30             |
| 10         | 500                                       | 900                   | 15                          | 18                          | 40                                                         | 30             |
| 11         | 550                                       | 1200                  | 25                          | 14                          | 30                                                         | 20             |
| 12         | 450                                       | 1110                  | 20                          | 10                          | 20                                                         | 20             |

# ПРИЛОЖЕНИЕ 2

| Температура сточных вод, °С | Степень очистки | Высота фильтра, м | L <sub>п</sub> / L <sub>т</sub> при гидравлической нагрузке, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> * ч |        |        |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
|                             |                 |                   | q = 20                                                                                          | q = 30 | q = 40 |
| 10                          | Первая          | 2                 | 2,13                                                                                            | 1,87   | 1,73   |
|                             |                 | 3                 | 3,73                                                                                            | 3,00   | 2,62   |
|                             |                 | 4                 | 6,65                                                                                            | 4,88   | 4,04   |
|                             | Вторая          | 2                 | 1,48                                                                                            | 1,39   | 1,36   |
|                             |                 | 3                 | 1,90                                                                                            | 1,71   | 1,61   |
|                             |                 | 4                 | 2,43                                                                                            | 2,11   | 1,94   |
| 14                          | Первая          | 2                 | 2,33                                                                                            | 2,01   | 1,84   |
|                             |                 | 3                 | 4,37                                                                                            | 3,46   | 2,98   |
|                             |                 | 4                 | 8,73                                                                                            | 6,12   | 4,93   |
|                             | Вторая          | 2                 | 1,58                                                                                            | 1,46   | 1,40   |
|                             |                 | 3                 | 2,12                                                                                            | 1,88   | 1,75   |
|                             |                 | 4                 | 2,86                                                                                            | 2,42   | 2,18   |
| 18                          | Первая          | 2                 | 2,63                                                                                            | 2,22   | 2,01   |
|                             |                 | 3                 | 5,68                                                                                            | 4,24   | 3,54   |
|                             |                 | 4                 | 12,85                                                                                           | 8,42   | 6,51   |
|                             | Вторая          | 2                 | 1,69                                                                                            | 1,55   | 1,47   |
|                             |                 | 3                 | 2,41                                                                                            | 2,09   | 1,92   |
|                             |                 | 4                 | 3,45                                                                                            | 2,83   | 2,50   |
| 22                          | Первая          | 2                 | 2,95                                                                                            | 2,44   | 2,18   |
|                             |                 | 3                 | 7,23                                                                                            | 5,16   | 4,21   |
|                             |                 | 4                 | 18,93                                                                                           | 11,58  | 8,59   |
|                             | Вторая          | 2                 | 1,83                                                                                            | 1,65   | 1,56   |
|                             |                 | 3                 | 2,78                                                                                            | 2,36   | 2,13   |
|                             |                 | 4                 | 4,27                                                                                            | 3,38   | 2,93   |

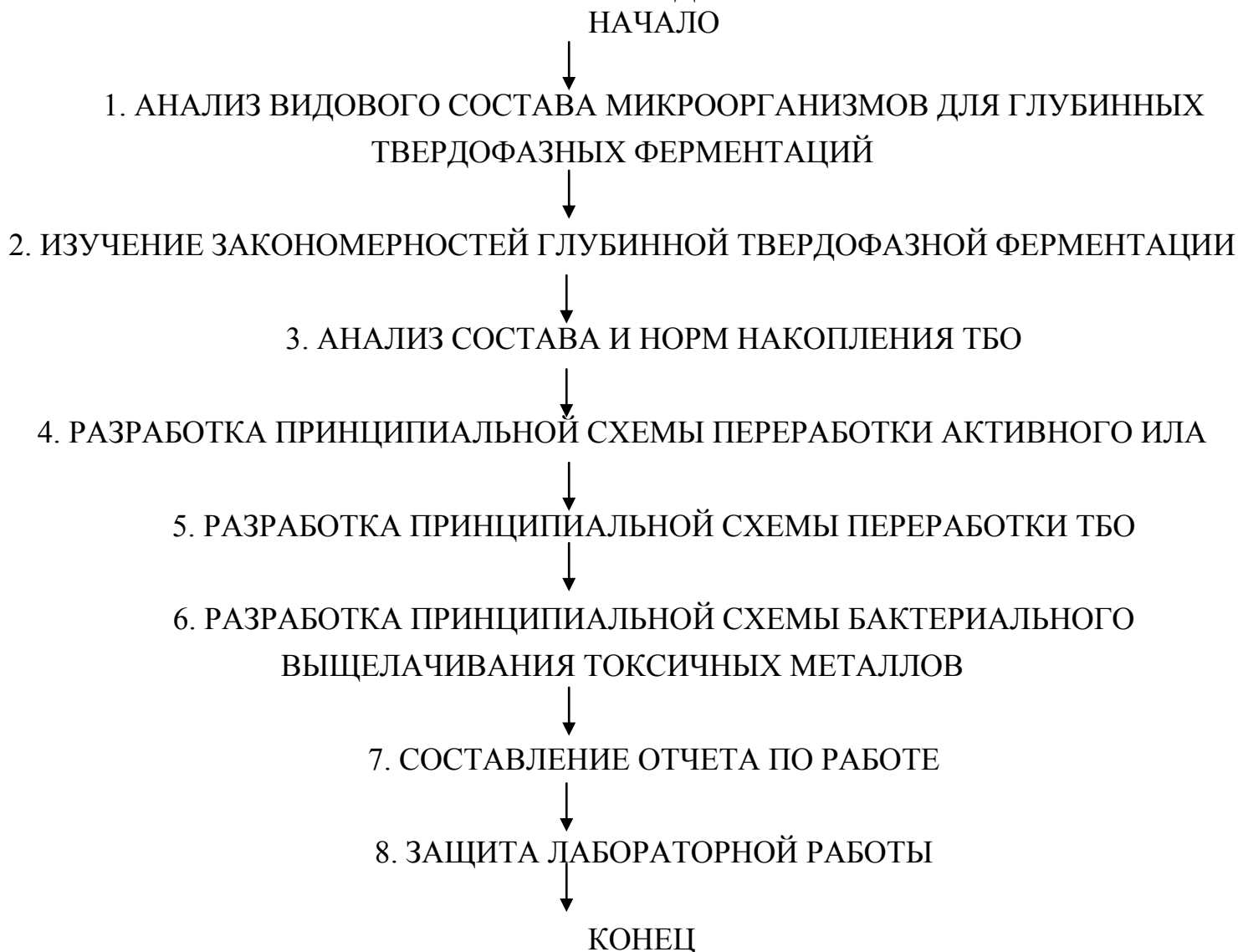
| Тип фильтра                            | Пористость, % | Развитость поверхности | Удельная поверхность, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> |
|----------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------------------------------------|
| Капельный                              | 40-45         | Высокая                | 30-120                                               |
| Высоконагружаемый с объемной загрузкой | 40-50         | Средняя                | 50-80                                                |
|                                        | 45-55         | Низкая                 | 30-50                                                |
| Высоконагружаемый с объемной загрузкой | 90-97         | Средняя                | 60-80                                                |
|                                        | 90-99         | Высокая                | 90-120                                               |
|                                        | 70-90         | Высокая                | 70-100                                               |

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### ИЗУЧЕНИЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Цель работы: изучить видовой состав микроорганизмов, используемых в процессах очистки твердых отходов, общие закономерности процессов глубинной твердофазной ферментации; рассмотреть состав, нормы накопления твердых бытовых отходов; выполнить принципиальные технологические схемы переработки активного ила, твердых бытовых отходов, токсичных отходов.

#### АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ



Блок 1. При выполнении задания следует рассмотреть следующие вопросы:

- виды активного ила, состав нормальной и патогенной микрофлоры вторичного активного ила;
- факторы, влияющие на качественный состав микрофлоры при анаэробной и аэробной утилизации твердых бытовых отходов;
- характеристика микроорганизмов, участвующих в бактериальном выщелачивании металлов из твердых отходов.

Блок 2. Изучить общие принципы глубинной твердофазной ферментации, выполнить схемы аппаратов для твердофазной ферментации.

Блок 3. Дать определение норм накопления ТБО, привести данные по нормам накопления ТБО в Российской Федерации; проанализировать доступность компонентов ТБО для утилизации различными группами микроорганизмов.

Блок 4. Выполнить схема аппаратов для концентрирования, фильтрования, прессования, сбраживания активного ила. Разработать принципиальные технологические схемы анаэробной и аэробной утилизации активного ила с указанием параметров основных технологических процессов.

Блок 5. Рассмотреть общие закономерности анаэробного сбраживания и аэробного компостирования ТБО. Выполнить принципиальную технологическую схему переработки ТБО с использованием процесса аэробного компостирования.

Блок 6. Привести принципиальную схему бактериального выщелачивания металлов. Проанализировать возможность применения метода для очистки твердых промышленных и бытовых отходов от тяжелых металлов, радиоактивных элементов.

Блок 7. Отчет о работе должен включать:

- титульный лист;
- цель работы и схему ее выполнения;
- анализ видового состава микрофлоры твердых отходов;
- принцип работы и схемы аппаратов для глубинной твердофазной ферментации;
- принципиальные схемы переработки активного ила, ТБО, бактериального выщелачивания металлов;
- выводы.

Блок 6. Контрольные вопросы:

- классификация активного ила по стадиям образования;
- видовой состав нормальной и патогенной микрофлоры активного ила;
- факторы, влияющие на качественный состав микрофлоры при анаэробной и аэробной ферментации твердых бытовых отходов;
- биохимия и микробиология бактериального выщелачивания металлов;
- теоретические основы и аппаратное оформление глубинной твердофазной ферментации;
- технологические процессы подготовки активного ила к анаэробной и аэробной утилизации;
- принципиальная схема биотехнологической переработки активного ила, твердых бытовых отходов, токсичных отходов;

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### ПРИЛОЖЕНИЕ А

Оценка качества окружающей природной среды осуществляется с использованием следующей формулы:

$$\frac{C}{ПДК} \leq 1,$$

где  $C$  — фактическая концентрации вредного вещества, измеряемая в мг/л (вода), мг/м<sup>3</sup> (воздух), мг/кг (почва).

Если в атмосферном воздухе одновременно присутствует несколько веществ, обладающих *эффектом суммации*, то их суммарная концентрация не должна превышать единицы при расчете по формуле

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1, \text{ или } \frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_i$  — фактические концентрации вредных веществ, измеряемых в мг/л (вода), мг/м<sup>3</sup> (воздух), мг/кг (почва);  $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_i$  — это предельно-допустимые концентрации вредных веществ [6].

*Эффект суммации* — совмещенное (однаправленное) действие на организм не одного какого-либо вещества, а нескольких одновременно, поскольку эти вещества при одновременном присутствии усиливают свой негативный эффект.

Эффектом суммации обладают:- ацетон, фенол;

- бензол и ацетофенон;
- озон, диоксид азота и формальдегид;
- оксид углерода, диоксид азота, формальдегид и гексан;
- диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- диоксид серы и никель металлический;
- диоксид серы и сероводород;
- диоксид серы и диоксид азота;
- диоксид серы и оксид углерода, фенол и пыль конверторного производства;
- диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота и фенол;
- диоксид серы и фтороводород;
- оксид и диоксид серы, аммиак и оксид азота;
- сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная);
- углерода оксид и пыль цементного производства;
- уксусная кислота и уксусный ангидрид;
- фенол и ацетофенон;
- фурфурол, метиловый и этиловый спирты;
- циклогексан и бензол;
- этилен, пропилен, бутилен и амилен.

### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ

Для того чтобы оценить качество атмосферы, необходимо знать ПДК данных вредных веществ в атмосфере населенных пунктов. Для случая совместного действия веществ должно выполняться неравенство:

$$\sum_{i=1}^i \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1,$$

$$\frac{C_{\text{керосин}}}{ПДК_{\text{керосин}}} + \frac{C_{\text{проп. спирт}}}{ПДК_{\text{проп. спирт}}} = \frac{0,056}{0,1} + \frac{0,11}{0,25} = 1.$$

При условии соблюдения неравенства качество атмосферы удовлетворительно и не опасно для здоровья человека.

| Наименование вещества                        | Значение Критерия ПДК, мг/м <sup>3</sup> |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| Железа оксид                                 | 0,04                                     |
| Марганец и его соединения                    | 0,01                                     |
| Меди (II) оксид                              | 0,00                                     |
| Натрия гидроксид                             | 0,01                                     |
| Никель оксид                                 | 0,00                                     |
| Хрома (VI) оксид                             | 0,00                                     |
| Азот (IV) оксид (Азота диоксид)              | 0,20                                     |
| Углерод черный (Сажа)                        | 0,15                                     |
| Сера диоксид                                 | 0,50                                     |
| Углерод оксид                                | 5,00                                     |
| Фториды газообразные                         | 0,02                                     |
| Фториды плохо растворимые                    | 0,20                                     |
| Ксилол (смесь изомеров)                      | 0,20                                     |
| Керосин                                      | 1,20                                     |
| Масло минеральное нефтяное                   | 0,05                                     |
| Уайт-спирит                                  | 1,00                                     |
| Углеводороды предельные C12-C19              | 1,00                                     |
| Взвешенные вещества                          | 0,50                                     |
| Пыль неорганическая: 70-20% SiO <sub>2</sub> | 0,30                                     |
| Пыль абразивная                              | 0,04                                     |
| Пыль древесная                               | 0,50                                     |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Оцените качество природной воды, имеющей хозяйственно-питьевое назначение, если известно, что проба содержит керосин концентрацией 0,056 мг/л и пропиловый спирт концентрацией 0,11 мг/л.

Для того чтобы оценить качество воды, необходимо знать ПДК и ЛПВ данных вредных веществ, приведенных в таблице. Для объектов хозяйственно-питьевого назначения  $ПДК_{\text{керосин}} = 0,1$  мг/л,  $ПДК_{\text{проп.спирт}} = 0,25$  мг/л. Оба вещества имеют органолептический ЛПВ, следовательно, обладают эффектом суммации. Качество воды оценим по известной формуле

$$\sum_{i=1}^i \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1,$$
$$\frac{C_{\text{керосин}}}{ПДК_{\text{керосин}}} + \frac{C_{\text{проп.спирт}}}{ПДК_{\text{проп.спирт}}} = \frac{0,056}{0,1} + \frac{0,11}{0,25} = 1.$$

Так как условия неравенства соблюдаются, следовательно, качество воды удовлетворительно и не опасно для здоровья человека.

# ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (МГ/Л) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ.

(Извлечение из приложения 2 к "Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" и дополнительных перечней)

| НАИМЕНОВАНИЕ<br>ИНГРЕДИЕНТА    | Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения |            | Водные объекты рыбохозяйственного назначения |             |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------|-------------|
|                                | ЛПВ*                                                                  | ПДК        | ЛПВ                                          | ПДК         |
| 1                              | 2                                                                     | 3          | 4                                            | 5           |
| <b>Аммиак</b>                  | Общесанитарный                                                        | 2,0        | Токсикологический                            | 0,05        |
| Ацетон                         | То же                                                                 | 0,05       | --                                           | --          |
| Бензол                         | Санитарно-токсикологический                                           | 0,5        | Токсикологический                            | 0,5         |
| Бром                           | То же                                                                 | 0,2        | --                                           | --          |
| Дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) | То же                                                                 | 0,1        | Токсикологический                            | Не допустим |
| Дихлорэтан                     | Органолептический                                                     | 2,0        | --                                           | --          |
| Железо                         | То же                                                                 | 0,5        | --                                           | --          |
| Кобальт                        | Санитарно-токсикологический                                           | 1,0        | То же                                        | 0.01        |
| Керосин                        | Органолептический                                                     | 0.1        | --                                           | --          |
| Карбофос                       | То же                                                                 | 0.03       | Токсикологический                            | 0.05        |
| Мышьак                         | Санитарно-токсикологический                                           | 0.05       | То же                                        | 0.05        |
| Медь                           | Органолептический                                                     | 1.0        | --                                           | --          |
| Метанол                        | Санитарно-токсикологический                                           | 3.0        | Токсикологический                            | 0.1         |
| Нитраты (по азоту)             | Общесанитарный                                                        | 10.0       | --                                           | 0.1         |
| Нафталин                       | --                                                                    | --         | Токсикологический                            | 0.004       |
| 1                              | 2                                                                     | 3          | 4                                            | 5           |
| Нефть многосернистая           | Органолептическая                                                     | 0.1        | Рыбохозяйственный                            | 0.05        |
| Никель                         | Санитарно-токсикологический                                           | 0.1        | Токсикологический                            | 0.01        |
| Пиридин                        | То же                                                                 | 0.2        | То же                                        | 0.003       |
| Пропиловый спирт               | Органолептический                                                     | 0.25       | --                                           | --          |
| Ртуть                          | Общесанитарный                                                        | 0.05       | --                                           | --          |
| Свинец                         | То же                                                                 | 0.1        | Общесанитарный                               | 0.1         |
| Фенол                          | Органолептический                                                     | 0.001      | Рыбохозяйственный                            | 0.001       |
| Формальдегид                   | Общесанитарный                                                        | 0.05       | --                                           | --          |
| Фреоны                         | Санитарно-токсикологический                                           | 10.0       | --                                           | --          |
| Фтор                           | То же                                                                 | 1.5        | Токсикологич.                                | 0.05        |
| Хлор активный                  | Общесанитарный                                                        | отсутствие | --                                           | --          |
| Хром                           | Органолептический                                                     | 0.1        | Санитарно-токсикологический                  | 0.001       |
| Цианиды                        | Санитарно-токсикологический                                           | 1.0        | Токсикологический                            | 1.0         |
| Цинк                           | Общесанитарный                                                        | 1.0        | То же                                        | 0.1         |

\* ЛПВ – лимитирующий показатель вредности, отражающий приоритетность требований к качеству воды.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Лабораторная работа №1 ..... | 3  |
| Лабораторная работа №2 ..... | 12 |
| Лабораторная работа №3 ..... | 17 |
| Лабораторная работа №4 ..... | 21 |
| Лабораторная работа №5 ..... | 24 |
| Лабораторная работа №6 ..... | 28 |
| Лабораторная работа №7 ..... | 34 |
| Лабораторная работа №8 ..... | 45 |
| Лабораторная работа №9 ..... | 50 |
| Приложения .....             | 53 |

