

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о документе:  
ФИО: Солоникова Анна Александровна  
Должность: Директор  
Дата подписания: 2025-11-20 00:55:33  
Уникальный программный ключ:  
d9ba9a2e8169ab4af042fb478ab037f8b3050e51

Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Астраханский государственный  
технический университет»  
(ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ»)

Система менеджмента качества в области образования, воспитания, науки и инноваций сертифицирована DQS  
по международному стандарту ISO 9001:2015

## Факультет высшего образования

**Методические указания**  
к практическим работам по дисциплине  
**«Экология»**  
Направление подготовки  
35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура  
Профиль подготовки  
**Аквакультура**  
Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**  
Форма обучения  
**Очная, заочная**

**Составитель (и):**

кандидат биологических наук, доцент кафедры «Аквакультура и экология»  
ДРТИ ФГБОУ ВО «АГТУ» Кузнецова Н.В.

**Рецензент:** доктор биологических наук, профессор ДРТИ ФГБОУ ВО  
«АГТУ» Вундцеттель М.Ф.

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Экология»  
для обучающихся по направлению подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и  
аквакультура

© Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО  
«Астраханский государственный технический университет»

## Практическая работа № 1

### ФЛУКТУИРУЮЩАЯ АСИММЕТРИЯ ДРЕВЕСНЫХ ФОРМ РАСТЕНИЙ КАК ТЕСТ-СИСТЕМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СРЕДЫ

Оценка воздушной среды, или интегральная оценка качества окружающей среды, проводится по состоянию древесных растений. Листья у них формируются каждый год, что позволяет проводить ежегодный мониторинг; многие виды имеют массовое распространение и четко выраженные признаки, по которым возможно проводить исследование.

Наиболее удобными для целей биоиндикации являются: тополь бальзамический (*Populus balsamifera*), клен остролистный (*Acer platanoides*) и ясенелистный (*A. negundo*), береза бородавчатая (*Betula pendula*).

Все перечисленные растения имеют листья с четко выраженной двусторонней симметрией, что является главным требованием метода.

Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины древесных форм растений под действием антропогенных факторов.

**Цель работы:** интегральная экспресс-оценка качества окружающей среды по флуктуирующей асимметрии листовой пластины березы бородавчатой (*Betula pendula*) и клена остролистного (*Acer platanoides*).

#### **Сбор материала.**

Начинать сбор материала необходимо после завершения интенсивного роста листьев. В средней полосе России это соответствует концу мая — началу июня. Выборку листьев древесных растений необходимо делать с нескольких близко растущих деревьев на площади 10x10 м в исключительных случаях с 2—3 растений. Используются только средневозрастные растения, исключая молодые и старые. Всего надо собрать не менее 25 листьев среднего размера с одного вида растения. Листья собирать из нижней части кроны, на уровне поднятой руки, с максимального количества доступных веток, направленных условно на север, запад, восток и юг. У березы использовать листья только с укороченных побегов.

Весь собранный материал должен быть снабжен точной информацией о месте сбора, наличии вблизи возможного источника загрязнения, интенсивности движения автотранспорта, времени сбора и исполнителе.

Хранить собранный материал можно не более недели на нижней полке холодильника.

#### **Камеральная обработка материала.**

Обработка заключается в измерении параметров листьев. С одного листа снимают показатели по пяти параметрам (рис. 1.1). Данные измерений заносят в табл.1. Величину флуктуирующей асимметрии оценивают с помощью интегрального показателя — величины среднего относительного различия по признакам (среднее арифметическое отношение разности к сумме промеров листа справа и слева, отнесенное к числу признаков).

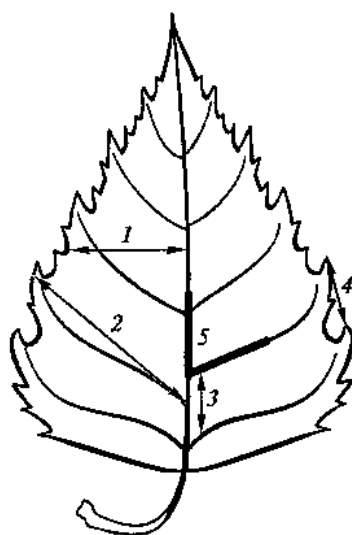


Рис.1.1. Параметры промеров листьев для детального расчета:  
 1 - ширина половинки листа (лист складывают пополам, потом разгибают и по образовавшейся складке проводят измерения); 2 - длина второй жилки от основания листа; 3 - расстояние между основаниями первой и второй жилкой; 4 - расстояние между концами этих жилок; 5 - угол между главной и второй от основания жилками.

Коэффициент флуктуирующей асимметрии определяют по формуле, предложенной В.М. Захаровым (ГОД):

$$\delta^2 = \frac{\Sigma(d_{l-r} - M_d)}{n-1}$$

-  $M_d = \frac{\Sigma d_{l-r}}{n}$  среднее различие между сторонами;

$d_{l-r} = \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r}$  - различие значений признаков между левой ( $l$ ) и правой ( $r$ ) сторонами;

$n$  - число выборок;

**Оборудование и материалы:** линейка, транспортир, гербарий листьев березы и клена.

**Порядок выполнения лабораторной работы.**

1. В соответствии с рис.1 измерить жилки листовой пластины березы или клена по пяти параметрам. Занести данные по всем листьям в табл.1.1.

Таблица 1.1. Результаты замеров древесных пород

№	Параметры промеров листьев										Оценка в баллах	
	Ширина половинок		Длина 2-й жилки		Расстояние между основаниями 1- и 2-й жилок		Расстояние между концами 1- и 2-й жилок		Угол между центральной и 2-й жилками			
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>		
1												
2												

Примечание: *l* - левая сторона; *r* - правая сторона.

2. Провести статистическую обработку данных.
3. Провести экспресс-оценку загрязнения окружающей среды по результатам всех измерений. Сделать вывод о качестве среды обитания живых организмов в соответствии с табл. 1.2.

Таблица 1.2. Балльная система качества среды обитания живых организмов по показателям флуктуирующей асимметрии древесных форм растений

Виды	Балл				
	1	2	3	4	5
Береза бородавчатая	< 0,055	0,056-0,060	0,061-0,065	0,065-0,070	> 0,070
Другие виды растений	< 0,0018	0,0019-0,0089	0,0090-0,022	0,022-0,04	> 0,04

Баллы соответствуют следующим характеристикам среды обитания живых организмов: 1 - чисто; 2 - относительно чисто ("норма"); 3 - загрязнено ("тревога"); 4 - грязно ("опасно"); 5 - очень грязно ("вредно").

## Практическая работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОУСТОЙЧИВОСТИ РАЗНЫХ ВИДОВ ЛИШАЙНИКОВ К СЕРНИСТОМУ ГАЗУ

Лишайники - это симбиоз водоросли и гриба. Они очень нетребовательны к субстрату, поселяются на голых скалах, бедной почве, стволах деревьев, мертвой древесине, однако для своего нормального функционирования они нуждаются в чистом воздухе. Особенно они чувствительны к сернистому газу. Наиболее чувствительным симбионтом в талломе лишайников является водоросль. Малейшее загрязнение атмосферы, не влияющее на большинство растений, вызывает массовую гибель чувствительных видов лишайников. Направление биомониторинга за состоянием воздушной среды при помощи лишайников называется лишеноиндикацией.

Лишайники чувствительны к загрязнению среды в силу следующих причин: 1) у лишайников отсутствует непроницаемая кутикула, благодаря чему обмен газов происходит свободно через всю поверхность; 2) большинство токсических газов концентрируются в дождевой воде, а лишайники впитывают воду всем слоевищем, в отличие от цветковых растений, которые поглощают воду преимущественно корнями; 3) большинство цветковых растений в наших широтах активно только летом, когда уровень загрязнения сернистым газом намного ниже (вследствие уменьшения сжигания угля в топках - основного источника сернистого газа), в то время как лишайники обладают способностью к росту и при температурах ниже 0°C.

В отличие от цветковых растений лишайники способны избавляться от пораженных токсическими веществами частей своего таллома каждый год. Установлено, что чем выше уровень загрязнения атмосферного воздуха сернистым газом, тем больше серы накапливается в слоевище лишайников.

Многочисленные виды лишайников различаются по зонам произрастания (тундра, лесная зона и т.д.), видам субстрата (камни, скалы, стволы и ветви деревьев, почва) и его pH.

Среди жизненных форм лишайников различают:

- 1) накипные (слоевище имеет вид корочек) - например, баацидиум, фисция;
- 2) листоватые (слоевище имеет вид пластинок) - например, пармелия, степная золотянка, гипогимния;
- 3) кустистые (слоевище имеет вид кустиков или свисающих «бород», иногда до 1-2 м длиной) - например, уснея, бриория, клафония, цетрария.

Практикуется и более детальное деление жизненных форм лишайников:

- 1) накипные - порошкообразные, слабо структурированные;

- 2) корковые - коркообразные, плотно прилегают к субстрату
- 3) чешуйчатые - коркообразные, края таллома приподняты;
- 4) пластинчатые - коркообразные, края бороздчатые и образуют лопасти;
- 5) листоватые - таллом листообразный с четкой нижней коркой;
- б) кустистые - прямые волосовидные или кустарниковой формы.

Чем сильнее загрязнен воздух, тем меньше видовое разнообразие лишайников (вместо десятков один - два вида) и меньшую площадь они занимают на стволах деревьев (меньше плотности популяции). С ростом загрязненности атмосферного воздуха первыми исчезают кустистые лишайники, затем листоватые и наконец – накипные лишайники.

### **Ход работы**

Трансекта разбивается на ряд участков: 1) возле дороги, 2) в 100 м, 3) в 300 м, 4) в 500 м, 5) в 1000 м от дороги. На каждом участке закладываются пробные площади размером 20x20 м, 50x50 м, 100x100 м (в зависимости от цели исследования и разреженности насаждения).

На каждой пробной площади учитываются следующие параметры:

- а) общее число видов лишайников;
- б) степень покрытия слоевищами лишайников каждого дерева;
- в) частота (встречаемость) каждого вида;
- г) обилие каждого вида.

При этом могут быть употреблены следующие градации (табл. 2.1)

Таблица 2.1 - Оценка загрязнения воздуха по частоте встречаемости и степени покрытия деревьев лишайниками

Оценка	Частота встречаемости	Степень покрытия
1	Очень редкая	Очень низкая
2	Редкая	Низкая
3	Небольшая	Средняя
4	Большая	Большая
5	Очень высокая	Очень высокая (встречаемость на большинстве деревьев)

Видовую принадлежность лишайников можно определить по справочникам и определителям лишайников. Так же можно определять по внешним признакам (цвет, поверхность таллома, тип ветвления и т.д.). Для более точного определения используются следующие реактивы: 5 или 10 % КОН (справочник «Водоросли, лишайники и мохообразные СССР», 1978).

Самыми устойчивыми к загрязнению из лишайников являются: *Nurogymnia physodes*, *Xanthoria parietina*, *Parmelia sulcata* и *Parmeliopsis*

*ambigua* (Бязров, 2002). Показателем очень сильно загрязненного воздуха является *Desmococcus viridis* (рис.2.1).



Рисунок 2.1 - Накипной лишайник *Desmococcus viridis*

Высокую степень загрязненности атмосферного воздуха характеризуют *Lecanoga* sp. и *Leprogia* sp. (рис. 2.2, 2.3)



Рисунок 2.2 - Накипной лишайник *Lecanoga* sp.



Рисунок 2.3 - Накипной лишайник *Lecpraria* sp.

Для условий умеренно загрязненного атмосферного воздуха характерны - *Xanthoria parietina* и *Parmelia sulcata* (рис. 3.4, 3.5).



Рисунок 2.4 - Листоватый лишайник *Xanthoria parietina*



Рисунок 2.5 - Листоватый лишайник *Parmelia sulcata*

Для относительно чистого атмосферного воздуха характерны *Нурогумния physodes* и *Ramalina* sp. (рис. 2.6, 2.7).



Рисунок 2.6 - Листоватый лишайник *Нурогymnia physodes*



Рисунок 2.7 - Кустистый лишайник *Ramalina* sp.

Показателем чистого атмосферного воздуха являются *Evernia prunastri*,  
*Usnea* sp. (рис. 2.8, 2.9).



Рисунок 2.8 - Кустистый лишайник *Evernia prunastri*



Рисунок 2.9 - Кустистый лишайник *Usnea* sp.

Таблица 2.2 - Влияние загрязнения среды на встречаемость лишайников

Зона загрязнения	Оценка встречаемости лишайников	Загрязнение воздуха сернистым газом, мг/м <sup>3</sup>	Оценка загрязнения
1	Лишайники на деревьях и камнях отсутствуют	Больше 0,3-0,5	Сильное загрязнение
2	Лишайники также отсутствуют на стволах деревьев и камнях. На северной стороне деревьев и в затененных местах встречается зеленоватый налет водоросли плеврококкус	Около 0,3	Довольно сильное
3	Появление на стволах и у основания деревьев серо-зеленоватых твердых накипных лишайников леканоры, фисции	От 0,05 до 0,2	Среднее
4	Развитие накипных лишайников -леканоры и др., водоросли плеврококку-са, появление листоватых лишайников (пармелия)	Не превышает 0,05	Небольшое
5	Появление кустистых лишайников (эвернии, усней)	Малое содержание	Воздух очень чистый

## Практическая работа №3

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗООБЕНТОСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ.

#### ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСА САПРОБНОСТИ ПАНТЛЕ-БУККА В МОДИФИКАЦИИ ЧЕРТОПРУДА И ИНДЕКСА ВУДИВИССА

При мониторинге пресноводных экосистем излюбленным объектом служат животные макрозообентоса. Они удовлетворяют многим требованиям к биоиндикаторам, среди которых: повсеместная встречаемость, достаточно высокая численность, относительно крупные размеры, удобство сбора и обработки, сочетание приуроченности к определенному биотопу с определенной подвижностью, достаточно продолжительный срок жизни, чтобы аккумулировать загрязняющие вещества за длительный период. Бентосные организмы, как правило, не являются хозяйственно ценными или уникальными объектами, поэтому изъятие их из водоема в исследовательских целях не наносит ущерб его экосистеме. В настоящее время в мировой практике используется свыше 60 методов мониторинга, включающие различные характеристики зообентоса.

Наиболее перспективным, а одновременно простым и широко используемым для анализа качества воды является метод Ф. Вудивиса, который разработан в Англии для анализа бентосных проб из прибрежных зон рек и озер по составу фауны. В этом методе учитываются индикаторное значение отдельных видов (таксонов) и изменения разнообразия фауны в условиях загрязнения.

Принцип предложенного в данной работе метода состоит в том, что определение биотического индекса по системе Ф. Вудивиса ведется по рабочей шкале, в которой использована наиболее часто встречаемая последовательность исчезновения индикаторных организмов зообентоса по мере увеличения загрязнения. Для всех живых организмов, представляющих макрозообентос и необходимых для получения результатов в данной работе, предлагается определять так называемую «группу» животных: под понятием «группа» для одних животных подразумеваются отдельные виды, а для других, которых трудно идентифицировать даже с определителем, — более крупные таксоны, например отряд или класс.

Метод измерения сапробности Пантле-Букка (модификация Чертопруда) представляет собой наиболее разработаную систему биоиндикации пресноводных водоемов. Метод основан на том, что учитывается сапробность каждого найденного в пробе индикаторного

таксона (от 0 до 4), его индикаторный вес (от 1 до 4). Обилие организмов не учитывается, что позволяет использовать для оценки сапробности качественные данные наравне с количественными. В качестве меры надежности оценки сапробности в каждой точке рекомендуется использовать суммарный индикаторный вес использованных таксонов.

Индекс Пантле-Букка в модификации Чертопруда рассчитывается по формуле:

$$I = \sum SJ / \sum J,$$

Где S –сапробность каждого найденного в пробе индикаторного таксона; J – индикаторный вес.

В зависимости от степени загрязненности водоемы подразделяются на ксеносапробные –  $< 0,5$ , олигосапробные –  $0,5-1,5$ ,  $\beta$ -мезосапробные –  $1,6-2,5$  для  $\alpha$ -мезосапробные,  $2,6-3,5$ , полисапробные -  $> 3,5$ .

**Полисапробные водоемы** с химической позиции характеризуются очень низким содержанием кислорода и большими концентрациями растворенной углекислоты и высокомолекулярных легко разлагающихся бактериями органических веществ - белков, углеводов. Кислород поступает в воду только за счет атмосферной аэрации и полностью расходуется на окисление. В этих водах интенсивно протекают процессы разложения органического вещества с образованием сернистого железа в донных осадках и сероводорода. Население полисапробных зон обладает незначительным видовым богатством, но отдельные виды могут достигать огромной плотности. Аэрофильные организмы полностью отсутствуют. Очень много сапрофитной микрофлоры. Хорошо развиты гетеротрофные организмы.

**$\alpha$ -мезосапробные водоемы** – характеризуется энергичным самоочищением, в ней присутствуют амино- и амидо- кислоты, условия среды полуанаэробные, характер биохимических процессов восстановительно-окислительный; присутствует сероводород. В процессах очищения вод от органических загрязнений, принимают активное участие зеленые растения, выделяющие кислород в процессе фотосинтеза. Среди последних встречаются некоторые сине-зеленые, диатомовые и зеленые водоросли. Количество сапрофитных бактерий в данной зоне определяется десятками и сотнями тысяч в 1 мл. Железо находится в окисной и закисной формах. Ил серого цвета. Содержатся организмы, приспособленные к недостатку кислорода и высокому содержанию углекислоты. Преобладают растительные организмы с гетеротрофным и миксотрофным питанием.

**$\beta$ -мезосапробные водоемы** – здесь преобладают такие продукты минерализации белков, как аммонийные соединения, нитраты и нитриты,

кислорода обычно много, нередко наблюдается перенасыщенные кислородом. Содержание кислорода и углекислоты колеблется в зависимости от времени суток: днем избыток кислорода, дефицит углекислоты; ночью - наоборот. В данных водоемах нет нестойких органических веществ, произошла полная минерализация. Сапрофитов - тысячи клеток в 1 мл, и резко увеличивается их количество в период отмирания растений. Ил желтый, идут окислительные процессы, много детрита. Процессы самоочищения протекают менее интенсивно, чем в а-мезосапробных. В этих водах разнообразно представлены животные и растительные организмы. Много организмов с автотрофным питанием, наблюдается цветение воды, так как сильно развит фитопланктон.

**Олигосапробные водоемы** – чистые воды, в данных водоемах присутствуют соединения азота в форме нитратов, вода насыщена кислородом; мало углекислого газа, сероводорода нет. Олигосапробные воды представлены, например, практически чистыми водами больших озер. Если такие воды произошли путем минерализации из загрязненных вод, то для них характерна почти полная минерализация органических соединений до неорганических компонентов. Содержание органических соединений, как правило, не превышает 1 мг/л. В олигосапробных водоемах богато представлены многие золотистые и динофитовые. Цветения не бывает. На дне мало детрита, автотрофных организмов и бентосных животных (червей, моллюсков, личинок хирономид).

**Ксеносапробные водоемы** - это воды чистых горных ручьев, небольших ледниковых рек выходы ключей, обедненные биотой и содержащие минимальные количества минеральных соединений и следы органических веществ.

#### **Порядок выполнения лабораторной работы:**

1. Получить у преподавателя задание на карточках.
2. Определить общее число присутствующих групп организмов зообентоса согласно таблице 2.1 и биотический индекс Вудивисса по таблице 2.2.
3. Определить сапробность каждого вида и его индикаторный вес по таблице 2.3.
4. Рассчитать индекс сапробности Пантле-Букка для данного водоема
5. Сделать вывод о качестве воды в данном водоеме 2.4

Таблица 2.1 Список выделяемых в зообентосе «групп» для расчета индекса Вудивиса

Таксон	Достаточный предел определения	Количество групп
Тип плоские черви (Plathelminthes)	До класса	
Тип кольчатые черви (олигохеты или полихеты) (Annelida)	До класса	
Пиявки (класс Hirudinea)	До вида	
ТИП МОЛЛЮСКИ (MOLLUSCA)	До вида	
Тип членистоногие (Anthropoda):		
класс ракообразные (Crustacea)	До вида	
класс паукообразные (Arachnida):	До вида	
клещи (отряд Hydracarina)	До отряда	
Класс насекомые (Insecta):		
личинки стрекоз (отряд Odonata)	До вида	
личинки поденок (отряд Ephemeroptera)	До вида	
личинки веснянок (отряд Plecoptera)	До вида	
Отряд жесткокрылые (жуки) (Coleoptera)	До вида	
Отряд сетчатокрылые (Neuroptera):	До вида	
личинки ручейников (отряд Trichoptera)	До семейства	
Отряд двукрылые (diptera):		
личинки комаров-звонцов (семейство Chironomidae)	До семейства	
личинки других двукрылых (семейство Simuliidae)	До вида	

Таблица 2.2 Рабочая шкала для определения биотического индекса

Организмы	Видовое разнообразие	Общее количество присутствующих групп бентосных организмов					
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	20...
Личинки веснянок (Plecoptera)	более 1 вида	-	7	8	9	10	11
	1 вид	-	6	7	8	9	10
Личинки поденок (Ephemeroptera)	более 1 вида	-	6	7	8	9	10
	1 вид	-	5	6	7	8	9
Личинки ручейников (Trichoptera)	более 1 вида	-	5	6	7	8	9
	1 вид	4	4	5	6	7	8
Бокоплавы (Gammarus)		3	4	5	6	7	8
Водяной ослик (Asellus aquaticus)		2	3	4	5	6	7
Олигохеты (Tubificidae) или личинки звонцов (Chironomidae)		1	2	3	4	5	6
Отсутствуют все приведенные выше группы		0	1	2	-	-	-

Таблица 2.3 Список видов – индикаторов сапробности

Вид	S	J
<b>Hirudinea</b>		
<i>Erpobdella octoculata</i>	3,0	2
<i>Erpobdella nigricollis</i>	3,0	2
<i>Erpobdella lineata</i>	3,0	2
<i>Glossiphonia complanata</i>	2,4	1
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	2,6	2
<i>Piscicola geometra</i>	2,0	2
<b>Oligochaeta</b>		
<i>Tubifex tubifex</i>	3,8	3
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	3,8	2
<i>Pelosclex ferox</i>	1,8	1
<i>Nais pardalis</i>	2,5	3
<i>Nais variabilis</i>	2,5	2
<i>Nais pseudoobtusa</i>	2,5	2
<i>Amphichaeta leudigi</i>	1,8	1
<b>Gastropoda</b>		
<i>Lymnaea auricularia</i>	2,5	1
<i>Lymnaea stagnalis</i>	1,8	1
<i>Lymnaea ovata</i>	2,0	1
<i>Lymnaea truncatula</i>	1,8	1
<i>Valvata piscinalis</i>	2,0	1
<i>Physa fontinalis</i>	2,0	1
<i>Anisus vortex</i>	1,8	1
<i>Bithynia tentaculata</i>	2,2	1
<i>Viviparus contectus</i>	2,0	1
<b>Bivalvia</b>		
<i>Pisidium inflatum</i>	1,6	3
<i>Pisidium amnicum</i>	1,8	1
<i>Anodonta cygnea</i>	2,0	1
<i>Crassiana crassa</i>	1,5	1
<b>Isopoda</b>		
<i>Asellus aquaticus</i>	2,8	2
<b>Plecoptera</b>		
<i>Isogenus nubecula</i>	1,5	4
<i>Isoperla obscura</i>	1,1	3
<i>Isoperla difformis</i>	1,5	4
<i>Nemoura cinerea</i>	1,8	1
<i>Amphinemura sulcicollis</i>	1,5	1
<b>Ephemeroptera</b>		
<i>Ephemera lineata</i>	1,5	2
<i>Baetis rhodani</i>	1,1	1
<i>Potamanthus luteus</i>	1,8	3
<i>Ephemera danica</i>	1,5	3
<i>Procloeon ornatum</i>	1,8	1
<i>Ephemerella ignita</i>	1,9	3
<i>Caenis macrura</i>	0,8	3
<i>Siphonurus aestivalis</i>	2,0	2
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	1,9	1
<b>Odonata</b>		
<i>Agrion virgo</i>	1,5	2
<i>Agrion splendens</i>	2,0	3
<i>Aeschna grandis</i>	2,0	3
<i>Chalcolestes viridis</i>	2,5	3
<i>Platycnemis pennipes</i>	1,5	2
<i>Coenagrion ornatum</i>	2,8	1
<i>Lestes sponsa</i>	2,5	3
<i>Brachytron pratense</i>	2,5	3
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	2,5	3
<b>Heteroptera</b>		
<i>Nepa cinerea</i>	1,6	2
<i>Ranatra linearis</i>	2,0	2
<i>Cymatia coleoptrata</i>	2,0	1
<i>Sigara falleni</i>	2,0	1
<b>Coleoptera</b>		
<i>Lacophilus obscurus</i>	2,0	1
<i>Dytiscus marginalis</i>	2,2	1
<i>Haliplus sp.</i>	1,5	1
<b>Trichoptera</b>		
<i>Molanna angustata</i>	2,0	2
<i>Hydropsyche angustipennis</i>	1,5	1
<i>Hydropsyche pellucidula</i>	1,5	1
<i>Hydropsyche ornatula</i>	1,5	1
<i>Oecetis ochracea</i>	2,0	2
<i>Mystacides nigra</i>	2,5	2
<i>Athripsodes annulicornis</i>	1,0	2
<i>Agrypnia pagetana</i>	2,0	2
<i>Limnephilus flavicornis</i>	1,5	3
<i>Chaetopteryx villosa</i>	1,0	1
<i>Litax obscures</i>	1,5	4
<i>Goera pilosa</i>	1,5	4
<i>Rhyacophila nubile</i>	1,5	2
<i>Neureclipsis bimaculata</i>	1,5	2
<b>Diptera</b>		
<i>Atherix ibis</i>	1,1	4
<i>Atrichopogon sp.</i>	2,0	3
<i>Tabanus sp.</i>	2,5	2
<i>Tipula sp.</i>	2,6	1
<i>Dicranota bimaculata</i>	2,6	1
<i>Chironomus plumosus</i>	3,8	4
<i>Polypedilum convictum</i>	2,0	3
<i>Cryptochironomus</i> gr.	2,5	2
<i>defectus</i>		
<i>Parachironomus sp. vitiosus</i>	2,5	2
<i>Cladotanytarsus mancus</i>	2,2	2
<i>Ablabesmyia monilis</i>	2,0	3
<i>Psectrocladius gr. dilatatus</i>	2,5	3

Таблица 2.4 Классификация качества воды по биологическим показателям

Класс качества воды	Степень загрязнения	Биотический индекс Вудивисса	Сапробность
1	Очень чистая	10	< 0,5
2	Чистая	8-9	0,5-1,5
3	Умеренно грязная	6-7	1,6-2,5
4	Загрязненная	5	2,6-3,5
5	Грязная	3-4	3,5-4,0
6	Очень грязная	0-2	> 4,0

## Практическая работа №4

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗООБЕНТОСА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ. ЗИНЧЕНКО

Предложенный способ комплексной оценки речной системы на основе интегрального индекса экологического состояния экосистемы – ИИЭС, дает возможность оценить суммарный эффект воздействия загрязнения на сообщества гидробионтов и на экосистему в целом.

Основной подход к построению индекса заключается в следующем:

- выделяется некоторое базовое подмножество измеряемых или рассчитываемых показателей гидрохимического (табл. 4.1.) и биологического (табл. 4.2) мониторинга;
- каждый показатель делится на диапазоны (с использованием статистических методов или экспертных оценок);
- для каждого тестируемого объекта (например, участка реки) индекс определяется как усредненная сумма всех показателей в баллах.

Таблица 4.1 Градации концентраций химических веществ для вычисления большой оценки

Показатели	Баллы			
	1	2	3	4
	Пределы изменения концентраций			
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub> , мг/л	>2,5	0,51-2,5	0,2-0,5	<0,2
Азот нитратный N-NO <sub>3</sub> , мг/л	>2,5	0,71-2,5	0,3-0,7	<0,3
Азот нитритный N-NO <sub>2</sub> , мг/л	>0,1	0,021-0,1	0,005-0,02	<0,005
Фосфаты P-PO <sub>4</sub> , мг/л	>0,3	0,101-0,3	0,03-0,1	<0,03

Таблица 4.2 - Градации биологических показателей для вычисления большой оценки

Показатели	Баллы			
	1	2	3	4
	Пределы изменения показателей			
Численность макрозообентоса $N, \text{экз./м}^2$	0-500	501-1000	1001-10000	>10000
Биомасса $B, \text{г/м}^2$	1-5	5.1-10	10.1-15	>15
Количество видов, экз.	0-5	6-10	11-15	>15
Индекс видового разнообразия Шеннона $H, \text{бит/экз.}$	0-1	1.1-2	2.1-3	>3
Биотический индекс $V$	0-2	2-4	4-6	>6
Индекс Пареле $D$	0.81-1	0.56-0.8	0.3-0.55	<0.3

ИИЭС учитывает обе основные составляющие качества пресноводной экосистемы (химическую и биологическую), выраженные в относительных единицах (баллах) и рассчитывается как:

$$\text{ИИЭС} = (S \text{ Vi} + S \text{ Hi}) / (N_b + N_h),$$

где  $V_i$  – используемые биологические показатели,  $H_i$  – используемые гидрохимические показатели ;  $N_h$  и  $N_b$ - количество показателей каждого класса, включенных в расчет.

Категория водоема	Диапазон индекса ИИЭС
-Зона экологического бедствия	<2
-Зона экологического кризиса	2-3
-Зона относительного экологического благополучия	>3

## Практическая работа №5

### МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ТРУБОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ В ВОЗДУХЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, ДИОКСИДА СЕРЫ И ОКСИДА АЗОТА.

В результате техногенного воздействия в атмосферу попадает значительное количество диоксида углерода, диоксида серы и оксида азота.

Диоксид серы - наиболее вредный газ из распространенных загрязнителей воздуха. Он вызывает заболевания дыхательных путей, ведет к возникновению хронического бронхита.

В атмосфере  $SO_2$  под действием кислорода окисляется до  $SO_3$ , последний растворяется в капельках влаги с образованием серной кислоты. Это приводит к выпадению кислотных дождей.

Оксиды азота играют основную роль в образовании фотохимического "смога", влияют они и на разрушение озонового слоя, ведут также к образованию кислых дождей.

Накопление углекислого газа в атмосфере - одна из основных причин парникового эффекта.

Индикаторные трубки являются наиболее простыми в применении и наглядными средствами экспрессного количественного определения концентрации химических веществ в воздухе. Индикаторные трубки широко используются для контроля воздуха рабочей зоны, контроля промышленных выбросов и т.д.

Индикаторная трубка представляет собой герметичную стеклянную трубку, заполненную твердым носителем, который обработан активным реагентом. В качестве носителей реактивов применяют различные порошкообразные материалы: силикагель, оксид алюминия, стекло.

Анализируемый воздух аспирируют через индикаторные трубки с помощью поршневого насоса-пробоотборника.

Определение основано на линейно-колориметрическом методе. Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом, находящимся в анализируемом воздухе. Длина столбика индикаторного порошка, изменившего первоначальную окраску, пропорциональна концентрации вредного вещества. Концентрацию измеряют по градуированной шкале, нанесенной на трубку или прилагаемой отдельно.

**Цель работы:** оценка загрязненности воздуха диоксидом углерода, диоксидом серы и оксидом азота.

**Оборудование и материалы:** трубки индикаторные, поршневой насос-пробоотборник.

**Ход работы.**

В качестве объектов практических работ можно использовать:

- воздух на улице и в аудитории при определении диоксида углерода, диоксида серы и оксида азота;
- воздух, выдыхаемый человеком при определении оксида углерода;
- выхлопные газы автомобильного двигателя или воздух в местах скопления автотранспорта с работающим двигателем при определении оксида углерода, диоксида азота;
- воздух вблизи промышленных площадок, строительных зон, в свежеокрашенных помещениях при определении оксида серы.

В процессе применения индикаторных трубок необходимо выполнить следующие операции.

1. Вскрыть трубку индикаторную (ТИ) с обоих концов.
2. Вставить ТИ в гнездо насоса-пробоотборника концом с перетяжкой.
3. Прососать через ТИ 100(300) см<sup>3</sup> анализируемого воздуха, сделав необходимое число качков аспиратора, кратное "100"
4. Измерить массовую или объемную концентрацию определяемых загрязнителей, для чего:

- совместить границу начала изменения окраски индикаторного слоя ТИ с "0" делением шкалы;
- снять показания по верхней границе изменившего окраску индикаторного слоя;
- при размытости границы раздела окрасок слоев исходного и прореагировавшего индикаторного порошка измерение проводят по нижней и верхней частям границы. За результат измерения принимают среднее значение;
- в присутствии диоксида углерода индикаторная масса изменяет цвет с сиреневого на фиолетовый.
- в присутствии диоксида серы индикаторная масса изменяет цвет с фиолетового на белый;
- в присутствии оксидов азота индикаторная масса изменяет цвет с белого на розовый.

Предельно допустимая концентрация оксидов азота в воздухе рабочей зоны составляет 5,0 мг/м<sup>3</sup>  
 Предельно допустимая концентрация диоксида серы в воздухе рабочей зоны составляет 10 мг/м<sup>3</sup>

## Практическая работа № 6

### МЕТОДИКА ЭКСПРЕССНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО БАКТЕРИАЛЬНОГО ТЕСТА "ЭКОЛЮМ"

Специализированный люминометр "Биотокс-10" является измерительным прибором, предназначенным для проведения экологического мониторинга объектов окружающей среды, с использованием микробных биолюминесцентных сенсоров серии "Эколюм". Сочетание биохимического датчика с современной электронной аппаратурой позволяет обнаруживать с высокой достоверностью чрезвычайно малые количества токсических соединений и их смесей. В приборе используется простая и надежная технология отбора и предъявления проб, которая безопасна при проведении экологической экспертизы, как в лабораторных, так и полевых условиях.

Методика основана на определении изменения интенсивности биолюминесценции генно-инженерных бактерий при воздействии токсических веществ, присутствующих в анализируемой пробе, по сравнению с контролем.

Критерием токсического действия является изменение интенсивности биолюминесценции тест-объекта в исследуемой пробе по сравнению с таковой для пробы с раствором, не содержащим токсических веществ. Уменьшение интенсивности биолюминесценции пропорционально токсическому эффекту.

Острое токсическое действие исследуемой воды на бактерии определяется по ингибированию их биолюминесценции за 30-ти минутный (в экспрессном варианте - 5 минут) период экспозиции. Количественная оценка параметра тест-реакции выражается в виде безразмерной величины - индекса токсичности "Т", равной отношению  $T = 100 (I_0 - I)/I_0$ , где  $I_0$  и  $I$  соответственно интенсивность свечения контроля и опыта при фиксированном времени экспозиции исследуемого раствора с тест-объектом.

#### Термины и определения

*Токсичность* - степень проявления ядовитого действия разнообразных химических соединений и их смесей.

*Критерий токсичности (индекс токсичности)* - достоверное количественное значение тест-параметра, на основании которого делается вывод о токсичности воды.

*Биолюминесценция* - интенсивное свечение в видимой области спектра, отражающее специфическую ферментативную функцию и общую метаболическую активность организмов.

**Цель работы:** определить общую токсичность представленных проб воды по интенсивности биолюминесценции бактерий с помощью прибора "Биотокс-10.

**Оборудование и материалы:** 1) колбы на 250 мл; 2) пипетки химические на 1 мл; 3) дистиллированная вода; 4) прибор "Биотокс"; 5) тест-объект "Эколюм"; 6) пробы воды.

### **Ход работы**

#### Отбор, транспортировка, хранение и подготовка проб.

Обычно для отбора проб используется химически чистая посуда из темного стекла. Объем пробы воды для определения острого токсического действия составляет 10мл. При отборе пробы составляется протокол по утвержденной форме, в котором указывается цель пробоотбора, число, время, место отбора пробы, температура воды. Биотестирование проб воды проводят не позднее 6 часов после их отбора. При невозможности проведения анализа в указанный срок пробы воды охлаждают (+2 - +4°C). Хранить пробы следует не более 24 часов после отбора. Проба воды, подлежащая биотестированию должна иметь рН 6,0-8,0, если рН пробы выходит за указанные пределы, подкисление осуществляют 10%-ным раствором HCl, подщелачивание - 10%-ным раствором NaOH.

#### Подготовка тест-объекта "Эколюм" и прибора "Биотокс"

Вскрыть флакон с лиофилизированным биореагентом. Добавить 10 мл охлажденной до 4-8 °С дистиллированной воды - получают суспензию бактерий. Выдержать суспензию в холодильнике при температуре +2 - +4 °С в течение 30 минут. Перед использованием довести температуру суспензии бактерий до комнатной температуры.

Подготовка прибора "Биотокс" проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Добавить 0,1 мл суспензии бактерий из флакона в кювету люминометра. Затем туда же добавить 0,9 мл дистиллированной воды. Вставить кювету с биореагентом в люминометр и измерить величину интенсивности биолюминесценции за 10 сек. Свечение рабочей суспензии бактерий должно находиться в интервале, превышающим фоновое значение прибора в 25-250 раз. Если обнаруженная величина меньше интервала, то увеличить добавку биосенсора (например, добавлять 0,2 мл и т. д.) и

повторить измерение. Если величина больше интервала, то следует разбавить суспензию бактерий дистиллированной водой и повторить измерение.

#### Процедура биотестирования

При определении индекса токсичности необходимо проводить параллельное измерение контрольных (не содержащих токсических веществ) и опытных проб. Рекомендуется иметь не менее трех повторностей опытной пробы. Существует два варианта измерений. Первый вариант - измеряется контрольная проба и запоминается значение интенсивности свечения. Затем измеряются повторности опытной пробы и прибор автоматически фиксирует значения индекса токсичности каждой пробы, усредненное значение индекса токсичности и погрешности измерения. Вторым вариантом - измеряются последовательно три (или более) пары контроль-опыт. В каждой паре прибор автоматически фиксирует индекс токсичности и в конце измерения выдает значения усредненного индекса токсичности пробы и значения погрешности измерения. Объем добавляемой суспензии бактерий к пробе может быть произвольным, но равным в контроле и исследуемой пробе.

При стандартном анализе отбирают из флакона по 0,1 мл рабочей суспензии бактерий и добавляют в три кюветы от люминометра контрольные и три (или более - до 10) кюветы для пробы. Добавляют в контрольные кюветы по 0,9 мл дистиллированной воды. Добавляют в остальные кюветы по 0,9 мл опытной пробы, замечают время экспозиции и через определенный интервал измеряют интенсивность биолюминесценции бактерий.

Измерение интенсивности биолюминесценции и индекса токсичности проводят с помощью прибора "Биотокс" согласно инструкции по эксплуатации прибора в стандартном варианте через 30 минут экспозиции. В экспрессном варианте допустимо проведение анализа через 5 минут.

По величине индекса токсичности анализируемые пробы классифицируются на три группы (табл. 6.1).

Таблица 6.1

<b>Группы</b>	<b>Значение "Т"</b>	<b>Вывод о степени токсичности пробы</b>
1	меньше 20	допустимая степень токсичности
2	от 20 до 50	образец токсичен
3	равно или больше 50	образец сильно токсичен

## Практическая работа № 7

### ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАННЫМИ ГАЗАМИ АВТОТРАНСПОРТА НА УЧАСТКЕ МАГИСТРАЛЬНОЙ УЛИЦЫ (ПО КОНЦЕНТРАЦИИ СО)

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России и стран СНГ, городах-курортах составляют 60-80% от общих выбросов. Многие страны, в том числе и Россия, принимают различные меры по снижению токсичности выбросов, путем лучшей очистки бензина, замены его на более чистые источники энергии (газовое топливо, этанол, электричество), снижения свинца в добавках к бензину. Проектируются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего, создание в городах зон с ограниченным движением автомобилей и др. Несмотря на принимаемые меры, из года в год растет число автомобилей и загрязнение воздуха не снижается.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бензопирен и бензоантроцен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает ее на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

Данная практическая работа дает возможность оценить загруженность участка улицы разными видами автотранспорта, сравнить в этом отношении разные улицы и изучить окружающую обстановку. Собранные параметры необходимы для расчетов уровня загрязнения воздушной среды, предлагаемого в следующей работе.

#### Ход работы

Студенты разделяются на группы по 3-4 человека (один считает, другой записывает, остальные дают общую оценку обстановки). Студентов предварительно инструктируют, затем размещают на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего

движения каждая группа располагается на своей стороне. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом может проводиться как путем разового практического занятия, так и более углубленно (для курсовых, дипломных работ) с замерами в 8, 13 и 18 часов, в ночные часы. Из ряда замеров вычисляют среднее. Интенсивность движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 мин в каждом из сроков.

Запись ведется согласно таблице 7.1:

Время	Тип автомобиля	Число единиц
	Легкий грузовой Средний грузовой Тяжелый грузовой (дизельный) Автобус Легковой	

На каждой точке наблюдений производится оценка улицы.

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.
2. Уклон. Определяется глазомерно или эклиметром.
3. Скорость ветра. Определяется анемометром.
4. Относительная влажность воздуха. Определяется психрометром.
5. Наличие защитной полосы из деревьев и др.

Итогом работы является суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ-17.2.2.03-77: низкая интенсивность движения - 2,7-3,6 тыс. автомобилей в сутки, средняя - 8-17 тыс. и высокая - 18-27 тыс.

Производится сравнение суммарной загруженности различных улиц города в зависимости от типа автомобилей, дается объяснение различий.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м<sup>3</sup>. Исходными данными для работы служат показатели, собранные студентами во время проведения предыдущей работы.

## Ход работы

Формула оценки концентрации окиси углерода ( $K_{CO}$ ) (Бегма и др., 1984; Шаповалов, 1990):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 N * K_T) * K_A * K_Y * K_C * K_B * K_{II}$$

где:  $0,5$  - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения,  $mg/m^3$ ,

$N$  - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час,

$K_T$  - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода,  $K_A$  - коэффициент, учитывающий аэрацию местности,

$K_Y$  - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона,

$K_C$  - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра,

$K_B$  - то же в зависимости от относительной влажности воздуха,

$K_{II}$  - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{Ti}$$

где:  $P_i$  - состав автотранспорта в долях единицы,  $K_{Ti}$  - определяется по таблице 7.2.

Таблица 7.2

Тип автомобиля	Коэффициент $K_m$
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Значение коэффициента  $K_A$ , учитывающего аэрацию местности, определяется по таблице 7.3.

Таблица 7.3

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент $K_A$
Транспортные тоннели	2,7
Транспортные галереи	1,5
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента  $K_y$ , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по таблице 7.4.

Таблица 7.4

Продольный уклон, °	Коэффициент $K_y$
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра  $K_c$  определяется по таблице 7.5.

Таблица 7.5

Скорость ветра, м/с	Коэффициент $K_c$
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента  $K_e$ , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Относительная влажность, %	Коэффициент $K_в$
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в таблице 7.7.

Таблица 7.7

Тип пересечения	Коэффициент $K_п$
Регулируемое пересечение:	
- со светофорами обычное	1,8
- со светофорами управляемое	2,1
- саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	
- со снижением скорости	1,9
- кольцевое	2,2

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м<sup>3</sup>.  
Снижение уровня выбросов возможно следующими мероприятиями:

1. запрещение движения автомобилей;
2. ограничение интенсивности движения до 300 авт. /час;
3. замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
4. установка фильтров.

## Практическая работа № 8

### ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ НИТРАТАМИ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ В РАЗЛИЧНЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУРАХ

Нитраты - неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. В то же время, в связи с применением в больших масштабах азотных удобрений, поступление неорганических соединений азота в растения возрастает. Избыточное потребление азотных удобрений не только ведет к аккумуляции нитратов в растениях, но и способствует загрязнению водоемов и грунтовых вод остатками удобрений, в результате чего территория загрязнения сельхозпродукции нитратами расширяется. Однако накопление нитратов в растениях может происходить не только от переизбытка азотных удобрений, но и при недостатке других их видов (фосфорных, калийных и др.) путем частичной замены недостающих ионов нитрат-ионами при минеральном питании, а также при снижении у ряда растений активности фермента нитратредуктазы, превращающего нитраты в белки.

Различные виды растений отличаются по степени накопления и содержания нитратов. Существуют, например, виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Большое их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее (табл. 3.1), наименьшее - в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. И между отдельными сортами существуют в этом отношении сильные различия. Так, сорта моркови «шантанэ», «пионер» отличаются низким содержанием нитратов, а «нантская», «лосиноостровская» - высоким. Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними.

Наибольшее количество нитратов содержится в сосущих и проводящих органах растений - корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. А в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2-3 раза больше, чем в листовой пластинке (рис. 3.1). У кабачков, огурцов и т.п. плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинией. При этом заболевании ион  $NO_3$  взаимодействует с гемоглобином крови,

окисляя железо, входящее в гемоглобин, до трехвалентного, а образовавшийся в результате этого мет гемоглобин не способен переносить кислород и человек испытывает кислородную недостаточность: задыхается при физических нагрузках. В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозоамины - сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли. В связи с этим при употреблении в пищу растений - накопителей нитратов важно нитраты разбавлять и употреблять в малых дозах. Содержание нитратов можно уменьшить вымачиванием, кипячением продуктов (если отвар не используется), удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов.

Таблица 8.1. Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции и их допустимый уровень (мг/кг сырой массы по нитрат-иону)\*

Вид растения	Содержание нитратов	Допустимый уровень	
		для открытого грунта	для закрытого грунта
арбузы	40-600	60	
дыни	40-500	90	
капуста белокочанная	600-3000	900	
кабачки	400-700	400	400
картофель	40-980	250	
лук зеленый	40-1400	600	800
лук репчатый	60-900	80	
морковь	160-2200	400	
огурцы	80-560	150	400
перец сладкий	40-330	200	400
петрушка (зелень)	1700-2500	1800	
редис	400-2700	1500	
репа	600-900	700	
салат	400-2900	2000	3000
свекла столовая	200-4500	1400	
томаты	10-180	150	300
укроп	400-2200	2000	3000

\*1) Атлас распределения нитратов в растениях (Институт почвоведения и фотосинтеза РАН), Пущено, 1989; 2) Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства, утвержденные агропромом СССР за № 4228/86 от 24.11.86 и дополнения к ним

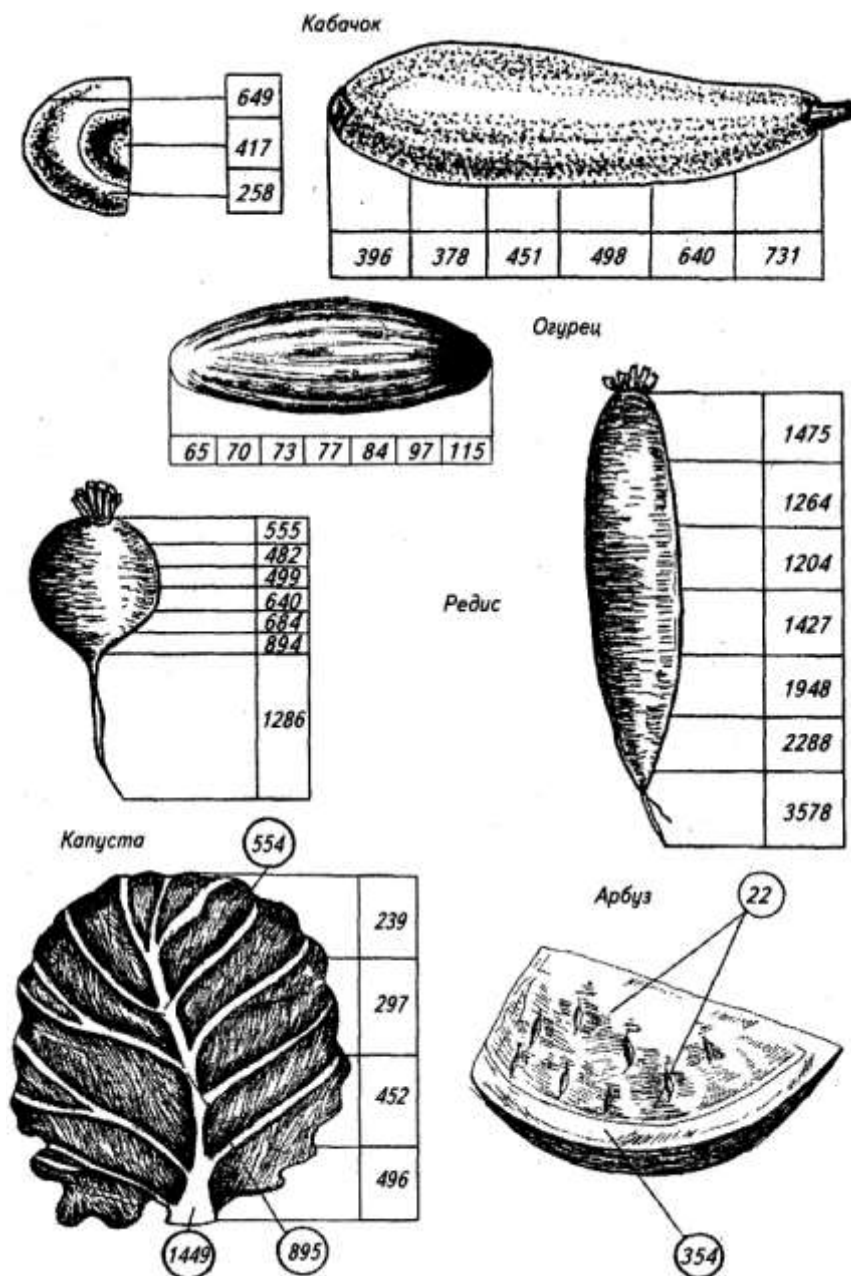


Рис. 8.1. Распределение нитратов в растениях (мг/кг сырой массы)

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, т. е. при массе 50-60 кг - это 220-300 мг, а при 60-70 кг - 300-350 мг.

В предлагаемой работе изложен метод определения нитратов у различных видов овощной продукции, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона с дифениламино. При этом описываются два варианта: с использованием выжатого сока и отвара.

**Цель работы:** определить содержание нитратов в соке и отваре представленных овощей.

**Оборудование и материалы:** 1) ступки малые с пестиками; 2) предметные стекла; 3) марлевые салфетки; 4) мелкие емкости - пузырьки из-под пенициллина с пробками; 5) пипетки химические на 5 мл; 6) пипетки медицинские; 7) скальпели; 8) 1%-ный раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте; 9) дистиллированная вода; 10) термостойкий химический стакан на 0,5-1 л для кипячения овощей; 11) электроплитка; 12) части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов, с неокрашенным соком (капуста, огурцы, кабачки, картофель, дыня и др.).

**Ход работы.** За несколько дней до занятия заготавливаются различные овощи. Овощи следует вымыть и обсушить.

Овощи и плоды расчленяют на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2-3 слоя марли. 2 капли сока капают на чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, добавляют 2 капли дифениламина. Быстро описывают все наблюдаемые реакции согласно таблице 3.2. Повторность опыта 3-кратная.

Таблица 8.2

Баллы	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Сок, срез или отвар окрашиваются быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	> 3000
5	Сок, срез или отвар окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Сок, срез или отвар окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу.	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2-3 минуты	500
2	Окраска быстро исчезает, окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

Анализ начинают с сока овощей, затем помещают их в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятят 10-15 мин, после чего анализируют и отвар. За время варки делают анализ различных частей других овощей и плодов (не менее четырех видов за

занятие). Записывают в общую таблицу на доске и в частную - в тетради (табл. 3.3).

Таблица 8.3 Схема записи содержания нитратов в различных овощах

Исследуемые овощи	Баллы	Содержание нитратов в мг/кг
Картофель свежий		
Отвар картофеля		
Капуста свежая		
Отвар капусты		

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / О.П. Мелехова, Е.И.Егорова, Т.И. Евсеева и др. под ред. О.П.Мелеховой и Е.И Егоровой. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
2. Зинченко, Т.Д. Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация) / Т.Д. Зинченко, Г.С. Розенберг // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1997. – Вып. 3, Изд. 2. – 337 с.
3. Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства: Утверждены Агропромом СССР за № 4228/86 от 24.11.1986 и дополнение к ним. – 92 с.
4. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.: ил.
5. Чертопруд, М.В. Модификация метода Пантле-Букка для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макробентоса // Водные ресурсы, 2002. – Т. 29, № 3. – С. 337-342.
6. Чеснокова, С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы биотестирования / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.
7. ЭБС «Лань» [www.e.lanbook.com](http://www.e.lanbook.com)
8. ЭБС «Юрайт» [www.urait.ru](http://www.urait.ru)
9. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru>
10. ЭБС IPRbooks [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)
11. ЭБС «Рыбохозяйственное образование» <https://klgtu.ru/library/rhobr/>
12. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф/> ФГБУ «Российская государственная библиотека»
- 13.