

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова  
Кафедра физиологии человека и животных

**Н. Н. Тятенкова**

# **Биосоциальные аспекты экологии человека**

*Практикум*

*Рекомендовано  
Научно-методическим советом университета для студентов,  
обучающихся по специальности Биология*

Ярославль 2009

УДК 612.014.49

ББК Б 1я73

Т 99

*Рекомендовано*

*Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного издания. План 2009 года*

Рецензент

кафедра физиологии человека и животных  
Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова

**Тятенкова, Н. Н. Биосоциальные аспекты экологии человека : практикум / Н. Н. Тятенкова; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2009. – 51 с.**

Практикум представляет собой руководство для проведения экспериментальных исследований по изучению влияния факторов окружающей среды на человека. Приведены методы эколого-гигиенической оценки состояния окружающей среды.

Предназначен для студентов факультета биологии и экологии, обучающихся по специальности 020201 Биология (дисциплина «Биосоциальные аспекты экологии человека», блок ОПД), очной и заочной форм обучения.

УДК 612.014.49

ББК Б 1я73

© Ярославский государственный  
университет им. П. Г. Демидова,  
2009

## **Раздел I. Влияние факторов окружающей среды на жизнедеятельность людей**

Под окружающей средой понимают совокупность природных и антропогенных факторов среды. Сочетание природных факторов среды оказывает существенное влияние на здоровье людей. При одном сочетании этих факторов человек чувствует себя комфортно, они оказывают оздоравливающее влияние, при других – нарушают нормальное течение физиологических процессов, способствуют возникновению патологий. В результате хозяйственной и производственной деятельности людей увеличилось количество факторов окружающей среды, которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека. Одна из задач экологии человека – изучение факторов окружающей среды, которые оказывают влияние на жизнедеятельность человека.

### ***Лабораторная работа № 1. Оценка естественного и искусственного освещения***

Световой фактор оказывает на человека высокое биологическое действие и играет первостепенную роль в регуляции основных жизненных функций организма. Он способствует осуществлению зрительной функции, активизирует процессы возбуждения в коре головного мозга, положительно влияет на эмоциональную сферу, усиливает биохимические процессы, активизирует обмен веществ и др. Режим освещения играет существенную роль в регуляции биологических ритмов. В условиях интенсивной освещенности улучшается рост и развитие организма. Воздействие видимого излучения осуществляется через зрительный анализатор и через кожу. Нерациональное освещение способствует развитию близорукости, приводит к снижению умственной работоспособности, ухудшает координацию движений.

В помещениях освещение может быть обеспечено за счет естественного света, искусственных источников света и их комбинации. Однако, учитывая большое физиологическое значение ви-

димой части спектра, все помещения должны иметь естественное освещение.

### Задание 1. Оценка уровня естественного освещения

Естественное освещение помещений создается за счет прямого, рассеянного и отраженного солнечного света. Уровень освещенности естественным светом оценивается с помощью относительного показателя – *коэффициента естественной освещенности* (КЕО). КЕО представляет собой процентное соотношение освещенности внутри помещения с одновременно замеренной освещенностью снаружи.

Естественное освещение помещений зависит от светового климата, который состоит из общих климатических условий местности, степени прозрачности атмосферы, отражающих способностей окружающей среды. Большое значение имеет ориентация окон по сторонам света, расстояние между зданиями, их высота, близость зеленых насаждений, а также величина и форма расположения окон.

*Цель работы:* оценить состояние естественного освещения в учебном помещении.

*Оборудование:* рулетка, калькулятор.

#### Ход работы

1. Определение светового коэффициента (СК). Световой коэффициент – это отношение остекленной поверхности окон ( $S_{\text{остек}}$ ) к площади пола ( $S_{\text{пола}}$ ). Световой коэффициент в учебных помещениях должен составлять 1:4 – 1:5.

Измерьте остекленную часть окон без рам и площадь пола в учебном помещении. Вычислите СК путем деления величины  $S_{\text{остек}}$  на  $S_{\text{пола}}$ . При этом числитель дроби приводится к единице, для чего и числитель, и знаменатель делят на величину числителя.

**Пример:** остекленная поверхность окон в учебной комнате равна  $2,55 \text{ м}^2$ , площадь пола –  $32,5 \text{ м}^2$ .  $\text{СК} = 2,55:32,3$ . Делим числитель и знаменатель на 2,55. Тогда  $\text{СК} = 1:12,6$ . Вывод: световой коэффициент не соответствует гигиеническим нормативам.

2. Определение угла падения. Угол падения показывает, под каким углом лучи света падают на горизонтальную рабочую поверхность. Он должен быть равен не менее  $27^\circ$ .

Измерьте угол падения. Он образован двумя линиями, одна из которых направлена к окну вдоль горизонтальной рабочей поверхности, другая – к верхнему краю окна.

3. Оцените полученные результаты и сделайте вывод.

## **Задание 2. Оценка уровня искусственного освещения**

Искусственное освещение должно восполнять недостаточное естественное освещение. В качестве искусственного освещения используют светильники общего и местного освещения. Светильник состоит из лампы (источник искусственного освещения) и осветительной арматуры. В настоящее время применяют лампы накаливания и люминесцентные лампы. Люминесцентные лампы в зависимости от состава люминофора бывают дневного, белого, холодно-белого, тепло-белого цвета и с улучшенной цветопередачей. Преимущество люминесцентных ламп заключается в том, что они создают рассеянный свет, не дающий резких теней, характеризуются малой яркостью, не обладают слепящим действием. В качестве недостатков следует отметить, что люминесцентные лампы нарушают цветопередачу, вызывают ощущение сумеречности при низкой освещенности, создают монотонный шум, для них характерна периодичность светового потока, которая приводит к появлению стробоскопического эффекта (искажению зрительного восприятия направления и скорости движения объектов).

Количество и мощность ламп выбирают так, чтобы уровень освещенности на рабочих местах в помещении соответствовал гигиеническим нормативам (табл. 1).

Таблица 1

### ***Нормы искусственной освещенности (лк)***

Помещение	лампы	
	люминесцентные	накаливания
Классные комнаты:		
– на рабочих столах,	300	150
– классной доске	300	150
Дисплейный класс	300–500	150–300
Спортивный зал	200	100
Рекреации	150	75

*Цель работы:* оценить состояние искусственного освещения в учебном помещении.

*Оборудование:* люксметр.

### **Ход работы**

1. Ознакомьтесь с принципами работы люксметра. Установите регулятор чувствительности в положении «500». Достаньте фотоэлемент из футляра и поместите его в рабочую зону. Произведите пробный замер уровня освещенности. Если стрелка прибора находится на начальных делениях, необходимо снять насадку из матового стекла с фотоэлемента, которая дает ослабление светового потока в 100 раз. Произведите замеры освещенности, выбрав необходимый диапазон чувствительности переключателем.

2. Измерьте освещенность, создаваемую смешанным освещением (естественным и искусственным), затем при выключенном искусственном освещении. Разница между полученными данными будет соответствовать величине искусственного освещения.

Измерения проведите на рабочем месте, возле доски, в коридоре (рекреации). Результаты занесите в таблицу.

### **Уровень освещения (лк)**

Вид освещения	На рабочем месте	У доски	Рекреация
Смешанное			
Естественное			
Искусственное			

3. Полученные результаты сопоставьте с установленными нормами. Сделайте вывод.

## **Лабораторная работа № 2. Определение температуры воздуха**

Влияние неблагоприятной температуры воздуха на организм человека наиболее выражено в условиях пребывания или работы на открытом воздухе, в некоторых производственных помещениях с очень высокими или низкими температурами воздуха. Наи-

более благоприятную температуру воздуха в жилых и общественных помещениях обеспечивают за счет отопления, вентиляции, использования кондиционеров.

Температуру воздуха в помещениях обычно измеряют ртутным или спиртовым термометрами. Термометр оставляют в месте измерения на 5 минут; чтобы жидкость в нем приобрела температуру окружающего воздуха, после чего регистрируют температуру. Для этой цели можно использовать аспирационный психрометр, сухой термометр которого более точно регистрирует температуру воздуха, так как его резервуар защищен от воздействия лучистого тепла.

Оптимальная температура воздуха в жилых помещениях должна составлять 22–24°C в теплое время года и 18–23°C – в холодное. Перепады температуры воздуха в горизонтальном направлении (от наружной стены до внутренней) не должны превышать 2°C, в вертикальном – 2,5°C на каждый метр высоты. В течение суток колебания температуры воздуха в помещении при центральном отоплении не должны превышать 3°C.

*Цель работы:* определить среднюю температуру воздуха и ее перепады в помещении.

*Оборудование:* термометр.

### **Ход работы**

1. Для определения средней температуры воздуха в помещении сделайте три замера по горизонтали на высоте 1,5 м от пола (в центре комнаты, в 10 см от наружной стены и у внутренней стены) и вычислите среднее значение. По этим же данным судят о равномерности температуры в горизонтальном направлении.

2. Для определения перепадов температуры по вертикали в центре комнаты сделайте измерения у пола на высоте 10 см и на высоте 1,0 и 2,0 м. Вычислите среднее значение и оцените перепады температуры.

3. Результаты измерений занесите в таблицу. Сравните полученные данные с нормативами. Сделайте вывод.

### **Схема точек замера и расчета показателей температуры воздуха**

1. Горизонтальное измерение температуры на высоте 1,5 метра от пола:		
$T_1$	10 см от наружной стенки	
$T_2$	В центре комнаты	
$T_3$	10 см от внутренней стенки	
$T_{cp}$	Среднее:	
$T_1-T_3$	Перепад температуры	
2. Вертикальное измерение температуры в центре комнаты:		
$T_4$	10 см от пола	
$T_5$	1,0 м от пола	
$T_6$	2,0 м от пола	
$T_{cp}$	Среднее:	
$T_4-T_6$	Перепад температуры	

### **Лабораторная работа № 3. Определение атмосферного давления**

Колебания атмосферного давления связаны с погодными условиями и в течение суток, как правило, не превышают 4–5 мм рт. ст. Существенные отклонения атмосферного давления от нормального могут оказывать на человека неблагоприятное влияние.

Атмосферное давление измеряют ртутными барометрами или барометрами-анероидами. Величина давления выражается в миллиметрах ртутного столба или в килопаскалях ( $1 \text{ кПа} = 7,501 \text{ мм рт. ст.}$ ). Обычные колебания атмосферного давления находятся в пределах  $760 \pm 20 \text{ мм рт. ст.}$  ( $101,3 \pm 2,65 \text{ кПа}$ ).

*Цель работы:* определить атмосферное давление.

*Оборудование:* барометр.

#### **Ход работы**

1. При определении давления барометром-анероидом перед отсчетом показаний прибора постучите пальцем по его стеклу для преодоления инерции стрелки.

2. Оцените полученные результаты и занесите в протокол.



## **Лабораторная работа № 4.**

### **Определение влажности воздуха**

Большое влияние на теплообмен организма человека с окружающей средой оказывает влажность воздуха. При сочетании высокой температуры и высокой влажности (более 90 %) испарение пота практически исключено, при этом не происходит охлаждения поверхности кожи, что ведет к перегреванию организма. Чрезмерно сухой воздух при низкой относительной влажности (менее 20 %) иссушает слизистые оболочки носа, глотки, рта. Сочетание сухого воздуха и высокой его подвижности может привести к перегреванию и ухудшению самочувствия человека.

Для характеристики влажности воздуха используют такие величины, как абсолютная, относительная и максимальная влажность, дефицит насыщения и точка росы. *Абсолютная влажность* – это количество водяных паров в граммах, содержащееся в данное время в 1 м<sup>3</sup> воздуха. *Относительная влажность* – это отношение абсолютной влажности к максимальной (%). *Максимальная влажность* – количество водяных паров в граммах, которое содержится в 1 м<sup>3</sup> воздуха в момент насыщения. *Дефицит насыщения* – разность между максимальной и абсолютной влажностью. *Точка росы* – температура, при которой величина абсолютной влажности равна максимальной.

Наибольшее значение при оценке микроклимата имеет относительная влажность. Ее определение проводят при помощи психрометров и гигрометров. Аспирационный психрометр состоит из двух термометров, заключенных в металлические трубочки, через которые при помощи вентилятора просасывают воздух с одинаковой скоростью (2 м/с). При измерении конец одного из термометров, обернутого материей, смачивают водой. Принцип действия психрометра заключается в следующем. С поверхности мокрой ткани, окружающей резервуар термометра, происходит испарение, в связи с чем резервуар влажного термометра теряет больше тепла, чем резервуар сухого, и показания его ниже показаний сухого термометра. Степень испарения воды зависит от влажности воздуха, чем он суше, тем больше разница между показаниями сухого и влажного термометров.

Гигрометры регистрируют непосредственную влажность воздуха. Они состоят из пучка обезжиренных волос (воспринимающий элемент), связанного со стрелкой (регистрирующая часть).

Оптимальная величина относительной влажности воздуха составляет 40–60 %, допустимая – 30–70 %.

*Цель работы:* определить относительную влажность воздуха в помещении.

*Оборудование:* аспирационный психрометр, штатив, глазные пипетки, стеклянный стаканчик на 50 мл, дистиллированная вода.

### **Ход работы**

1. Ознакомьтесь с принципом работы аспирационного психрометра.

2. При помощи пипетки увлажните ткань влажного термометра. Избыток воды удалите встряхиванием прибора.

3. Установите прибор в месте, где нужно определить влажность.

4. Включите вентилятор психрометра, заведя ключ механизма до отказа. Через 4 минуты произведите отсчет показаний обоих термометров.

5. Рассчитайте абсолютную влажность  $P_a$  (г/м) по формуле:

$$P_a = P_m - 0,5 (t_c - t_v) \cdot H : 755,$$

где  $P_m$  – максимальная влажность при температуре влажного термометра (определяется по таблице 2), мм рт. ст.;

0,5 – постоянная;

$t_c$  – температура сухого термометра;

$t_v$  – температура влажного термометра;

$H$  – барометрическое давление в момент исследования, мм рт. ст (или кПа);

755 – среднее барометрическое давление, мм рт. ст. ( или 101,31 кПа).

6. Рассчитайте относительную влажность  $P_0$  (%) по формуле:

$$P_0 = (P_a : P_m) \cdot 100 \ %.$$

7. Относительную влажность по показаниям аспирационного психрометра можно определить по психрометрическим таблицам (таблица 3). Относительную влажность находят в точке пересечения горизонтальной и вертикальной линий, которые соединяют числа, соответствующие показаниям сухого и влажного термометров.

8. Полученные результаты занесите в протокол. Сделайте вывод.

Таблица 2

***Максимальное давление водяных паров при разных температурах, мм рт. ст.***

Целый градус	Десятая доля градуса									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,23	5,37	5,41	5,45	5,49	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,96
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,56	7,63	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,04	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,29	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	12,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,43	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,67	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,10	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	24,96	26,12	26,27	26,43	26,58

27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50

Таблица 3

**Определение относительной влажности воздуха по разнице показаний сухого и влажного термометров аспирационного психрометра Ассмана, %**

Тсух, °C	Температура по влажному термометру, °C														
	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0
18,0	100														
18,5	95	100													
19,0	91	95	100												
19,5	87	91	95	100											
20,0	83	87	91	95	100										
20,5	79	83	87	91	96	100									
21,0	75	79	83	87	92	96	100								
21,5	71	75	79	83	86	91	96	100							
22,0	68	72	76	79	84	87	92	96	100						
22,5	65	68	72	76	81	84	88	92	96	100					
23,0	62	65	69	72	75	80	84	88	92	95	100				
23,5	59	62	66	69	73	76	80	84	88	92	96	100			
24,0	56	59	63	66	68	73	77	80	84	88	92	96	100		
24,5	53	56	60	63	64	69	73	77	81	84	88	92	96	100	
25,0	50	54	57	60	59	67	70	74	77	81	84	88	92	96	100
25,5	48	51	54	57	56	63	67	70	74	77	81	85	88	92	96
26,0	46	48	52	55	54	61	61	67	71	74	77	81	85	88	92

**Лабораторная работа № 5.  
Определение скорости движения воздуха**

Перемещение воздушных масс является метеорологическим фактором. Вместе с температурой воздуха и влажностью влияет на тепловой обмен человека. Это влияние может выражаться в увеличении теплопотерь. Высокая температура и умеренная подвижность воздуха способствуют охлаждению кожи. Интенсивное движение воздуха воспринимается как ветер. Наиболее благоприятная скорость ветра в летнее время составляет 1–4 м/с. Увеличение скорости движения ветра выше 6–7 м/с оказывает раздражающее действие. В жилых помещениях оптимальная скорость движения воздуха – 0,1–0,25 м/с. Более низкая скорость не

оказывает освежающего действия, большая вызывает ощущение сквозняка.

### **Задание 1. Определение скорости движения воздуха чашечным анемометром**

Для определения больших скоростей воздуха (до 50 м/с) используют анемометры, для малых скоростей (до 1–2 м/с) применяют кататермометры.

Анемометры бывают крыльчатые и чашечные. Принцип их действия заключается в том, что воздух при движении оказывает давление на подвижные крылья или чашечки анемометра, которые начинают вращаться. Чем выше скорость движения воздуха, тем быстрее вращение. Чашечный анемометр позволяет измерить скорость движения от 1 до 20 м/с, крыльчатый – от 0,4 до 12 м/с.

*Цель работы:* определить скорость движения воздуха на открытом пространстве.

*Оборудование:* анемометр, секундомер.

#### **Ход работы**

1. Перед определением скорости движения воздуха запишите показания стрелок на циферблате анемометра. Прибор на ноль не ставится.

2. Установите прибор в месте замера навстречу воздушному потоку. Дайте лопастям анемометра 1–2 мин. вращаться вхолостую, чтобы они приняли постоянную скорость вращения.

3. Включите счетчик при помощи рычага, находящегося сбоку циферблата, и одновременно включите секундомер. Через 2 минуты остановите стрелку нажатием рычажка.

Большая стрелка циферблата показывает единицы и десятки условных делений, а малые стрелки – сотни и тысячи условных делений.

4. Определите скорость движения воздуха. Для этого разницу показаний до и в конце наблюдения делят на число секунд, в течение которых проводилось измерение.

**Пример.** Большая стрелка до наблюдения показывала 0 делений, первая малая –  $100 \cdot 2$ , вторая малая – 1000; в сумме – в начале измерения стрелки анемометра показывали 1200. По окончании наблюдения большая стрелка показывала 60, первая малая 200, вторая

малая – 1000, в сумме – 1260. Время измерения 120 с. Рассчитываем скорость движения воздуха  $V=(1260-1200):120=0,5$  м/с.

5. Для уточнения показаний анемометра используют поправочный коэффициент для данного прибора. Поправочный коэффициент внесен в паспорт к прибору.

**Пример:** скорость движения воздуха 0,5 м/с, поправочный коэффициент 1,02 (величина взята из паспорта к прибору). Окончательный результат:  $0,5 \cdot 1,02 = 0,51$  м/с.

6. Полученные результаты занесите в протокол. Сделайте вывод.

## **Задание 2. Определение скорости движения воздуха кататермометром**

Кататермометры могут быть с цилиндрическим или шаровидным резервуаром, заполненным подкрашенным спиртом. Если нагреть кататермометр до температуры более высокой, чем температура окружающего воздуха, то при охлаждении он потеряет некоторое количество калорий, при охлаждении с 38 до 35<sup>0</sup>С это количество будет постоянно для прибора. Эту потерю тепла с 1 см<sup>2</sup> поверхности резервуара определяют лабораторным путем и обозначают на каждом кататермометре в милликалориях, деленных на сантиметры квадратные (мкал/см<sup>2</sup>). Кататермометр не рекомендуется применять при температуре воздуха выше 29<sup>0</sup>С.

*Цель работы:* определить скорость движения воздуха в помещении.

*Оборудование:* кататермометр, термометр, секундомер, марлевая салфетка, штатив, стаканчик стеклянный на 200 мл.

### **Ход работы**

1. Кататермометр нагрейте на водяной бане с температурой 65–70<sup>0</sup>С до тех пор, пока спирт не заполнит наполовину верхнее расширение резервуара.

2. Кататермометр вытрите насухо, повесьте на штатив в месте, где необходимо определить скорость движения воздуха.

3. По секундомеру определите время, в течение которого спирт опустится по капилляру с 38 до 35<sup>0</sup>С, определяя время охлаждения прибора (t).

4. Рассчитайте охлаждающую силу воздуха ( $H$ , мкал/с) по формуле:

$$H = F \cdot t,$$

где  $F$  – фактор кататермометра (мкал/см<sup>2</sup>);  $t$  – время, за которое столбик спирта опустился с 38 до 35<sup>0</sup>С (с).

Фактор кататермометра обозначает количество тепла, теряемое 1 см<sup>2</sup> поверхности резервуара кататермометра при его охлаждении с 38 до 35<sup>0</sup> С. Фактор кататермометра нанесен на обратной стороне прибора.

5. Вычислите величину  $Q$ . Это разница между средней температурой тела (36,5<sup>0</sup>С) и температурой окружающего воздуха:

$$Q = 36,5 - t_{\text{в}},$$

где  $t_{\text{в}}$  – температура воздуха.

6. Найдите соотношение  $H:Q$ .

7. Рассчитайте скорость движения воздуха ( $V$  м/с). Если  $H:Q$  меньше 0,6, расчет скорости движения воздуха проводят по формуле:

$$V = [(H:Q - 0,20) : 0,40]^2$$

Если  $H:Q$  равно или больше 0,6, рассчитывают по формуле:

$$V = [(H:Q - 0,13) : 0,47]^2,$$

где 0,20; 0,40; 0,13; 0,47 – эмпирические коэффициенты.

8. Измерьте скорость движения воздуха возле окна, в центре комнаты. Оцените полученные результаты, занесите их в протокол. Сделайте вывод.

## **Лабораторная работа № 6.**

### **Определение содержания двуокиси углерода в воздухе помещения**

Чистый атмосферный воздух по своему составу представляет смесь газов: кислорода (20,93 %), углекислого газа (0,03–0,04 %), азота (78,1 %) и инертных газов (аргон, гелий, криптон и др.).

Углекислый газ в атмосферу выделяется в результате дыхания живых организмов, горения, гниения, брожения, вулканической деятельности, он может образовываться в ходе производственной деятельности человека.

Углекислый газ является физиологическим возбудителем дыхательного центра и регулирует кислотно-щелочное равновесие. Однако при вдыхании большого количества углекислого газа могут нарушаться окислительно-восстановительные процессы. При увеличении содержания углекислого газа во вдыхаемом воздухе до 3–4 % отмечаются симптомы интоксикации, при 8 % возникает тяжелое отравление и наступает смерть.

Нахождение людей в помещениях приводит к загрязнению воздуха продуктами метаболизма. Изменение физико-химических свойств воздуха неблагоприятно сказывается на самочувствии человека и его работоспособности. Предельно допустимая концентрация углекислого газа в жилых и общественных помещениях составляет 0,1 %.

*Цель работы:* определить содержание углекислого газа в воздухе рабочего помещения.

*Оборудование:* шприц на 100 мл, 0,005 %-ный раствор соды, фенолфталеин.

#### **Ход работы**

1. В шприц набирают 20 мл 0,005 %-ного раствора соды с фенолфталеином, имеющего розовую окраску. Затем засасывают 80 мл воздуха и встряхивают в течение 1 минуты.

2. Если произошло обесцвечивание раствора, воздух из шприца осторожно выжимают, оставив в нем раствор. Вновь набирают порцию воздуха и встряхивают 1 минуту. При обесцвечивании раствора операцию повторяют 3–4 раза, после чего добавляют воздух небольшими порциями по 10–20 мл, каждый



раз встряхивая шприц в течение 1 минуты до обесцвечивания раствора.

3. Подсчитайте объем воздуха, прошедший через шприц. Определите концентрацию углекислого газа, используя таблицу 4.

Таблица 4

***Содержание двуокиси углерода в воздухе***

Объем воздуха, мл	Концентрация CO <sub>2</sub> , ‰	Объем воздуха, мл	Концентрация CO <sub>2</sub> , ‰
80	3,20	370	1,00
160	2,08	380	0,96
200	1,82	390	0,92
240	1,56	400	0,88
260	1,44	410	0,86
280	1,36	420	0,80
300	1,28	430	0,76
320	1,20	440	0,70
330	1,16	450	0,66
340	1,12	460	0,60
350	1,08	470	0,56
360	1,04	480	0,52

***Лабораторная работа № 7.***

***Эколого-гигиеническое заключение состояния воздушной среды в рабочем помещении***

Состояние воздушной среды оказывает существенное влияние на здоровье и работоспособность человека. В первую очередь это определяется физическим состоянием воздушной среды, т. е. микроклиматом. *Микроклимат* – это климат приземного слоя воздуха небольшой территории (поля, площади города) или искусственно созданные климатические условия в закрытых помещениях. Микроклимат оценивается по показателям температуры воздуха, относительной влажности и подвижности воздуха, величиной атмосферного давления, интенсивностью тепловых излучений. Эколого-гигиеническое значение этих показателей заключается в их влиянии на тепловое равновесие организма.

По степени влияния на тепловой баланс человека микроклимат жилых помещений подразделяется на комфортный и дискомфортный (нагревающий или охлаждающий). Микроклимат производственных помещений, в отличие от жилых и общественных, отличается большей дифференцированностью и большей разницей оптимальных значений его основных физических факторов.

*Комфортный микроклимат* характеризуется таким сочетанием составляющих его физических параметров, при котором механизмы терморегуляции не напряжены, высока физическая и интеллектуальная работоспособность человека. *Оптимальные микроклиматические условия* характеризуются такими параметрами микроклимата, которые при их сочетанном воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают сохранение теплового состояния организма с минимальным напряжением терморегуляции, отсутствие дискомфортных теплоощущений и способствуют сохранению высокой работоспособности. *Допустимые микроклиматические условия* отличаются такими параметрами микроклимата, которые при их сочетанном воздействии на человека в течение рабочей смены могут вызвать изменение теплового состояния, приводящее к умеренному напряжению механизмов терморегуляции, незначительным дискомфортным локальным теплоощущениям, при этом трудоспособность может быть снижена, здоровье не нарушается. *Вредные микроклиматические условия* формируются параметрами микроклимата, которые при их комплексном действии на человека в течение рабочей смены вызывают такие изменения теплового состояния организма, которые характеризуются выраженными дискомфортными теплоощущениями, значительным напряжением механизмов терморегуляции, снижением работоспособности, возможны нарушения здоровья. *Опасные микроклиматические условия* – это те параметры микроклимата, которые при их сочетанном действии на человека в течение непродолжительного (менее одного часа) времени вызывают изменение теплового баланса и могут привести к нарушению состояния здоровья и возникновению риска смерти.

Критерием для формирования микроклимата является тепловое состояние человека, которое оценивается по таким показателям, как температура тела, градиент температур кожи на туловище и конечностях, величина теплопотерь через испарение. В качестве дополнительных критериев выступают показатели, характеризующие состояние ЦНС, вегетативной нервной системы, уровень энергозатрат.

При гигиенической оценке воздействия физических факторов воздушной среды на организм человека необходимо учитывать весь их комплекс: атмосферное давление, температуру воздуха, его влажность и скорость движения. Для создания комфортного самочувствия людей рекомендуется соблюдать определенные параметры этих факторов в помещении (таблицы 5, 6). При этом перепады температуры воздуха в горизонтальном направлении (от наружной стены до внутренней) не должны превышать 2°C, в вертикальном – 2,5°C на каждый метр высоты. В течение суток колебания температуры воздуха в помещении при центральном отоплении не должны превышать 3°C.

Таблица 5

***Параметры микроклимата в жилых помещениях***

Показатель	Период года	Температура воздуха, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальный	Холодный	18–23	40–60	0,1–0,25
	Теплый	22–24	40–60	0,1–0,25
Допустимый	Холодный	17–25	15–75	< 0,15
	Теплый	20–28	20–60	< 0,2

Таблица 6

**Оптимальные нормы микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений**

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха не более, м/с
Холодный	I а	22–24	60–40	0,1
	I б	21–23		0,1
	II а	19–21		0,2
	II а	17–19		0,2
	III	16–18		0,3
Теплый	I а	23–25	60–40	0,1
	I б	22–24		0,1
	II а	20–22		0,2
	II а	19–21		0,2
	III	18–20		0,3

*Цель работы:* дать эколого-гигиеническое заключение состоянию воздушной среды в рабочем помещении.

*Оборудование:* для работы необходимы результаты исследований, полученные в ходе выполнения лабораторных работ № 1–5.

**Ход работы**

1. Измерьте в рабочем помещении температуру, влажность, скорость движения воздуха и содержание двуокиси углерода (см. лабораторные работы № 1–5).

2. Полученные результаты занесите в таблицу и сравните с нормативными величинами.

**Эколого-гигиенические показатели рабочего помещения**

Показатель (средние значения)	Нормативная величина	Результаты исследования
Температура воздуха, С°		
Атмосферное давление, мм рт. ст		
Относительная влажность, %		
Скорость движения воздуха, м/с		
Содержание углекислого газа, %		

3. Дайте общее заключение по состоянию воздушной среды в помещении.

**Пример.** В ходе работы установлено, что барометрическое давление составляет 750 мм рт. ст.; средняя температура воздуха в помещении – 25 °С, колебания по горизонтали – 1,0 °С, колебания по вертикали – 2 °С на 1 м высоты; относительная влажность – 25 %; скорость движения воздуха – 0,1 м/с; содержание углекислого газа – 0,15%.

Полученные показатели не соответствуют гигиеническим нормативам: повышенная средняя температура воздуха и низкая относительная влажность будут способствовать обезвоживанию организма в результате усиления теплоотдачи путем испарения; низкая скорость движения воздуха и высокое содержание в нем углекислого газа свидетельствуют о недостаточном воздухообмене в помещении, что будет способствовать увеличению теплоотдачи конвекционным способом. Перепады температуры и барометрическое давление находятся в пределах нормы.

Рекомендации: для улучшения состояния воздушной среды необходимо усилить интенсивность проветривания помещения и способствовать увлажнению воздуха.

## Раздел II. Воздействие антропогенных факторов на здоровье людей

*Антропогенные факторы среды* – это факторы, возникновение которых обусловлено хозяйственной или иной деятельностью человека. Факторы, загрязняющие окружающую среду, многочисленны и разнообразны по своему состоянию и степени вредности. Вредные факторы, вызывающие снижение уровня здоровья и приводящие к различным заболеваниям, можно разделить на несколько групп: химические факторы (экотоксиканты), физические факторы (шум, вибрация, ионизирующее излучение и др.), аэрозоли (пыль), биологические факторы (инфекционные, паразитарные и др.).

## **Лабораторная работа № 8.**

### **Методы измерения вибрации**

Физической основой вибрации являются механические колеблющиеся движения твердых тел. Вибрация, как и шум, характеризуется частотой колебаний в секунду (герцы), а также величиной амплитуды колебательного движения (полуразмахом).

Для измерения интенсивности вибрации существуют приборы, называемые виброметрами и вибрографами. Последние позволяют получать графическую запись движений колеблющегося тела – виброграмму.

*Цель работы:* измерить уровень вибрации.

*Оборудование:* измеритель вибрации типа VM-6.

#### **Ход работы**

1. Для измерения уровня вибрации установите прибор на источник вибрации и приведите в рабочее состояние. Переключатель рода работы (нижний) поставьте в положение “Aus” (выключено).

Переключатели на приборе поставьте в следующие положения:

- переключатель рода работ (нижний) – в положение “а”;
- переключатель U/Q – в положение U;
- переключатель диапазонов измерений (верхний) – в поддиапазон “а<sub>н</sub>” и положение **300**.

Включить блок питания прибора в сеть.

2. Используя переключатель диапазона измерения, ступенчато увеличивайте чувствительность так, чтобы стрелка измерительного прибора находилась в пределах правой половины шкалы.

3. Снимите показания прибора в абсолютных величинах виброускорения ( $w$ ). Относительные уровни выброскорости и виброускорения вычисляются по формулам (дБ):

$$L_v = 201g(V:5 \cdot 10^{-8})$$
$$L_w = 201g(w:3 \cdot 10^{-4})$$

4. Полученные результаты занесите в протокол. Сделайте вывод.

## **Лабораторная работа № 9.**

### **Влияние вибрации на организм человека**

При соприкосновении вибрирующего объекта с телом человека вибрация передается на ткани организма, в результате чего раздражаются нервные рецепторы разных органов и тканей. При этом в зависимости от интенсивности и длительности воздействия на рецепторы возникает соответствующий более или менее интенсивный рефлекторный ответ, выражающийся в изменении функционального состояния определенных систем организма.

В зависимости от степени распространения вибрации в тканях организма ее условно делят на общую, распространяющуюся на все тело, и местную, когда распространение ограничено. Степень распространения вибрации в тканях организма зависит в основном от амплитуды колебательных движений. Колебания с малой амплитудой хорошо гасятся тканями человеческого тела. С увеличением амплитуды зона распространения вибрации увеличивается.

Клинические проявления при воздействии местной вибрации начинаются с легких функциональных сдвигов, наиболее выраженных в местах приложения вибрации (нарушение болевой и вибрационной чувствительности, изменение капилляроскопической картины, температуры кожи и т. д.). При интенсивном длительном воздействии вибрации на организм может развиваться выраженная симптоматика вибрационной болезни: чувство онемения и парестезии в местах приложения вибрации; стойкий спазм мелких сосудов; повышенная чувствительность к холодовым воздействиям; изменения в костно-мышечном и связочном аппаратах суставов. Патологические изменения в организме при воздействии общей вибрации более разнообразны и выражаются главным образом в нарушении деятельности вестибулярного аппарата и центральной нервной системы.

Основными методами изучения действия вибрации на организм являются: исследование вибрационной чувствительности, капилляроскопия, определение температуры кожи.

## **Задание 1. Исследование вибрационной чувствительности**

Исследование проводится для определения ранних стадий функциональных нарушений, связанных с воздействием вибрации. Для исследования используют специальные приборы, измеряющие вибрационную чувствительность, при помощи которых можно определить пороги вибрационной чувствительности в разных частотных диапазонах. Метод основан на плавном увеличении амплитуды колебательных движений и установлении минимальной амплитуды, при которой обследуемый начинает ощущать вибрацию.

*Цель работы:* определить порог вибрационной чувствительности в норме и при различных воздействиях.

*Оборудование:* прибор для измерения вибрационной чувствительности (ВТ-2), источник вибрации, ванночка с охлажденной водой, термометр.

### **Ход работы**

1. Подготовить прибор к работе: установить на лицевой панели бланк для виброграммы, включить прибор (кнопка ВКЛ), после чего на панели загорается световой индикатор зеленого цвета. Через 5 минут прибор готов к работе.

Исследование проводится несколько раз при разных частотных характеристиках вибрации. Устанавливают непрерывный режим работы – «РОД РАБОТЫ I».

2. Обследуемый помещает указательный или средний палец на вибрирующую площадку прибора. На определенной частоте увеличивают амплитуду колебательных движений вибрирующей площадки. При первом ощущении вибрации обследуемый должен сообщить об этом экспериментатору. Затем переходят к испытанию на следующей, более низкой частоте и т. д. Важным условием является отсутствие возможности наблюдения обследуемого за панелью прибора.

3. Порог вибрационной чувствительности определяется как средняя величина из шести измерений (три по восходящей и три по нисходящей).

4. Оцените вибрационную чувствительность после вибронагрузки. Вибронагрузка осуществляется на указательный (сред-



ний) палец в течение двух минут при помощи электромагнита с подвижным якорем.

Обычно после воздействия вибрации ее пороги возрастают в результате утомления вибрационных анализаторов. При длительном воздействии вибрации наблюдается стойкое снижение вибрационной чувствительности.

5. Оцените вибрационную чувствительность после охлаждения. Для этого испытуемому предлагают опустить кисть в воду с температурой 15 °С на пять минут. Охлаждение кисти проводят перед каждым определением порога.

6. Полученные результаты внесите в протокол. Сравните порог вибрационной чувствительности в покое, после вибронагрузки и охлаждения.

## **Задание 2. Капилляроскопия**

Капилляроскопическое исследование проводится специальным микроскопом с осветителем отраженного света с применением осветляющей жидкости (кедрового масла). Наиболее удобно осматривать капилляры кожи около ногтевого ложа IV пальца левой руки.

*Цель работы:* провести капилляроскопическое обследование после вибронагрузки.

*Оборудование:* микроскоп для капилляроскопии, кедровое масло, источник вибрации.

### **Ход работы**

1. У испытуемого, находящегося в состоянии покоя, ногтевое ложе четвертого пальца левой руки обрабатывают кедровым маслом и исследуют под микроскопом.

При исследовании обращают внимание на форму и ширину капилляров, особенности тока крови. У здоровых людей капилляры расположены обычно правильными рядами с двумя-тремя мягкими изгибами параллельно друг другу. Ток крови в них быстрый, равномерный.

2. Исследование повторяют после вибронагрузки. Вибронагрузка осуществляется на указательный (средний) палец в течение двух минут при помощи электромагнита с подвижным якорем. Отметьте наблюдаемые изменения. При воздействии вибра-

ции капилляры становятся более извилистыми, деформированными (состояние спазма и атонии). Артериальное колено бывает резко сужено, венозная ветвь, наоборот, чаще расширена. Ток крови обычно замедлен.

3. Результаты занесите в протокол. Сделайте вывод.

### **Задание 3. Определение температуры кожи**

Местное воздействие вибрации может изменять не только чувствительность, характер кровообращения, но и температуру кожи. В связи со спазмом сосудов при воздействии вибрации температура поверхности кожи снижается.

*Цель работы:* оценить изменения температуры кожи после вибронагрузки.

*Оборудование:* электронный термометр, источник вибрации.

#### **Ход работы**

1. Измерьте температуру кожи электронным термометром. Для этого после 10-минутного пребывания в состоянии покоя испытуемому накладывают на ладонную поверхность II или III пальца правой руки (наиболее подверженной вибрации при работе с вибрирующим инструментом).

2. Повторно измерьте температуру кожи после вибронагрузки. Вибронагрузка осуществляется на указательный (средний) палец в течение двух минут при помощи электромагнита с подвижным якорем.

3. Полученные результаты занесите в протокол. Сделайте вывод.

## **Лабораторная работа № 10. Измерения уровня шума**

*Шум* – это беспорядочное сочетание звуков разной частоты и интенсивности. В производственных условиях источником звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела, вызывающие сгущение и разрежение воздуха. Звуковая волна характеризуется величиной давления ( $p$ ), представляющей собой разность между давлением максимального сгущения и атмосферным давлением, измеряемой в системе СИ в

ньютонaх, деленных на метры квадратные ( $\text{Н/м}^2$ ). Звуковая волна является носителем энергии. Эту энергию называют силой звука ( $I$ ) и выражают в ваттах, деленных на метры квадратные ( $\text{Вт/м}^2$ ).

Для гигиенической характеристики шума пользуются не физическими величинами (давление, энергия), а относительными, учитывающими субъективное восприятие звука. Увеличение силы звука вызывает повышение его громкости, но громкость возрастает гораздо медленнее, чем увеличивается звуковое давление. Между этими величинами существует логарифмическая зависимость. Поэтому шкала уровней звукового давления представляет собой логарифмы энергетических величин звука от порога слухового ощущения ( $10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ), принятого за ноль, до болевого порога ( $10^{-2} \text{ Вт/м}^2$ ). Выражается эта шкала в белaх (Б) или децибелaх (дБ) и укладывается в пределы от 0 до 140 дБ (0–14 Б).

По частотной характеристике различают низкочастотные (16–350 Гц), среднечастотные (350–800 Гц), высокочастотные (более 800 Гц) шумы. Слуховой анализатор более чувствителен к высоким тонам, чем к низким, в связи с чем предусмотрен дифференцированный подход к допустимым уровням шума в зависимости от его частотной характеристики, а также времени воздействия и характера труда.

Вредность шума оценивают по уровню звукового давления в децибелaх А (интенсивность) в зависимости от частотной характеристики (в октавных полосах со средними геометрическими частотами, измеряемыми в герцах) при сравнении с предельно допустимым уровнем (ПДУ).

*Предельно допустимый уровень* – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований. Соблюдение ПДУ не исключает нарушений здоровья сверхчувствительных лиц. Для помещений жилых и общественных зданий ПДУ проникающего извне шума представлены в таблице 7.

Таблица 7

***Предельно допустимые уровни звука на рабочих местах (дБА)***

Напряженность трудового процесса	Физическая нагрузка		Тяжелый труд		
	легкая	средняя	1-я степень	2-я степень	3-я степень
Легкая степень	80	80	75	75	75
Средняя степень	70	70	65	65	65
1-я степень	60	60	-	-	-
2-я степень	50	50	-	-	-

Для измерения уровней шума обычно используют приборы ИШВ-1, шумомер и анализаторы шума АШ-2М и др. Их принцип работы состоит в преобразовании параметров электрического тока под влиянием звуковой энергии с помощью микрофона и регистрации этих изменений специальными индикаторами. Многие приборы отградуированы непосредственно в децибелах, другие дают показания в относительных единицах. Импульсный шумомер 00 014 предназначен для измерения общего и импульсного действующего значения уровня звука в стандартном диапазоне частот.

*Цель работы:* оценить уровень шума в помещении.

*Оборудование:* шумомер.

**Ход работы**

1. Познакомьтесь с принципом проведения исследования.

Согласно правилам уровень шума на рабочем месте в помещениях замеряют не менее чем в трех точках. Микрофон, воспринимающий шум, следует располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки (или на высоте головы человека, работающего сидя). Он должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от человека, совершающего измерение. При измерении могут быть определены общие уровни звукового давления, спектральный состав шума в октавных полосах, а также эквивалентные уровни звука в децибелах А (дБА), которые нормируются СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. Преимущество измерения шума в децибелах А заключается в том, что оно позволяет определять превышение допустимых уровней шума без его спектрального анализа в октавных полосах.

2. Подготовьте прибор к работе:
  - закрепите микрофон в микрофонном разъеме прибора;
  - регулятор чувствительности поверните в крайнее левое положение так, чтобы указатель на ручке находился около 130 дБ;
  - включите прибор, нажав кнопку 0/I (стрелка индикатора, отклоняющаяся при включении, возвращается через несколько секунд в исходное состояние);
  - проверьте напряжение питания, нажав кнопку “-П-“, при этом стрелка должна находиться внутри черного поля;
  - переключатель «режим» поставьте в положение «LIN»;
  - кнопки «S/F» и «I» отпущены, режим – медленно;
3. Проведите измерения уровня шума в помещении:
  - регулятор чувствительности «db» поверните вправо из положения «130 db» настолько, чтобы при измерении уровня шума отклонение стрелки индикаторного прибора находилось в диапазоне от 0 до 10 дБ показаний индикатора – это искомый уровень звукового давления.

**Пример.** Регулятор чувствительности установлен на диапазоне 60 дБ, стрелка прибора отклонилась до деления 9. Следовательно, величина уровня звукового давления составляет сумму:  $60+9 = 69$  дБ.
4. После измерений установите переключатель чувствительности в крайнее левое положение – «130 db»; переключатель «режим» поставьте в положение «A». Повторно проведите измерения (см. пункт 3).
5. После измерений установите переключатель чувствительности в крайнее левое положение – «130 db». Выключите прибор, отжав кнопку 0/I.
6. Полученные результаты занесите в таблицу, оцените уровень шума в помещении. Сделайте вывод.

### ***Уровень шума (дБ)***

Место измерения:	LIN	dbA
Уровень шума в лаборатории		
Уровень шума при работе приборов		
Уровень шума при разговорной речи		
Уровень шума во время перемены		

## **Лабораторная работа № 11.**

### **Оценка влияния шума на организм человека (тональная аудиометрия)**

В промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте существует большое число видов профессиональной деятельности, связанных с возможностью воздействия на человека производственного шума. Неблагоприятное действие шума зависит от его интенсивности, длительности и спектрального состава, сопутствующих вредных производственных факторов, а также от исходного функционального состояния организма, подвергающегося шумовому влиянию. Под воздействием шума в организме работающих появляются многообразные патологические изменения, степень выраженности которых зависит от соотношения указанных выше факторов. Симптомокомплекс изменений, развивающихся в организме под действием шума, называют шумовой болезнью.

*Шумовая болезнь* – это общее заболевание организма, для которого характерно преимущественное поражение центральной нервной системы и слухового анализатора. Клинические проявления, возникающие в организме под влиянием шума, делятся на специфические (изменения в органе слуха) и неспецифические (изменения в других органах и системах).

Результатом воздействия шума на слуховую функцию является развитие профессиональной тугоухости и глухоты. Вначале под влиянием шумового воздействия понижается слуховая чувствительность. Если после воздействия шума чувствительность к нему понижается не более чем на 10–15 дБ, а восстанавливается за 2–3 мин, то это временное физиологическое приспособление, которое носит название слуховой адаптации. Однако при длительном воздействии шума адаптационная способность истощается. Период восстановления затягивается, порог чувствительности повышается более значительно, что свидетельствует об утомлении слуха. Хроническое утомление слуха переходит в профессиональную тугоухость и глухоту. Из неспецифических изменений, происходящих под воздействием шума, следует отме-

тить нарушения со стороны центральной нервной системы, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной систем и др.

Для изучения воздействия шума на организм человека используют различные методы, характеризующие изменения центральной нервной системы (исследование латентного периода условного рефлекса с помощью хронорефлексометра), слухового анализатора (тональная аудиометрия, определение критической частоты «звуковых мельканий»), сердечно-сосудистой системы (артериальная осциллография, пульсотохметрия). *Аудиометрия* – исследование пороговых величин слухового анализатора.

*Цель работы:* провести тональную аудиометрию в покое и после шумовой нагрузки.

*Оборудование:* аудиометр.

### **Ход работы**

1. Подготовьте прибор к работе:
  - переключатель «К-В» поставьте в положение «В»;
  - регулятор уровня звука (вертикальный ползунковый переключатель) поставьте в крайнее нижнее положения, при этом интенсивность сигнала в наушниках будет минимальна;
  - регулятор частоты звука (горизонтальный ползунковый переключатель) установите на диапазон 1000 Гц;
  - включите прибор, нажав кнопку «сеть ~»;
  - в обоих каналах нажать кнопку «тон», при этом над переключателем загораются сигнальные лампочки.

2. Оцените пороговые величины у испытуемого в состоянии покоя:

- на лицевой панели укрепите бланк аудиограммы;
- наденьте испытуемому наушники соответственно маркировке;
- испытуемый должен расположиться так, чтобы не видеть манипуляций экспериментатора;
- ознакомьте испытуемого предварительно со звуковыми раздражителями всего диапазона частот, проводите исследование сначала на частоте 1000, потом 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 10000 Гц, потом снова на 1000 Гц и на более низких частотах – 500, 250, 125 Гц. При этом интенсивность тона снижают до нуля, затем постепенно увеличивают ее до тех пор, пока испы-

тующий не услышит звук; о восприятии сигнала испытуемый сообщает нажатием выносной кнопки, при этом на панели прибора загорается лампочка;

– экспериментатор фиксирует ответы испытуемого на бланке аудиограммы.

3. Тональная аудиограмма после шумовой нагрузки. Повторите исследование тональной аудиометрии после шумовой нагрузки. Для этого используйте генератор шума аудиометра:

- выключите кнопку «тон»;
- нажмите обе кнопки «шум»;
- после двух минут шумовой нагрузки определите пороговые характеристики слуха.

4. Результаты исследований занесите в протокол. Сравните аудиограммы в состоянии покоя и после шумовой нагрузки. Сделайте вывод.

## **Лабораторная работа № 12.**

### **Оценка запыленности воздушной среды**

Производственная пыль является весьма распространенным, а при некоторых производственных процессах – основным вредным фактором.

Характер воздействия пыли на организм многообразен и зависит от ряда ее свойств, прежде всего химического состава. Пылевые частицы ряда химических веществ обладают выраженной токсичностью и при попадании в организм могут вызывать отравления. К таким видам пыли относится пыль бериллия, ванадия, окиси кадмия, свинца и др.

Пыль, не обладающая выраженной токсичностью, может приводить к развитию хронических неспецифических заболеваний легких, выражающихся в продуктивной реакции с развитием соединительной ткани: пневмокониозов, бронхитов, трахеитов, пневмоний, конъюнктивитов пылевой этиологии.

В зависимости от химического состава нетоксической пыли различают следующие виды пневмокониозов:

- 1) силикоз, вызываемый пылью, содержащей  $\text{SiO}_2$  в свободном состоянии;



2) силикатозы (асбестоз, талькоз, цементоз и др.), связанные с попаданием в легкие силикатов минералов, содержащих  $\text{SiO}_2$  в связанном состоянии;

3) антракоз, развивающийся от вдыхания угольной пыли;

4) пневмокониозы от пыли, не содержащей  $\text{SiO}_2$  ни в свободном, ни в связанном состоянии (алюминоз, сидероз, станиоз и др.);

5) пневмокониозы от смешанной пыли (силикоантракоз, силикосидероз и т. д.).

Некоторые виды пыли вызывают в легких и других органах гранулематозный процесс (бериллий), другие способны вызывать аллергические заболевания (меховая, растительная пыль).

Важным свойством пыли является ее дисперсность. От степени дисперсности пылевых частиц зависят как стойкость пылевого аэрозоля в воздухе производственного помещения, так и степень задержки частиц пыли в дыхательных путях. Выраженной фиброгенной активностью обладают аэрозоли дезинтеграции с частицами менее 5 мкм и аэрозоли конденсации с частицами менее 0,3–0,4 мкм, так как они обладают глубокой проникающей способностью и задерживаются непосредственно в альвеолах. Более крупные частицы, как правило, задерживаются в верхних дыхательных путях и затем выводятся с мокротой.

Для санитарной оценки воздушной среды в помещении определяют содержание пыли в воздухе, степень ее дисперсности, морфологию пылевых частиц и их химический состав.

Содержание пыли в воздухе регламентируют в зависимости от ее химического состава. Санитарными правилами предусматриваются допустимые уровни более чем для 130 видов различных производственных аэрозолей.

### **Задание 1. Определение содержания пыли в воздухе**

Содержание пыли в воздухе определяется по ее массовому количеству в единице объема и выражается в миллиграммах, деленных на метры кубические (весовой метод), и по числу пылинок в  $1 \text{ см}^3$  воздуха (счетный метод). Весовой метод основан на задержке пыли из известного объема воздуха на фильтре с предварительным и последующим взвешиванием фильтра на анали-

тических весах. В качестве фильтрующего материала используют специальные ткани или вату (стеклянную или хлопчатобумажную), закладываемые в трубки (аллонжи), которые могут быть стеклянными, пластмассовыми или металлическими.

В последнее время наибольшее распространение получили фильтры АФА из ткани ФПП-15. Они обладают рядом ценных качеств: высокой эффективностью пылеулавливания; малым сопротивлением току аспирируемого воздуха; стойкостью к химическим агрессивным средам; отсутствием необходимости высушивания фильтров до и после аспирации (за исключением случаев отбора проб в условиях высокой влажности). Эти фильтры могут быть использованы для последующего определения степени дисперсности и морфологии пылевых частиц после их просветления в органических растворителях.

Для фильтра АФА обычно используют металлические или пластмассовые аллонжи в виде воронок, в широкой части которых при помощи гайки укрепляют фильтр. Для отбора проб воздуха с целью определения содержания в нем пыли используют аспираторы. Электрические аспираторы предназначены для отбора воздуха на участках производства, где имеется подводка электрического тока, и состоят из воздуходувки, электромотора и реометров. При отсутствии подвода электрического тока, а также на взрывоопасных производствах для отбора проб воздуха используют эжекторный аспиратор АЭРА.

*Цель работы:* провести количественное определение содержания пыли в воздухе.

*Оборудование:* электроаспиратор, фильтры АФА, секундомер, весы аналитические.

### **Ход работы**

#### **1. Подготовьте прибор к работе:**

- выньте из кассеты комплект фильтра, вскройте пакетик и разверните защитные кольца, после чего взвесьте фильтр с точностью до 0,0001 г, уложите фильтр в пакетик и кассету;
- на месте отбора пробы необходимо вынуть фильтр из пакетика и кассеты, вставить в пластмассовую воронку (аллонж) и плотно закрепить;

– используя шланг, присоедините к штуцерам на лицевой панели аспиратора воронки с фильтрами.

2. Произведите отбор пробы воздуха. Для этого после включения компрессора следите за поплавком реометра, постепенно открывая кран подачи воздуха. Отсчет показаний реометра производят по показаниям верхнего края поплавка. Объем воздуха для определения должен быть не менее 50 л. Продолжительность отбора пробы фиксируйте по секундомеру.

Время аспирации воздуха при определении его запыленности рассчитывают опытным путем исходя из уровня его загрязненности. Для получения достаточно четких результатов необходимо, чтобы привес фильтра составил не менее 3–5 мг. При большой запыленности это достигается аспирацией 120–200 л воздуха при скорости 10 л/мин. При незначительном содержании пыли протягивают больший объем (до 0,5 м<sup>3</sup>), что удлиняет время отбора проб. При использовании фильтров из ткани ФПП минимальный привес должен быть не менее 1 мг, максимальный – не более 25–50 мг.

3. После окончания пробы фильтр вынимают из воронки, помещают в пакетик и переносят в место взвешивания.

4. Перед взвешиванием фильтр вынимают из пакетика и выдерживают 10–15 минут в условиях первоначального взвешивания. Затем производят повторное взвешивание фильтра.

5. Рассчитайте запыленность воздуха следующим образом:

– определите прибавку массы фильтра ( $\Delta Q$ ):

$$\Delta Q = Q_1 - Q_0,$$

где  $Q_0$  первоначальная масса фильтра,  $Q_1$  – масса фильтра после взятия пробы;

– объем протянутого при аспирации воздуха ( $V_0$ , л) приведите к нормальным условиям по формуле:

$$V_0 = vt \cdot p_b : (273 + t) 760,$$

где  $vt$  – объем аспирированного воздуха, л;  $p_b$  – барометрическое давление в помещениях, где производится отбор пробы воздуха, мм рт. ст.;  $t$  – температура воздуха в помещении, °С;

– рассчитайте массовую концентрацию пыли ( $C$ , мг/м<sup>3</sup>) по формуле:

$$C = \Delta Q \cdot 1000 : V_0.$$

В данной формуле величина  $V_0$  рассчитывается в метрах кубических, 1000 – число для перевода граммов в миллиграммы.

6. Полученные результаты занесите в протокол. Оцените уровень запыленности помещения. Сделайте вывод.

## **Задание 2. Определение дисперсного состава пыли**

*Цель работы:* провести качественный анализ состава пыли.

*Оборудование:* микроскоп, окулярный микрометр, объектив-микрометр, счетчик одиннадцатиклавишный, раствор фуксина в ацетоне, предметное стекло.

### **Ход работы**

1. После взвешивания с целью определения количества пыли в воздухе фильтр из ткани ФПП-15 поместите на предметное стекло и залейте раствором фуксина в ацетоне (в вытяжном шкафу с соблюдением мер противопожарной безопасности). Ткань фильтра быстро просветляется и тонким прозрачным слоем плотно пристает к стеклу, фиксируя на нем пылевые частицы.

2. Определите цену деления окулярного микрометра, вставленного в окуляр микроскопа. Для этого на оптический столик микроскопа помещают объектив-микрометр и при малом увеличении устанавливают в центре поля зрения. Затем под большим увеличением совмещают линии объектива микрометра с линиями окулярного микрометра, подсчитав количество делений окулярного микрометра до момента их совпадения с линиями объектива-микрометра, определяют цену деления окулярного микрометра.

**Пример.** При определенных оптических условиях 100 делений окулярного микрометра совпадают с 35 делениями объектива-микрометра (цена деления – 10 мкм). Следовательно, одно деление окулярного микрометра равно, мкм:  $10 \cdot 35 : 100 = 3,5$ .

3. Поместите предметное стекло с просветленным фильтром на столик микроскопа. Перемещая препарат в разных направлениях, подсчитывают не менее 100 пылевых частиц, определяя их

размеры при помощи окулярного микрометра и занося значения в таблицу. Одновременно описывают морфологию пылевых частиц, отмечая их конфигурацию, характер краев.

### ***Результаты качественного анализа пыли***

Величина пылинок	менее 2 мк	2–5 мк	5–10 мк	10–20 мк	более 20 мк
Количество пылинок					
Содержание пылинок, %					
Форма пылинок					

4. Полученные результаты занесите в таблицу. Сделайте вывод.

### ***Лабораторная работа № 13.***

### ***Определение количества антропогенных загрязнений, попадающих в окружающую среду в результате работы автотранспорта***

В настоящее время автотранспорт является одним из основных загрязнителей атмосферы оксидами азота и угарным газом, содержащимися в выхлопных газах. Доля транспортного загрязнения воздуха составляет более 60 % по угарному газу и более 50 % по оксиду азота. Последние отрицательно влияют на организм человека. Окись углерода препятствует адсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности, замедляет рефлексy, вызывает сонливость, может быть причиной потери сознания и смерти. Окислы азота увеличивают восприимчивость организма к вирусным заболеваниям, раздражают легкие, вызывают бронхит и пневмонию. Токсичные выбросы, содержащие тяжелые металлы, вызывают рак, нарушения половой системы и дефекты у новорожденных.

*Цель работы:* определить уровень антропогенных загрязнений, попадающих в воздух в результате работы автотранспорта.

### **Ход работы**

1. Выберите участок автотрассы длиной 0,5–1,0 км, имеющий хороший обзор. Определите число единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Заполните учетную таблицу.

2. Рассчитайте общий путь, пройденный выявленным числом автомобилей каждого типа за 1 час (L, км), по формуле:

$$L=N \cdot A,$$

где N – число автомобилей каждого типа за 1 час,

A – длина участка, км.

### **Учетная таблица**

Тип автотранспорта	Количество автомобилей:		Общий путь за 1 час (L, км)
	за 20 мин.	за 1 час	
Легковые автомобили			
Автобусы			
Грузовые автомобили			
Дизельные грузовые автомобили			

3. Рассчитайте количество топлива (Q, л) разного вида, сжигаемого при движении двигателями автомашин, по формуле:

$$Q=L \cdot Y,$$

где L – общий путь пройденный автомобилем за 1 час,

Y – удельный расход топлива, определяется по таблице 8.

Таблица 8

**Нормы расхода топлива автотранспортом  
(средние нормы расхода топлива автотранспортом  
при движении в условиях города)**

Тип автотранспорта	Средние нормы расхода топлива (л на 100 км)	Удельный расход топлива (л на 1 км)
Легковые автомобили	8–12	0,08–0,12
Автобусы	41–44	0,41–0,44
Грузовые автомобили	29–33	0,29–0,33
Дизельные грузовые автомобили	31–34	0,31–0,34

4. Определите общее количество сожженного топлива каждого вида (SQ) и занесите результаты в таблицу:

**Расход топлива**

Тип автомобиля	Q, л	
	Бензин	Дизельное топливо
Легковые автомобили		
Грузовые автомобили		
Автобусы		
Дизельные грузовые автомобили		
Всего, SQ (л)		

5. Рассчитайте объем выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду топлива и всего. Занесите результаты в таблицу.

**Объем выбросов**

Вид топлива	SQ, л	Количество вредных веществ, л		
		Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин				
Дизельное топливо				
Всего, V (л)				

Значения эмпирических коэффициентов (К), определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в таблице 9.

Таблица 9

***Коэффициенты выброса***

Вид топлива	Значение коэффициента (К)		
	Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Коэффициент К численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента при сгорании в двигателе автомашины количества топлива, равного удельному расходу (У, л/км).

6. Рассчитайте массу выделившихся вредных веществ (m, г) по формуле:

$$m = \frac{V \cdot M}{22,4},$$

где М – молекулярная масса, V – объем выделившихся вредных веществ, л.

7. Рассчитайте количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ для обеспечения санитарно допустимых условий окружающей среды. Результаты занесите в таблицу.

Вид вредного вещества	Объем, л	Масса, г	Объем воздуха для разбавления, м <sup>3</sup>	Значения ПДК, мг/ м <sup>3</sup>
Угарный газ				
Углеводороды				
Диоксид азота				



8. Сделайте вывод об экологической обстановке в районе исследованного вами участка автомагистрали.

**Лабораторная работа № 14.**  
**Расчет поступления и суточных доз**  
**воздействия химических веществ**  
**на организм человека**

Среди антропогенных факторов наибольшую опасность для человека представляют экотоксиканты. *Экотоксиканты* – это вредные химические вещества, загрязняющие окружающую среду и отравляющие находящиеся в ней живые организмы. Ежедневно человек использует сотни тысяч химических веществ. Наиболее опасные из них – тяжелые металлы, летучие органические соединения, формальдегид, пестициды, ядовитые и канцерогенные вещества в продуктах питания.

Поступление химических веществ обычно рассчитывают по формулам, учитывающим воздействующие концентрации, величину контакта, частоту и продолжительность воздействия, массу тела и время осреднения экспозиции.

Экспозиция характеризует контакт организма с химическим агентом. Если экспозиция имеет место в течение определенного периода времени, то общая экспозиция должна быть разделена на тот временной интервал, который интересует исследователя. Полученная таким образом величина представляет собой среднюю величину экспозиции на единицу времени.

Важнейшим параметром, отражающим воздействие химического вещества на организм, является доза, поскольку она непосредственно указывает на количество загрязнителя, обладающего потенциальным эффектом в отношении органа-мишени. *Доза* – это количество загрязнителя, полученное организмом с увеличением времени воздействия с учетом массы тела.

В качестве количественной меры экспозиции в исследованиях по оценке риска рекомендуется использовать потенциальную дозу, рассчитываемую путем умножения величины концентрации химического вещества в среде (воздухе, воде, продуктах питания)

на объем вдыхаемого воздуха, потребляемой водой или уровень абсорбции через кожу с учетом массы тела.

*Потенциальная доза* – это количество химического вещества, которое потребляется или вдыхается, или его количество, содержащееся в разных средах и находящееся в соприкосновении с кожей.

*Общая доза* – это сумма отдельных доз, полученных организмом человека в результате влияния на него отдельного загрязняющего вещества за определенный период в процессе взаимодействия со всеми содержащими данный загрязнитель средами.

*Цель работы:* рассчитайте поступление и суточные дозы воздействия химических веществ на организм человека.

### **Ход работы**

Расчет величины поступления химического вещества. Общая формула для расчета величины поступления химического вещества имеет следующий вид:

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT},$$

где  $I$  – поступление, мг/кг массы тела в день;

$C$  – концентрация химического вещества; средняя концентрация, воздействующая в период экспозиции (например, мг/л воды);

$CR$  – величина контакта; количество загрязнителей среды, контактирующее с телом человека в единицу времени или за один случай воздействия (например, л/день);

$EF$  – частота воздействий, число дней/год;

$ED$  – продолжительность воздействия, число лет;

$BW$  – масса тела; средняя масса тела в период экспозиции, кг;

$AT$  – время осреднения; период осреднения экспозиции, число дней.

Выбор времени осреднения экспозиции зависит от вида оцениваемых токсических эффектов:

– для веществ с острым действием поступление рассчитывается путем осреднения на очень короткие промежутки времени, которые могут привести к развитию неблагоприятного эффекта (на одно воздействие или на сутки);

– при изучении продолжительных воздействий химических веществ, не обладающих канцерогенным действием, поступление рассчитывают путем их осреднения в течение периода экспозиции (субхроническое или хроническое ежедневное поступление);

– для канцерогенов расчет поступления проводят путем деления общей накопленной дозы на продолжительность жизни (хроническое ежедневное поступление, которое часто называют пожизненным среднесуточным поступлением).

При решении вопроса о необходимости включения в анализ краткосрочных экспозиций рекомендуется учитывать следующие факторы:

- токсикологические характеристики химических веществ;
- наличие высоких концентраций химических веществ или возможности их массивного поступления в окружающую среду;
- персистентность химического вещества в окружающей среде.

## 2. Расчет общей потенциальной дозы (TPD):

$$TPD = C \cdot IR \cdot ED,$$

где  $C$  – концентрация загрязняющего вещества в объекте окружающей среды, контактирующей с телом человека (масса/объем или масса/масса);

$IR$  – величина (скорость) поступления, зависящая от скорости ингаляции (объема легочной вентиляции), объема потребляемой воды и др.;

$ED$  – продолжительность воздействия.

При расчете потенциальной дозы необходимо принимать во внимание:

- характеристики индивидуумов (пол, возраст, массу тела, площадь поверхности тела);
- факторы поведения и суточной активности (скорость дыхания, специфическую активность и др.);

- факторы жилища (планировку, вентиляцию, водоснабжение и др.);
- характеристики территорий (сельская/городская местность и др.);
- временные факторы (сезон года, выходные дни и др.).

3. Расчет среднесуточной дозы (ADD). При оценке риска потенциальные дозы, как правило, усредняются с учетом массы тела и времени воздействия. Такая доза называется среднесуточной. Расчеты проводят по формуле:

$$ADD = TPD : (BW \cdot AT),$$

где BW – масса тела; средняя масса тела в период экспозиции, кг;  
 AT – время осреднения; период осреднения экспозиции, число дней.

**Пример.** Рассчитайте поступление и дозы химических веществ в организм человека, работающего в условиях хронического ингаляционного воздействия на вредном производстве.

Необходимо учесть стандартные значения учитываемых факторов:

- объем вдыхаемого воздуха (л/8 ч) для взрослого мужчины 3600, для взрослой женщины 2900;
- средний вес человека 70 кг;
- пересчет стандартного объема вдыхаемого воздуха на 1 ч для мужчины составит – 450 л (0,45 м<sup>3</sup>), для женщины – 362,5 л (0,3625 м<sup>3</sup>);
- продолжительность контакта 8 ч (стандартный рабочий день);
- число рабочих дней в году – 260;
- продолжительность работы на данном производстве – 30 лет.

1. Рассчитываем поступление химических веществ:

$$I_{\text{муж}} = \frac{C \cdot 0,45 \cdot 260 \cdot 24 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 260} = 0,154 \cdot C,$$

$$I_{\text{жен}} = \frac{C \cdot 0,3625 \cdot 260 \cdot 24 \cdot 30}{70 \cdot 30 \cdot 260} = 0,124 \cdot C,$$

где C – концентрация химического вещества; средняя концентрация, воздействующая в период экспозиции (мг/м<sup>3</sup>). Зная концентрации химических веществ в воздухе рабочего помещения, получаем

окончательную величину поступающих ингаляционным путем токсикантов.

2. Рассчитываем общую потенциальную дозу:

$$\begin{aligned} \text{TPD}_{\text{муж}} &= C \cdot 0,45 \cdot 30 \cdot 260 = 3510 \cdot C, \\ \text{TPD}_{\text{жен}} &= C \cdot 0,3625 \cdot 30 \cdot 260 = 2827 \cdot C, \end{aligned}$$

где  $C$  – концентрация загрязняющего вещества в объекте окружающей среды, контактирующей с телом человека.

Рассчитываем среднесуточную дозу:

$$\text{ADD} = \text{TPD} : (70 \cdot 30 \cdot 260) = \text{TPD} : 546000.$$

### ***Лабораторная работа № 15.***

#### ***Расчет средних суточных доз и индексов риска поступления некоторых химических веществ при употреблении в пищу пресервов***

Потенциальную опасность для здоровья человека представляют химические вещества, поступающие в пищевые продукты из различных загрязненных объектов окружающей среды, химические соединения, используемые в растениеводстве и животноводстве, пищевые добавки, используемые в качестве красителей, консервантов и т. д., другие вещества, мигрирующие из упаковки пищевого продукта или оборудования.

*Цель работы:* рассчитайте среднесуточные дозы и индексы риска поступления химических веществ в организм человека при употреблении пищи.

#### **Ход работы**

1. Расчет средних суточных дозы поступления некоторых химических веществ при употреблении в пищу пресервов.

Согласно Руководству по оценке риска, стандартная формула расчета средней суточной дозы при поступлении химических веществ с пищевыми продуктами (при использовании методов индивидуального потребления) следующая:

$$I = [(A_1 \cdot m_1) + (A_2 \cdot m_2) + (A_n \cdot m_n)] \cdot F : BW,$$

где  $I$  – поступление вещества с рационом питания, мг/кг массы тела в сутки;

$A_1, \dots, A_n$  – концентрация вещества в конкретных пищевых продуктах, мг/кг продукта;

$m_1, \dots, m_n$  – масса потребленного продукта в день, кг;

$F$  – доля местных, потенциально загрязненных продуктов в суточном рационе, отн. Ед. (определяется местными условиями, крайняя оценка 1);

$BW$  – масса тела, кг.

**Пример.** Среднее потребление рыбы в пищу 6,5 г/день. Примем долю пресервов в общем объеме потребляемой рыбы 0,8. Соответственно масса потребленных пресервов в день составит:

$$M = 6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ (кг)}.$$

Долю местных, потенциально загрязненных продуктов в суточном рационе будем считать равной 1.

Средний вес взрослого человека, согласно Руководству по оценке риска, 70 кг.

Тогда формула примет следующий вид:

$$I = [m(A_1 + A_2 + A_n)] \cdot F : BW = 5,2 \cdot 10^{-3} (A_1 + A_2 + A_n) \cdot 1 : 70 = 7,43 \cdot 10^{-5} (A_1 + A_2 + A_n).$$

Приведем примеры расчета средних суточных доз поступления некоторых химических веществ при употреблении в пищу пресервов. Рассчитаем среднюю суточную дозу поступления бензойнокислого натрия при употреблении пресервов в масле в пищу.

При изготовлении пресервов в масле используют рыбу соленную, при посоле которой, согласно технологической инструкции, добавляется бензойнокислый натрий из расчета 1 г на 1 кг рыбы или вносится 10-процентный раствор бензойнокислого натрия в банки с соленной рыбой до заливки масла.

Если исходить из расчета среднего потребления рыбы в пищу 6,5 г/день и доли пресервов в общем объеме потребляемой рыбы 0,8, то количество бензойнокислого натрия в этих пресервах составит:

– 1 г бензойнокислого натрия – 1000 г рыбы.

–  $x$  г бензойнокислого натрия – 6,5 г рыбы.

$$x = 6,5 : 1000 = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ г}.$$

В пересчете на долю пресервов в общем объеме потребляемой рыбы в день количество бензойнокислого натрия следующее:

$$6,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \text{ г} = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ мг.}$$

$$I = 7,43 \cdot 10^{-5} (A_1 + A_2 + A_n) = 7,43 \cdot 10^{-5} \cdot 5,2 \cdot 10^{-6} = 3,86 \cdot 10^{-10} \text{ (мг/кг)}.$$

Сделаем пересчет на бензойную кислоту:

$$122 \text{ г } C_6H_5COOH \rightarrow 144 \text{ г } C_6H_5COONa$$

$$x \text{ г } C_6H_5COOH \rightarrow 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ г } C_6H_5COONa$$

$$x = (122 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3}) : 144 \text{ г} = 4,41 \cdot 10^{-3} \text{ г.}$$

Вышеуказанное Руководство отмечает, что показатели, используемые для оценки риска (в том числе, референтные дозы и концентрации), как правило, устанавливаются на уровне верхней доверительной границы риска, что обеспечивает значительный запас их надежности. Референтная доза (RfD) бензойной кислоты при хроническом пероральном поступлении составляет 4 г. Для неканцерогенных воздействий мерой для выражения заболеваемости (риска заболеть) является так называемый индекс риска. Его значение определяется как отношение усредненного (например, за ожидаемый период жизни) уровня воздействия (усредненной дозы – E или I) и пороговой или референтной дозы (RfD).

2. Расчет индекса риска. Индекс риска (hazard index-НІ) рассчитывается по формуле:

$$HI = E : RfD.$$

Смысловое содержание индекса риска состоит в следующем. Если  $E > Rfd$ , т. е.  $HI > 1$ , то при сохранении существующего уровня воздействия могут существовать неканцерогенные эффекты, т. е. заболеваемость (не связанная с раком) населения может превысить средний уровень.

**Пример.** В нашем случае  $HI = 4,41 \cdot 10^{-3} : 4 = 1,1025 \cdot 10^{-3} = 0,0011025$ .

Как правило, чем больше значение НІ (при  $HI > 1$ ), тем больший уровень заболеваемости можно ожидать. В рассмотренном примере расчета при данных условиях (уровне потребления пресервов в день, концентрации бензойнокислого натрия в пересчете на бензойную кислоту и т. д.) можно считать, что анализируемое химическое вещество не причинит ущерба здоровью человека.

## Ситуационные задачи

1. Показания сухого термометра аспирационного психрометра в центре помещения  $24^{\circ}\text{C}$ , влажного –  $15^{\circ}\text{C}$ . Оцените температурно-влажностные условия в помещении.

2. Объясните, в каких условиях тепловое самочувствие человека будет лучше: при температуре воздуха  $28^{\circ}\text{C}$ , влажности 40 %, скорости движения воздуха 0,8 м/с или при температуре воздуха  $25^{\circ}\text{C}$ , влажности 85 %, скорости движения воздуха 0,2 м/с.

3. При исследовании микроклиматических условий жилого помещения получены следующие данные: температура у наружной стены –  $20^{\circ}\text{C}$ , на противоположной –  $22^{\circ}\text{C}$ , перепады температуры по вертикали –  $1^{\circ}\text{C}$  на каждый метр высоты; относительная влажность – 20 %; скорость движения воздуха в центре помещения – 0,05 м/с. Дайте эколого-гигиеническое заключение по микроклиматическим условиям исследованного помещения.

4. В производственном помещении общая интенсивность шума составила 94 дБА. Дайте оценку таким условиям труда и возможные последствия для здоровья работающих.

5. В карьере по добыче руды сделали пробы воздуха. Концентрация пыли в воздухе рабочей зоны составила  $4\text{ мг/м}^3$ . Пыль содержала 60 % свободной двуокиси кремния. Дисперсность пылевых частиц следующая: до 1,0 мкм – 5 %, 1–5 мкм – 80 %, более 5 мкм – 5 %. Оцените условия труда и возможные изменения в состоянии здоровья рабочих.

6. В учебном помещении два окна. Площадь застекленной части окна  $1,8\text{ м}^2$ , площадь пола –  $16\text{ м}^2$ . Вычислите световой коэффициент. Оцените уровень освещенности.



## Список литературы

1. Губарева, Л. И. Экология человека: практикум для вузов / Л. И. Губарева, О. М. Мизирева, Т. М. Чурилова. – М.: ВЛАДОС, 2003. – 112 с.
2. Келина, Н. Ю. Физиология в таблицах и схемах / Н. Ю. Келина, Н. В. Безручко. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 352 с.
3. Пивоваров, Ю. П. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене и основам экологии человека / Ю. П. Пивоваров, В. В. Королик. – М.: Академия, 2006. – 512 с.
4. Трушкина, Л. Ю. Общая гигиена с основами экологии человека / Л. Ю. Трушкина, А. Г. Трушкин, Л. М. Демьянова. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 416 с.

## Оглавление

<b>Раздел I. Влияние факторов окружающей среды на жизнедеятельность людей.....</b>	<b>3</b>
<i>Лабораторная работа № 1. Оценка естественного и искусственного освещения .....</i>	<i>3</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Определение температуры воздуха .....</i>	<i>6</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Определение атмосферного давления .....</i>	<i>8</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Определение влажности воздуха .....</i>	<i>9</i>
<i>Лабораторная работа № 5. Определение скорости движения воздуха ....</i>	<i>12</i>
<i>Лабораторная работа № 6. Определение содержания двуокиси углерода в воздухе помещения.....</i>	<i>16</i>
<i>Лабораторная работа № 7. Эколого-гигиеническое заключение состояния воздушной среды в рабочем помещении .....</i>	<i>17</i>
<b>Раздел II. Воздействие антропогенных факторов на здоровье людей..</b>	<b>21</b>
<i>Лабораторная работа № 8. Методы измерения вибрации .....</i>	<i>22</i>
<i>Лабораторная работа № 9. Влияние вибрации на организм человека .....</i>	<i>23</i>
<i>Лабораторная работа № 10. Измерения уровня шума .....</i>	<i>26</i>
<i>Лабораторная работа № 11. Оценка влияния шума на организм человека (тональная аудиометрия) .....</i>	<i>30</i>
<i>Лабораторная работа № 12. Оценка запыленности воздушной среды .....</i>	<i>32</i>
<i>Лабораторная работа № 13. Определение количества антропогенных загрязнений, попадающих в окружающую среду в результате работы автотранспорта .....</i>	<i>37</i>
<i>Лабораторная работа № 14. Расчет поступления и суточных доз воздействия химических веществ на организм человека.....</i>	<i>41</i>
<i>Лабораторная работа № 15. Расчет средних суточных доз и индексов риска поступления некоторых химических веществ при употреблении в пищу пресервов.....</i>	<i>45</i>
<b>Ситуационные задачи .....</b>	<b>48</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>49</b>

Учебное издание

**Тятенкова Наталия Николаевна**

# **Биосоциальные аспекты экологии человека**

*Практикум*

Редактор, корректор И. В. Бунакова  
Компьютерная верстка Е. Л. Шелехова

Подписано в печать 24.09.09. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бум. офсетная. Гарнитура "Times New Roman".

Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 1,9.

Тираж 100 экз. Заказ

Оригинал-макет подготовлен  
в редакционно-издательском отделе Ярославского  
государственного университета им. П. Г. Демидова.

Отпечатано на ризографе.

Ярославский государственный университет  
им. П. Г. Демидова.

150000, Ярославль, ул. Советская, 14.





**Н. Н. Тятенкова**

**Биосоциальные аспекты  
экологии человека**