

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ»**

**Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
Разработчик: доцент, к.т.н. Королькова С.В.**

**Санкт-Петербург
2016**

ВВЕДЕНИЕ

Экология – это междисциплинарная область знаний, изучающая взаимодействие живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой. Теоретической основой современной экологии являются законы Коммонера:

- 1) всё связано со всем – отражает экологический принцип цело-стности, основанный на законе больших чисел;
- 2) все должно куда то деваться – основополагающий принцип при обращении с отходами, предполагает создание замкнутых производственных циклов по аналогии с круговоротом веществ в природе;
- 3) природа знает лучше – призыв крайне осторожно обращаться с природными системами и основа биомиметики (метода создания технических устройств, при котором основная идея заимствуется из живой природы);
- 4) ничто не даётся даром – каждое достижение сопровождается утратой, и современное развитие технологий не является исключением.

Междисциплинарный подход к области знаний предполагает общее направление исследований не только биологов, химиков, физиков или математиков, но и эпидемиологов, географов, социологов и инженеров. Перечень специалистов можно сделать довольно большим и объединять их будет только область приложения усилий. Некоторые дисциплины, например биогеохимия, имеющая основополагающую роль в экологии, сама формировалась на стыке других наук. Поэтому современная экология является сложной и разветвленной наукой, позволяющей видеть явления под разными углами зрения, что создает более полную и не противоречивую картину окружающей действительности.

Многие начинающие специалисты надеются в перспективе уметь прогнозировать события, но в основе любого будущего лежит реальность настоящего. Обычно, именно с неправильной оценки текущего момента начинаются самые тяжелые аварии и катастрофы. Уровень развития современной науки уже не позволяет одинаково хорошо владеть многими направлениями исследований, поэтому междисциплинарный подход становится все более эффективным при изучении сложных явлений, как природной, так и технической направленности.

Один из главных принципов, взятых на вооружение в экологии – мысли глобально, действуй локально. Последнее возможно только при наличии освоенного способа выполнения действия. Практические работы по курсу общей экологии позволяют освоить методы экологических исследований и подготовить будущего специалиста к углубленному изучению профессиональных дисциплин.

Практическая работа № 1

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ЭКОЛОГИИ

Цель работы: освоение методов определения достоверной взаимосвязи между экологическим фактором и состоянием живых организмов.

1.1. Основные теоретические положения

1.1.1. Количественная оценка влияния экологического фактора

Невозможно получить полезную информацию, проведя лишь однократное измерение интересующего показателя. Так, если в распоряжении имеются весы, и необходимо узнать массу растения определённой биологической зоны, нельзя ответить на этот вопрос, взвесив лишь одно растение, поскольку неизвестно, в какой мере растения различаются по массе.

Наиболее исчерпывающее решение этой задачи состояло бы в том, чтобы взвесить все растения в данной природной зоне, но это непрактично и нежелательно: будет затрачено очень много времени для того, чтобы определить их местоположение, собрать их; более того, сама процедура взвешивания может оказаться негативным образом на изучаемом виде. Вместо этого, вполне полноценную информацию можно получить, если определить массу растений, составляющих лишь малую часть ареала; эти растения должны быть отобраны случайным образом. Можно ограничиться взвешиванием 16 экземпляров растений. Результаты этих измерений могут быть использованы для определения ряда статистических показателей.

Масса растений (в граммах): 4,5; 5,2; 4,9; 4,3; 4,6; 4,8; 4,6; 4,9; 4,5; 5,0; 4,8; 4,6; 4,6; 4,7; 4,5; 4,7.

Средняя выборки (в данном случае – средняя масса) \bar{m} позволяет наилучшим образом оценить величину средней для всего вида (средняя масса растений данного вида). Она рассчитывается по формуле:

$$\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}, \quad (1.1)$$

где m_i – измеренные массы растений, г; n – количество взвешенных растений.

В данном случае $\bar{m} = 75,2/16 = 4,70$ г (с точностью до трёх значащих цифр).

Величина стандартного отклонения выборки σ характеризует вариабельность (дисперсию) массы данного семейства растений. По

ней можно судить о том, как часто (в среднем) масса случайно отобранного из семейства растения может отличаться от найденной средней (то есть быть больше или меньше её). Чем больше величина стандартного отклонения, тем выше вариабельность изучаемого по-пуляционного показателя. Величину стандартного отклонения σ определяют формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1}}, \quad (1.2)$$

где $\varepsilon_i = m_i - \bar{m}$ – отклонение массы i -того растения m_i от средней массы выборки \bar{m} из n растений.

В рассматриваемом случае величина стандартного отклонения равна 0,22. Если, как это часто случается при измерении биологических показателей, разнообразие описывается кривой нормального распределения (в этом случае образцы с массой, близкой к средней, встречаются чаще видов с малой или большой массой), можно ожидать, что 95% всех взвешенных растений будут иметь массу, лежащую в диапазоне двух стандартных отклонений от средней, или применительно к рассматриваемому примеру – в диапазоне от 4,26 до 5,14 г.

Если измерить массу других случайно отобранных 16 экземпляров, то средняя величина их массы будет отличаться от найденной ранее. Стандартная ошибка средней δ характеризует вариабельность величин средних, вычисляемых неоднократно, и рассчитывается по формуле:

$$\delta = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \quad (1.3)$$

Чем больше объём выборки, тем меньше величина стандартной ошибки. Иными словами, по мере увеличения объёма выборки средняя выборки всё более сближается с величиной, характеризующей среднюю массу растения для всей популяции в целом. В рассматриваемом случае $\delta = 0,22/4 = 0,055$ (величину стандартной ошибки обычно записывают с точностью, на порядок более высокой, чем величину средней). Ранее утверждалось, что масса 95% растений лежит в диапазоне 4,26...5,14 г, аналогичным образом можно рассчитать и доверительный интервал для средней, характеризующей всех представителей данного вида. С вероятностью 95% средняя масса образца в ней не выходит за границы двух определённых нами стандартных ошибок. В рассматриваемом случае эта средняя лежит в диапазоне 4,59...4,81 г.

Следует иметь в виду, что увеличение объёма позволяет с большей точностью определять величину популяционной средней. Однако это сопряжено со значительным возрастанием объ-

ёма выполняемой работы. Для того чтобы уменьшить стандартную ошибку вдвое, необходимо увеличить объем выборки в 4 раза (и соответственно затратить в 4 раза большее количество труда). В связи с этим, задаваясь объемом выборки, обычно идут на определённый компромисс. Опытный специалист хорошо чувствует, когда следует остановиться. Так, например, определив массу 16 образцов, можно быть вполне уверенным в том, что средняя масса растения составляет 4,5 г. Если это всё, что необходимо узнать, то нет никакой необходимости в дальнейшем измерении массы растений.

Но довольно часто экологи хотят знать, различаются ли по какому-либо признаку две группы организмов, либо определить, влияет ли тот или иной фактор на величину интересующего их показателя. В этом случае статистической обработке подвергаются показатели каждой из изучаемых групп. Например, если необходимо узнать, действительно ли схожие виды растений, но обитающие на придорожной территории весят меньше, чем изученные, то необходимо располагать соответствующей выборкой данного вида. Проведя необходимые измерения, можно, к примеру, получить следующие результаты:

масса соответствующих растений с придорожной территории (в граммах): 4,3; 4,6; 4,5; 4,4; 4,7; 4,1; 4,5; 4,4; 4,2; 4,3; 4,5; 4,4; 4,5; 4,4; 4,3; 4,3;

$$\bar{m} = 4,40 \text{ г};$$

$$\sigma = 0,15 \text{ г};$$

$$\delta = 0,038 \text{ г}.$$

Очевидно, что среди полученных значений имеет место частичное перекрывание величин: масса некоторых образцов одного вида превосходит массу некоторых другого, хотя, судя по средним значениям, исходный вид имеет лучшее развитие. Чтобы выяснить, существенно ли это различие, полученные данные целесообразно представить в графической форме, указав при этом не только средние, но и величины их ошибок (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Графический анализ достоверности сдвигов

Взглянув на такой рисунок, легко понять, существенны ли выявленные различия: перекрывание ошибок средних свидетельствует о недостоверности различий, в противном же случае можно с 95%-ной достоверностью утверждать, что средние различаются между собой. Чтобы количественно оценить степень надёжности сделанного заключения (что не требуется при решении проблем, рассматриваемых в

данном курсе), необходимо воспользоваться так называемым t -тестом или дисперсионным анализом. Поскольку в рассматриваемом примере перекрывания стандартных ошибок не наблюдается, можно заключить, что масса придорожных растений существенно меньше массы растений фитоценоза, не затронутого влиянием транспортного потока.

1.1.2. Оценка достоверности влияния образа жизни на физиологический статус населения

Во многих случаях экологи не выражают изучаемые ими показатели в количественном виде, а просто пересчитывают число организмов, характеризующихся тем или иным признаком. Так, например, при обследовании людей можно подсчитать число городских и сельских жителей как здоровых, так и больных. Полученные данные будут выглядеть приблизительно так, как представленные в табл. 1.1. Хотя в этом случае невозможно определить средние и ошибки средних, можно, тем не менее, ответить на вопрос, действительно ли повышенная заболеваемость является характерным признаком того или иного места жительства. Для этого необходимо, прежде всего, рассчитать (и представить в виде таблицы) наиболее вероятные (ожидаемые) частоты, с которыми встречались люди каждой из выделенных категорий при условии, что заболевания распределены между людьми случайным образом. Из данных, приведённых в табл. 1.1, видно, что сельские жители составляют 1/3 всего контингента (30) и что больные составляют 1/3 всех людей. Поэтому можно ожидать, что 1/9 всех людей (10) – это заболевшие сельские жители. Общее выражение ожидаемого числа организмов N_{AB} записывается на пересечении строки A и колонки B :

$$\text{IV}_{A,B} = \frac{N_A \cdot N_B}{N_{\Sigma}}, \quad (1.4)$$

где N_A – суммарное число организмов в строке A ; N_B – суммарное число организмов в колонке B ; N_{Σ} – общее число организмов.

В таблице 1.1 в скобках представлены конечные результаты расчёта ожидаемых частот. Можно видеть, что в действительности частота встречаемости больных сельских жителей превосходит ожидаемую величину; в случае же здоровых она меньше ожидаемой.

Таблица 1.1
Результаты обследования выборки

Место жительства	Люди		
	Больные	Здоровые	Всего
Село	18 (10)	12 (20)	30
Город	12 (20)	48 (40)	60
Всего	30	60	90

Для того, чтобы узнать, достоверно ли выявленное различие или оно носит случайный характер, необходимо рассчитать величину кри-терия χ^2 -квадрат (χ^2) по следующему уравнению:

$$\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}, \quad (1.5)$$

где O и E – наблюдаемая (observed) и ожидаемая (expected) частоты каждого варианта.

В рассматриваемом случае

$$\chi^2 = (18 - 10)^2 / 10 + (12 - 20)^2 / 20 + (12 - 20)^2 / 20 + (48 - 40)^2 / 40 = 14,4.$$

Выявленное различие считается достоверным, если полученная величина χ^2 больше соответствующего табличного значения.

Таким образом, с определённой уверенностью можно утверждать, что болезням подвержены сельские жители значительно чаще, чем городские.

1.2. Расчётные задания

1. Используя методику, описанную в разделе 1.1.1, следует оценить среднюю массу, стандартное отклонение, стандартную ошибку средней для выборки масс растений в соответствии с вариантом заданий (табл. 1.2).

Таблица 1.2
Варианты выборок масс растений заповедника

№ вар.	Масса растений, г																	
1	4,4	4,3	4,5	4,8	4,1	4,9	5,1	4,8	4,6	4,2	4,8	5,2	4,8	4,5	4,8	5,1		
2	4,5	4,3	4,8	4,7	4,8	5,3	4,5	4,9	5,2	4,7	4,2	4,6	5,2	5,3	5,1	4,7		
3	5,2	4,1	4,8	4,7	4,1	4,6	5,0	4,8	5,0	4,8	4,2	4,8	4,3	5,6	5,2	4,4		
4	5,3	4,2	4,5	4,8	4,4	5,0	4,9	4,5	4,3	4,8	5,2	4,1	4,9	4,6	4,8	5,1		
5	4,8	4,4	4,2	4,9	4,8	5,2	5,1	4,8	5,0	4,5	4,2	4,7	4,8	4,1	5,3	5,4		
6	5,2	4,8	4,3	4,4	4,5	5,0	4,8	5,0	4,3	4,8	4,7	4,4	4,2	4,5	5,0	4,9		
7	4,6	4,3	4,8	4,1	5,0	4,8	5,3	4,8	4,2	4,3	4,8	5,6	4,8	4,9	5,6	5,4		
8	4,4	5,3	4,8	4,7	4,6	5,5	4,2	4,9	5,2	4,7	5,3	4,5	4,8	4,7	4,2	4,3		
9	4,8	4,8	4,2	4,1	4,4	4,5	4,7	5,2	4,9	5,0	5,1	4,8	4,3	4,8	4,1	5,0		
10	4,5	4,2	4,1	4,8	5,0	5,3	5,5	4,8	4,9	4,7	4,6	4,6	4,7	5,2	4,9	4,4		
11	4,2	4,8	4,4	4,7	4,5	4,9	5,0	4,8	5,3	5,0	4,7	4,8	5,2	4,8	4,2	4,6		
12	4,6	4,8	4,5	4,6	4,2	5,0	5,3	4,8	5,3	4,9	4,2	4,5	4,3	4,8	4,9	5,2		
13	4,5	4,8	4,5	5,3	4,8	5,2	4,8	4,2	4,5	5,2	5,3	4,9	4,7	5,3	4,6	5,6		
14	5,0	4,8	5,3	4,7	4,5	4,9	4,2	4,5	4,6	5,5	4,5	4,6	4,9	4,7	5,0	5,1		
15	5,6	5,4	4,5	5,2	4,8	4,2	4,1	4,2	4,5	4,8	4,6	4,7	4,7	5,2	5,8	4,1		

Продолжение табл. 1.2

№ вар.	Масса растений, г																	
	16	4,5	4,8	4,7	4,6	4,8	4,2	4,2	4,5	4,8	4,9	4,6	4,5	5,2	4,3	5,0	5,0	
17	4,8	5,2	4,7	5,6	4,2	4,1	5,9	4,5	4,2	4,1	4,8	4,6	4,1	4,5	4,8	5,2		
18	5,3	5,2	5,8	5,6	4,9	5,8	4,2	4,1	4,6	4,8	5,0	4,8	4,7	4,9	4,2	4,4		
19	4,2	4,5	4,6	4,2	4,1	4,5	4,2	4,8	4,6	4,7	5,0	4,8	5,2	5,3	5,4	4,2		
20	4,4	4,8	4,2	5,2	5,2	4,0	4,4	4,8	4,6	4,3	4,8	5,5	4,8	4,3	5,0	5,3		
21	5,0	5,2	4,2	4,8	4,8	4,9	4,5	4,4	4,6	4,7	5,2	4,8	5,2	5,3	5,5	4,2		
22	4,4	5,2	5,3	5,8	4,1	4,5	4,1	4,5	5,6	5,8	5,2	5,0	4,8	4,6	4,5	4,4		
23	5,5	4,2	4,6	4,8	4,7	4,2	4,4	4,6	4,5	5,0	4,5	5,0	4,2	4,8	4,6	4,8		
24	4,2	4,3	4,5	4,6	5,0	4,1	4,2	4,5	4,8	4,7	4,6	4,5	5,0	5,1	4,4	4,2		
25	4,5	5,5	4,2	5,3	5,2	5,1	5,0	4,8	4,3	4,5	4,8	5,0	5,2	4,8	4,6	4,6		

2. Используя подход, описанный в разделе 1.1.2, следует подтвердить достоверность утверждения, что образ жизни способен оказать существенное влияние на заболеваемость населения. Исходные данные представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3
Варианты результатов обследования населения

№ вар.	Число обследованных пациентов			
	Городские жители		Сельские жители	
	Хронически больны	Практически здоровы	Хронически больны	Практически здоровы
1	17	10	12	50
2	19	8	10	45
3	20	11	13	54
4	19	10	11	45
5	21	8	6	38
6	25	12	5	27
7	15	8	16	45
8	12	6	13	47
9	10	5	12	50
10	20	13	6	28
11	18	7	5	30
12	19	6	11	45
13	12	7	8	32
14	18	9	5	40
15	28	13	11	30
16	35	19	6	28
17	24	10	15	36
18	18	7	12	25
19	15	4	3	12

№ вар.	Число обследованных пациентов			
	Городские жители		Сельские жители	
	Хронически больны	Практически здоровы	Хронически больны	Практически здоровы
20	16	6	5	18
21	14	5	8	33
22	16	4	10	26
23	26	9	8	32
24	20	8	11	23
25	35	15	14	55

Контрольные вопросы и задания

1. Каким образом можно повысить точность проводимых количественных оценок?
2. Какие методы применяются при экологических исследованиях?
3. Опишите влияние транспортного потока на живые организмы.
4. Перечислите основные экологические факторы, влияющие на человека.
5. Какие факторы определяют заболеваемость населения и продолжительность жизни?

Практическая работа № 2 ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ПОПУЛЯЦИЙ

Цели работы:

- объяснить, как влияет на рост населения суммарный коэффициент рождаемости (среднее число детей, рожденных одной женщиной в течение её жизни) и различные формы кривых выживаемости;
- описать, как сказывается на численности народонаселения средняя продолжительность жизни индивидов;
- использовать половозрастные пирамиды для прогноза роста населения в будущем;
- понять динамику роста населения.

2.1. Основные теоретические положения

Рисунок 2.1 [1] отображает динамику численности населения планеты, представленную на полулогарифмической сетке, где течение времени T показано на линейной шкале, а рост населения мира N – на логарифмической шкале, поскольку население за 4000 лет возросло в 100 раз.

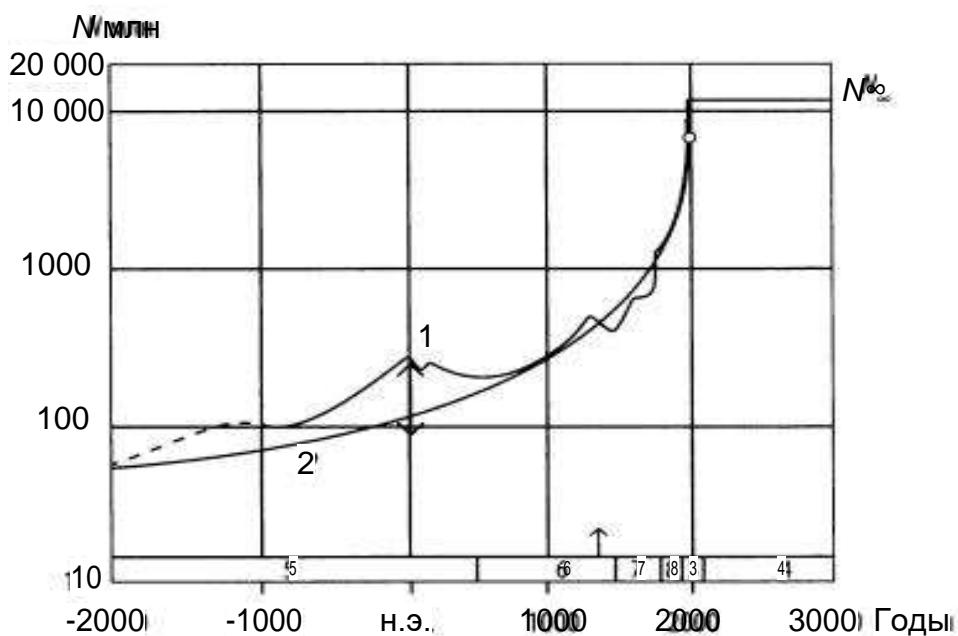


Рис. 2.1. Население мира от 2000 г. до н.э. до 3000 г.:

- 1 – население мира от 2000 г. до н.э. до нашего времени;
- 2 – взрывной режим, ведущий к обострению процесса роста численности населения мира;
- 3 – демографический переход;
- 4 – стабилизация населения;
- 5 – Древний мир;
- 6 – Средние века;
- 7 – Новая и 8 – Новейшая история;
- ↑ – пандемия чумы 1348 г.;
- ↓ – разброс данных;
- о – численность населения в 1995 г. – 5,7 млрд. человек;
- N^∞ – численность населения – 11,4 млрд. человек [1].

На графике видно, как вблизи 2000 г. население мира внезапно устремляется в бесконечность демографического взрыва, который так озадачил демографов.

Если представить всю длительность развития человечества во временном масштабе данного графика от времени антропогенеза, то 5 млн лет назад находится в 100 м влево. Это указывает на то, как не-равномерно течение исторического времени, вследствие чего длительность эпох сокращается по мере приближения к моменту демо-графического перехода и стабилизации населения мира.

Медленный в начале, рост всё ускоряется и по мере приближения к третьему тысячелетию устремляется в бесконечность демографического взрыва, и это происходит в конечное время около 2000 г. Такой процесс отражает гиперболический график роста. Данные для населения мира за миллион лет с удивительной точностью описываются формулой [1]:

$$C = 2025 - T, \quad (2.1)$$

где $C = 200$ млрд чел.·год – постоянная; T – текущий год.

Более точный расчёт возможен, если учесть множество факторов, определяющих динамику населения на исследуемой территории.

2.2. Пример расчёта

Работа выполняется в два этапа. На первом этапе решаются задачи о влиянии коэффициента рождаемости, продолжительности жизни на динамику роста численности популяции, а также задача на определение понятия «демографический потенциал». Предусматривается решение этих задач всей группой по общим исходным данным. На втором этапе решается задача о влиянии различных форм кривых выживания на динамику численности популяций.

Таблица 2.1

Демографический прогноз на 100 лет на примере популяции *Б*

Возрастная структура популяции	Время в годах									
	0...10	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...70	70...80	80...90	90...100
0...10	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5
10...20	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4
20...30	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3
30...40		3	4	5	3	4	5	3	4	5
40...50			3	4	5	3	4	5	3	4
Всего	12	15	19	21	20	19	21	20	19	21

Предположим, что две популяции, *A* и *Б*, включающие каждая по 5 тыс. человек возрастом 0...9 лет, 4 тыс. – 10...19 лет и 3 тыс. – 20...29 лет, заселяют две недавно освоенные территории. В каждой

возрастной группе равное число мужчин и женщин. Продолжительность жизни составляет 50 лет. В популяции *A* суммарный коэффициент рождаемости составляет **4**, а в популяции *B* – **2**. Допустим, воспроизведение происходит в возрастной группе 20...29 лет.

Необходимо построить гистограммы роста популяций, учитывая рождение детей, увеличение возраста, смерть от старости. Для этого надо составить таблицу (табл. 2.1).

2.3. Расчётные задания

1. Рост населения и суммарный коэффициент рождаемости.

При построении графика по оси абсцисс следует откладывать годы, а по оси ординат – численность людей. Обе гистограммы представить на одном графике.

В отчёте следует ответить на следующие вопросы.

А. Сравнение роста численности двух популяций:

1) прекратится ли когда-нибудь рост популяции *A*? Через какое время её численность удвоится?

2) удвоится ли численность популяции *B*?

3) как влияет суммарный коэффициент рождаемости на рост населения?

Б. Сравнение половозрастных пирамид двух популяций:

1) какова форма пирамиды и кривой роста популяции *A*?

2) какова форма пирамиды и кривой роста популяции *B*?

В. Сравнение этих половозрастных пирамид с ситуацией в развитых и развивающихся странах.

2. Влияние различных форм кривых выживаемости на динамику популяций.

Кривая выживаемости представляет собой графическое изображение динамики смертности особей популяции от их возраста. Примерные изображения кривых выживания приведены на рис. 2.2.

Необходимо, используя вышеизложенный подход, определить динамику численности двух популяций, различающихся динамикой смертности.

Динамика смертности задаётся кривыми, изображёнными на рис. 2.2. Цифрами на графиках обозначены значения доли выживших особей с интервалом в 10 лет. В популяции *B* низкая выживаемость из-за неблагоприятных условий окружающей среды. Эти цифры общие для всех вариантов заданий. В вариантах же заданий приводится исходная возрастная структура обеих популяций (табл. 2.4).

Для каждого 10-летнего интервала расчёт проводится в последовательности, изложенной в начале работы, но при этом при перемещении каждой возрастной группы популяции в новую возрастную группу необходимо учитывать уменьшение её численности в соответствии с коэффициентами, определёнными по графику (табл. 2.3).

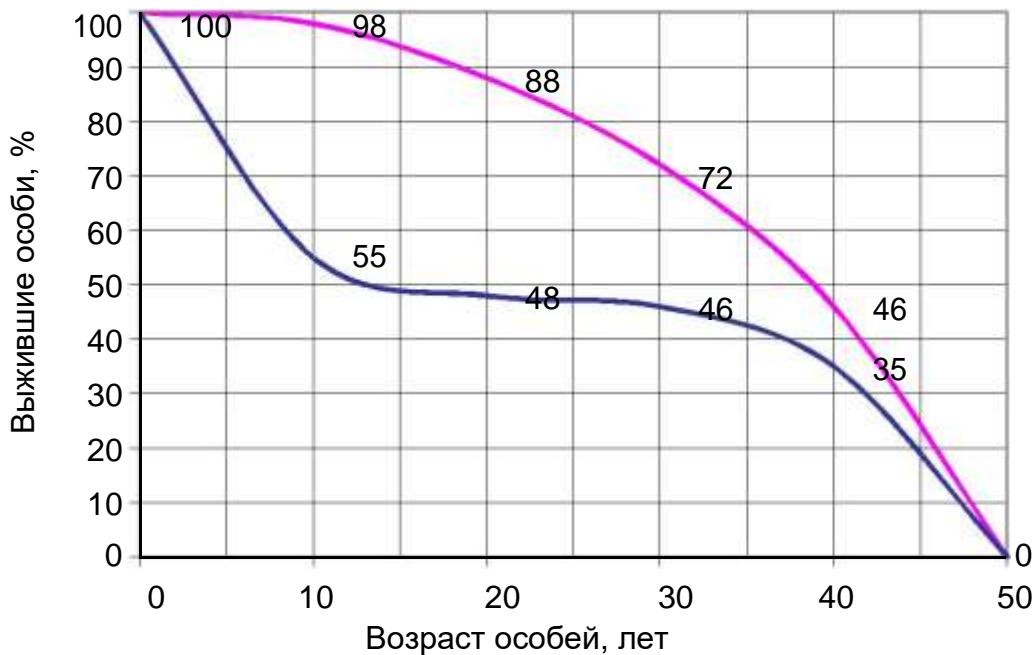


Рис. 2.2. Различные виды кривых выживания

Таблица 2.3

Демографический прогноз на 100 лет на примере популяции *Б*
с учётом смертности

Возрастная структура популяции	Время в годах									
	0...10	10...20	20...30	30...40	40...50	50...60	60...70	70...80	80...90	90...100
0...10	5	3	1,92	1,32	0,792	0,507	0,349	0,209	0,134	0,092
10...20	4	2,75	1,65	1,056	0,726	0,436	0,279	0,192	0,115	0,074
20...30	3	1,92	1,32	0,792	0,507	0,349	0,209	0,134	0,092	0,055
30...40		1,38	0,883	0,607	0,364	0,233	0,160	0,096	0,062	0,042
40...50			0,483	0,309	0,213	0,128	0,082	0,056	0,034	0,022
Всего	12	9,05	6,256	4,084	2,602	1,653	1,079	0,687	0,437	0,285

В отчёте следует ответить на следующие вопросы.

- Чем различаются кривые выживаемости двух популяций?
- Как влияет высокая детская смертность на динамику численности популяции?
- Чем вызвана высокая детская смертность?

Таблица 2.4

Варианты заданий

№ вар.	Возрастная структура популяций, тыс. человек				
	0...9 лет	10...19 лет	20...29 лет	30...39 лет	40...50 лет
1	12	10	11	9	8
2	13	14	10	8	7
3	10	12	9	8	10
4	11	8	10	12	8
5	10	11	10	9	9

Продолжение табл. 2.4

№ вар.	Возрастная структура популяций, тыс. человек				
	0...9 лет	10...19 лет	20...29 лет	30...39 лет	40...50 лет
6	15	13	10	8	7
7	9	9	8	10	11
8	13	8	10	11	9
9	12	7	11	10	7
10	10	10	8	7	7
11	8	11	12	13	14
12	7	10	10	8	6
13	13	10	9	8	7
14	12	12	8	11	9
15	10	6	6	9	8
16	8	7	6	9	9
17	10	10	11	11	12
18	13	12	11	9	10
19	15	12	10	9	6
20	12	10	11	9	7
21	9	10	12	10	9
22	8	10	8	10	8
23	10	9	12	10	10
24	8	9	10	12	8
25	11	11	10	12	8

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы влияют на суммарный коэффициент рождаемости?
2. В чём причина демографического взрыва?
3. Почему в России был демографический кризис?
4. Существуют ли пределы роста численности населения?
5. Какие меры по регулированию численности населения применяются в различных странах, чем это обусловлено и какие последствия возможны?
6. Меняется ли качество трудовых ресурсов и почему?

Практическая работа № 3

ПОПУЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ГРУЗА

Цель работы: рассчитать генетическую структуру популяции.

3.1. Основные теоретические положения

Под *популяцией* понимается совокупность особей определенного вида, длительное время населяющих определенный ареал и отделённых от соседних популяций данного вида. Применительно к человеку это группа людей, занимающих одну территорию в течение многих поколений и свободно вступающих в брак.

В основе популяционно-статистического метода лежит закон Харди-Вейнберга или закон генетической стабильности популяций: при определённых условиях соотношения частот доминантных и рецессивных аллелей генов, сложившиеся в генофонде панмиксической популяции (где особи свободно скрещиваются), сохраняется неизменным в ряду поколений. Математическое выражение этого закона соответствует биномиальному распределению:

$$(p + q)^2 = p^2 : 2pq : q^2, \quad (3.1)$$

где p и q – частоты аллелей.

Данная закономерность справедлива только для популяции, отвечающей следующим требованиям:

- 1) неограниченно большое число особей, обеспечивающее свободное скрещивание;
- 2) отсутствие исчезновения какого-либо аллеля вследствие естественного отбора;
- 3) отсутствие мутационного процесса.

Очевидно, что в природе не существует популяций, полностью соответствующих этим требованиям. Однако, метод может применяться при исследованиях частот интересующих генов, включая ответственных за наследственные патологии. Решение этой задачи необходимо для выяснения роли наследственных и средовых факторов возникновения многих болезней.

С помощью закона Харди-Вейнберга можно установить частоты доминантных гомозигот AA и гетерозигот Aa , несмотря на то, что фенотипически они не отличаются друг от друга.

3.2. Пример расчёта

В роддомах изучаемого города из 48000 детей, родившихся за 10 лет, 105 обнаружили патологический рецессивный признак, обусловленный генотипом aa . Определить генетическую структуру популяции города.

Частота больных детей с генотипом aa определяется следующим образом:

$$q^2 = 105 / 48000 = 0,0022.$$

Частота патологического аллеля a :

$$q = \sqrt{0,0022} = 0,047.$$

Вычисления частоты нормального аллеля A осуществляется с учётом того, что сумма частот патологического и нормального аллеля равна 1:

$$pA = 1 - 0,047 = 0,953.$$

Теперь, пользуясь формулой Харди-Вейнберга, можно установить генетическую структуру популяции новорожденных города:

$$AA = p^2 = 0,953 \cdot 0,953 = 0,9082 = 90,82\%,$$

$$Aa = 2pq = 2 \cdot 0,953 \cdot 0,047 = 0,0896 = 8,96\%,$$

$$aa = q^2 = 0,0022 = 0,22\%.$$

3.3. Расчётное задание

Решить задачу, показанную в примере. Для расчёта количества детей, родившихся в городе за 10 лет, принять равным порядковому номеру студента по списку, умноженному на 10000. Расчёт представить в виде, показанном в примере.

Контрольные вопросы и задания

1. В чём практическое значение закона Харди-Вейнберга?
2. Что понимают под «популяцией»?
3. Условия применимости закона Харди-Вейнберга.
4. Что такое генетический груз?
5. Классифицируйте тератогены.
6. В чём причина генетического груза?
7. Какие варианты снижения генетического груза существуют?

Практическая работа № 4

СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕННЫХ МУТАЦИЙ

Цель работы: изучить процесс возникновения мутаций и его последствия.

4.1. Основные теоретические положения

При изучении генетического материала живых организмов удобно пользоваться структурными моделями, которые позволяют расширить представления о генотипе организма как системы взаимосвязанных функциональных единиц наследственной информации.

Нуклеиновые кислоты являются сложными биополимерами, со-стоящими из нуклеотидов. Нуклеотиды ДНК состоят из сахара – дезоксирибозы, остатков фосфорной кислоты, связывающей нуклеотиды в полимер, и одного из четырёх азотистых оснований: аденина, гуанина, тимина и цитозина. Вторая цепь молекулы ДНК строится по правилу *комплементарности* азотистых оснований: аденин всегда связан с тимином, гуанин – с цитозином. В первом случае азотистые основания соединены двойными водородными связями, во втором – тройными.

Рибонуклеиновые кислоты состоят из рибонуклеотидов. В состав рибонуклеотидов входят: сахар рибоза, остаток фосфорной кислоты и те же азотистые основания, что и в ДНК, за исключением тимина, который заменен на *урацил*. Процесс связывания отдельных нуклеотидов в молекулах РНК и ДНК называется полимеризацией. РНК является отноцепочечной молекулой. Синтез и-РНК происходит не на любом участке ДНК, а только на структурных генах, несущих информацию о последовательности включения аминокислот в полипептидную цепь белка. Для синтеза и-РНК двойная нить ДНК расплетается для того, чтобы одна из нитей стала матрицей для синтеза и-РНК по принципу комплементарности. Комплементарным аденину вместо тимина является урацил. Процесс считывания информации с ДНК на и-РНК называется *транскрипцией*, а процесс синтеза полипептидной цепи белка с помощью и-РНК называется *трансляцией*.

Белки являются биологическими полимерами, мономерами которых могут быть 20 аминокислот. Различия между белками заключаются в составе и порядке расположения аминокислот, которые способны образовывать 10^{24} комбинаций, что и объясняет многообразие белков (гормоны, ферменты и т.д.). Последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК определяет последовательность аминокислот в молекуле синтезируемого белка. Аминокислоты кодируются тремя азотистыми основаниями (табл. 4.1), которые называются *генетическим кодом*.

Таблица 4.1
Аминокислоты и кодирующие их азотистые основания [2]

Основания									
1-е	2-е								3-е
	У		Ц		А		Г		
У	УУУ	Фенилаланин	УЦУ	Серин	УАУ	Тирозин	УГУ	Цистеин	У
	УУЦ		УЦЦ		УАЦ		УГЦ		Ц
	УУА		УЦА		УАА	Стоп-кодоны	УГА	Стоп-кодон	А
	УУГ		УЦГ		УАГ		УГГ	Триптофан	Г
Ц	ЦУУ	Лейцин	ЦЦУ	Пролин	ЦАУ	Гистидин	ЦГУ	Аргинин	У
	ЦУЦ		ЦЦЦ		ЦАЦ		ЦГЦ		Ц
	ЦУА		ЦЦА		ЦАА		ЦГА		А
	ЦУГ		ЦЦГ		ЦАГ	Глютамин	ЦГГ		Г
А	АУУ	Изолейцин	АЦУ	Треонин	ААУ	Аспарагин	АГУ	Серин	У
	АУЦ		АЦЦ		ААЦ		АГЦ		Ц
	АУА	Метионин	АЦА		AAA	Лизин	АГА		А
	АУГ	Старт-кодон	АЦГ		AAГ		АГГ		Г
Г	ГУУ	Валин	ГЦУ	Аланин	ГАУ	Аспарагиновая кислота	ГГУ	Глицин	У
	ГУЦ		ГЦЦ		ГАЦ		ГГЦ		Ц
	ГУА		ГЦА		ГАА	Глутаминовая кислота	ГГА		А
	ГУГ		ГЦГ		ГАГ		ГГГ		Г

Свойства генетического кода:

- 1) триплетность;
- 2) универсальность (одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты у всех организмов);
- 3) вырожденность (одна аминокислота может кодироваться более чем одним триплетом);
- 4) неперекрываемость (при считывании триплетов нельзя сдвигать рамку считывания).

Синтезированная молекула полипептидной цепи, пройдя ряд по-следовательных превращений, приобретает объёмную структуру, становится активной и лежит в основе проявления наследственных признаков организма.

Мутации по своему значению делятся на отрицательные и нейтральные, что связано с оценкой жизнеспособности образовавшегося мутанта. По изменению генотипа мутации делятся на генные, хромо-сомные, геномные (табл. 4.2).

Наиболее распространенными являются мутации генного типа, которые невидимы в микроскоп и представляют собой качественные изменения отдельных генов. Генные (точковые) мутации обычно затрагивают один или несколько нуклеотидов. Мутация может быть обусловлена вставкой (*инсерция*), удвоением (*дупликация*) или выпадением (*делеция*) одного или нескольких нуклеотидов, а так же *инверси-*

ей, при которой происходит поворот участка хромосомы на 180°. Мутация может быть и «молчащей».

Таблица 4.2

Классификация мутаций [2]

Тип мутаций	Характер мутационных изменений	Примеры последствий
Геномные	Изменение числа хромосом	Болезнь Дауна (появление дополнительной хромосомы 21)
Хромосомные	Общее число хромосом не меняется. Наблюдают перестройки хромосом, обычно видимые при микроскопическом исследовании	Мышечная дистрофия Дюшенна (делеции X-хромосомы)
Генные	Изменения затрагивают один кодон или небольшой отрезок гена и не обнаруживаются цитогенетически	Серповидно-клеточная анемия, вызванная заменой одного нуклеотида в гене β-цепи глобина

Все эти изменения ведут к нарушению состава аминокислот в молекуле синтезируемой полипептидной цепи белка. Однако, мутация не всегда приводит к подобному результату. Например, в случае изменения кодона УГЦ и-РНК на кодон УГУ состав полипептидной цепи белка не меняется, так как оба кодона кодируют одну и ту же аминокислоту – цистеин.

Мутационный процесс не всегда проходит бесследно для организма. Так, замена кодона УГЦ и-РНК кодирующего аминокислоту цистеин на кодон УГА происходит прекращение синтеза белка. При выпадении пары нуклеотидов может происходить сдвиг рамки считывания, что изменяет состав синтезируемого белка.

4.2. Примеры расчёта

1. Дана последовательность ДНК:

ГЦАТГЦГТЦАГ

Произошла замена пятого нуклеотида Г на Т.

Изобразить первичную структуру участка полипептидной цепи, контролируемую исходным и мутантным генами. Какое число аминокислотных остатков изменилось? Как называется произошедшая мутация?

Первоначальный вариант:

ГЦА	ТГЦ	ГТЦ	ЦАГ	ДНК
ЦГУ	АЦГ	ЦАГ	ГУЦ	и-РНК
Арг-	Тре-	Гли-	Вал-	цепь полипептидов

Замена пятого нуклеотида Г на Т:

ГЦА	ТТЦ	ГТЦ	ЦАГ	ДНК
ЦГУ	ААГ	ЦАГ	ГУЦ	и-РНК
Арг-	Лиз-	Гли-	Вал-	цепь полипептидов

Данная мутация называется генной (точечной).

2. На участке гена, кодирующего полипептид, последовательность нуклеотидных оснований следующая:

ГААЦГАТТЦГГЦЦАГ

Произошла инверсия на участке 2...7 нуклеотидов. Определить структуру полипептидной цепи в нормальном состоянии и после мутации.

Первоначальный вариант:

ГАА	ЦГА	ТТЦ	ГГЦ	ЦАГ	ДНК
ЦУУ	ГЦУ	ААГ	ЦЦГ	ГУЦ	и-РНК
Лей-	Ала-	Лиз-	Про-	Вал-	цепь полипептидов

Инверсия:

ГТА	ГЦА	АТЦ	ГГЦ	ЦАГ	ДНК
ЦАУ	ЦГУ	УАГ	ЦУГ	ГУЦ	и-РНК
Гис-	Арг-	Стоп-	Про-	Вал-	цепь полипептидов

Происходит обрыв цепи на третьем кодоне.

4.3. Расчётное задание

Определить структуру полипептидной цепи в нормальном состоянии и после мутации (инверсия) по исходным данным, представлённым в табл. 4.3. Расчёт представить в виде, показанном в примере. Таблица 4.3

Варианты исходных данных

№ вар.	Последовательность нуклеотидных оснований	Участок мутации
1	АЦГ УЦГ ЦАУ ААГ	2...7
2	ЦАЦ ААА ЦЦГ ГГЦ	4...9
3	УУЦ ГУЦ ГГГ АГА	3...8
4	ГЦЦ ГУЦ УГУ ААГ	2...7
5	АГА ЦЦА ЦУЦ ГГГ	4...9
6	УАУ ГГУ ЦУГ ГЦГ	3...8
7	ГГА ЦУА АЦЦ УУГ	2...7
8	ЦЦЦ ГЦГ ГГГ АГГ	3...8
9	ГУГ ГЦУ ГГГ УУУ	2...7
10	ЦАЦ УЦГ УУГ АУУ	4...9
11	ЦЦА ГЦА ЦУГ ГУЦ	3...8
12	УЦА УАЦ ЦГГ ГГГ	2...7

Продолжение табл. 4.3

№ вар.	Последовательность нуклеотидных оснований	Участок мутации
13	ЦАА ЦГГ УУА ГУГ	3...8
14	УЦЦ ГЦУ ГУА ЦУУ	4...9
15	АГЦ УГУ ГГА АЦГ	2...7
16	ГГУ ЦУА ЦЦЦ ААГ	3...8
17	УУЦ ГУЦ ААА ЦЦУ	2...7
18	АГУ ЦЦГ АУЦ ГГЦ	4...9
19	ЦАГ ААЦ УЦА ГЦУ	3...8
20	ЦАЦ ЦУУ ГЦЦ ГУУ	5...10
21	АУУ ЦЦЦ ГГА УГЦ	3...8
22	УАУ ЦЦГ ААГ ГГА	2...7
23	ЦУА ААГ АГА УГУ	4...9
24	УЦГ ГГГ АЦГ УАУ	2...7
25	УУУ ЦУГ ГЦГ ААГ	3...8

Контрольные вопросы и задания

1. Чем отличаются транскрипция и трансляция?
2. Перечислите свойства генетического кода.
3. Классифицируйте мутации.
4. В каком случае мутация может быть молчащей?
5. Бывают ли положительные мутации?
6. Классифицируйте мутагены.

Практическая работа № 5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Цель работы: составить рацион питания с учётом суточной по-потребности организма в микроэлементах и витаминах.

5.1. Основные теоретические положения

5.1.1. Основные термины и определения [3]

Физиологическая потребность в энергии и пищевых веществах – это необходимая совокупность алиментарных факторов для поддержания динамического равновесия между человеком и окружающей средой, и направленная на обеспечение жизнедеятельности, сохранения и поддержания адаптационного потенциала.

Белки – высокомолекулярные азотсодержащие биополимеры, состоящие из *L*-аминокислот. Выполняют пластическую, энергетическую, каталитическую, гормональную, регуляторную, защитную, транспортную, энергетическую и другие функции.

Величина основного обмена (ВОО) – минимальное количество энергии, необходимое для осуществления жизненно важных процессов, т.е. затраты энергии на выполнение всех физиологических, био-химических процессов, на функционирование органов и систем организма в состоянии температурного комфорта (20°C), полного физического и психического покоя натощак.

Витаминоподобные вещества – вещества животного и растительного происхождения с доказанной ролью в обмене веществ и энергии, сходные по своему физиологическому действию с витаминами.

Витамины – группа эссенциальных микронутриентов, участвующих в регуляции и ферментативном обеспечении большинства метаболических процессов.

Жиры (липиды) – сложные эфиры глицерина и высших жирных карбоновых кислот, являются важнейшими источниками энергии. До 95% всех липидов – простые нейтральные липиды (глицериды).

Макронутриенты – пищевые вещества (белки, жиры и углеводы), необходимые человеку в количествах, измеряемых граммами, обеспечивают пластические, энергетические и иные потребности организма.

Микронутриенты – пищевые вещества (витамины, минеральные вещества и микроэлементы), которые содержатся в пище в очень малых количествах – миллиграммах или микрограммах. Они не являются источниками энергии, но участвуют в усвоении пищи, регуляции функций, осуществлении процессов роста, адаптации и развития организма.

Минорные и биологически активные вещества пищи с установленным физиологическим действием – природные вещества пищи установленной химической структуры, присутствуют в ней в миллиграммах и микрограммах, играют важную и доказанную роль в адаптационных реакциях организма, поддержании здоровья, но не являются эссенциальными пищевыми веществами.

Незаменимые (эссенциальные) – пищевые вещества, не образуются в организме человека и обязательно поступают с пищей для обеспечения его жизнедеятельности. Их дефицит в питании приводит к развитию патологических состояний.

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах – усредненная величина необходимого поступления пищевых и биологически активных веществ, обеспечивающая оптимальную реализацию физиологобиохимических процессов, закрепленных в генотипе человека.

Пищевые волокна – высокомолекулярные углеводы (целлюлоза, пектины и др., в том числе некоторые резистентные к амилазе виды крахмалов), главным образом растительной природы, устойчивы к перевариванию и усвоению в желудочно-кишечном тракте.

Рекомендуемый уровень адекватного потребления – уровень суточного потребления пищевых и биологически активных веществ, установленный на основании расчётных или экспериментально определенных величин, или оценок потребления пищевых и биологически активных веществ группой здоровых людей.

Углеводы – полиатомные альдегидо- и кетоспирты, простые (моносахарины и дисахарины), сложные (олигосахарины, полисахариды), являются основными источниками энергии для человека. Некоторые углеводы, в частности аминосахара, входят в состав гликопротеидов.

Фосфолипиды – эфиры спиртов (глицерина, сфингозина), жирных кислот, фосфорной кислоты, содержат азотистые основания (холин, этаноламин, остатки аминокислот, углеводные фрагменты), составляют основной класс мембранных липидов.

Энергетический баланс – равновесное состояние между поступающей с пищей энергией и ее затратами на все виды физической активности, на поддержание основного обмена, роста, развития, и дополнительными затратами у женщин при беременности и грудном вскармливании.

Энерготраты суточные – сумма суточных энерготрат организма, состоящая из энерготрат основного обмена, затрат энергии на физическую активность, специфическое динамическое действие пищи (пищевой термогенез), холодовой термогенез, рост и формирование тканей у детей и дополнительных затрат энергии у беременных и кормящих грудью женщин.

5.1.2. Группы населения, дифференцированные по уровню физической активности [3]

Потребность в энергии и пищевых веществах зависит от физической активности, характеризуемой коэффициентом физической активности (КФА), равным отношению энерготрат на выполнение конкретной работы к ВОО.

Все взрослое население в зависимости от величины энерготрат делится на 5 групп для мужчин и 4 группы для женщин, учитывающих производственную физическую активность и иные энерготраты.

I группа (очень низкая физическая активность; мужчины и женщины) – работники преимущественно умственного труда, коэффициент физической активности – 1,4 (государственные служащие административных органов и учреждений, научные работники, преподаватели вузов, колледжей, учителя средних школ, студенты, специалисты-медики, психологи, диспетчеры, операторы в том числе техники по обслуживанию ЭВМ и компьютерного обеспечения, программисты, работники финансово-экономической, юридической и административно-хозяйственной служб, работники конструкторских бюро и отделов, рекламно-информационных служб, архитекторы и инженеры по промышленному и гражданскому строительству, налоговые службы, работники музеев, архивов, библиотекари, специалисты службы страхования, дилеры, брокеры, агенты по продаже и закупкам, службы по социальному и пенсионному обеспечению, патентоведы, дизайнеры, работники бюро путешествий, справочных служб и других родственных видов деятельности).

II группа (низкая физическая активность; мужчины и женщины) – работники занятые легким трудом, коэффициент физической активности – 1,6 (водители городского транспорта, рабочие пищевой, текстильной, швейной, радиоэлектронной промышленности, операторы конвейеров, весовщицы, упаковщицы, машинисты железнодорожного транспорта, участковые врачи, хирурги, медсестры, продавцы, работники предприятий общественного питания, парикмахеры, работники жилищно-эксплуатационной службы, рестораторы художественных изделий, гиды, фотографы, техники и операторы радио и телевещания, таможенные инспекторы, работники милиции и патрульной службы и других родственных видов деятельности).

III группа (средняя физическая активность; мужчины и женщины) – работники средней тяжести труда, коэффициент физической активности – 1,9 (слесари, наладчики, станочники, буровики, водители электрокаров, экскаваторов, бульдозеров и другой тяжелой техники, работники тепличных хозяйств, растениеводы, садовники, работники рыбного хозяйства и других родственных видов деятельности).

IV группа (высокая физическая активность; мужчины и женщины) – работники тяжелого физического труда, коэффициент физической активности – 2,2 (строительные рабочие, грузчики, рабочие по обслуживанию железнодорожных путей и ремонту автомобильных дорог, работники лесного, охотничьего и сельского хозяйства, деревообработчики, физкультурники, металлурги доменщики-литейщики и другие родственные виды деятельности).

V группа (очень высокая физическая активность; мужчины) – работники особо тяжелого физического труда, коэффициент физической активности – 2,5 (спортсмены высокой квалификации в тренировочный период, механизаторы и работники сельского хозяйства в посевной и уборочный период, шахтеры и проходчики, горнорабочие, вальщики леса, бетонщики, каменщики, грузчики немеханизированного труда, оленеводы и другие родственные виды деятельности).

5.1.3. Незаменимые (эссенциальные) пищевые вещества и источники энергии

Суточные энерготраты определяются энерготратами на конкретные виды деятельности и ВОО. Суточные энерготраты на конкретный вид деятельности – это произведение ВОО на соответствующий КФА. Таблица 5.1

Средние величины основного обмена взрослого населения России (ккал/сутки)

Мужчины (основной обмен)					Женщины (основной обмен)				
Масса тела, кг	18...29 лет	30...39 лет	40...59 лет	Старше 60 лет	Масса тела, кг	18...29 лет	30...39 лет	40...59 лет	Старше 60 лет
50	1450	1370	1280	1180	40	1080	1050	1020	960
55	1520	1430	1350	1240	45	1150	1120	1080	1030
60	1590	1500	1410	1300	50	1230	1190	1160	1100
65	1670	1570	1480	1360	55	1300	1260	1220	1160
70	1750	1650	1550	1430	60	1380	1340	1300	1230
75	1830	1720	1620	1500	65	1450	1410	1370	1290
80	1920	1810	1700	1570	70	1530	1490	1440	1360
85	2010	1900	1780	1640	75	1600	1550	1510	1430
90	2110	1990	1870	1720	80	1680	1630	1580	1500

ВОО зависит от ряда факторов, в первую очередь, от возраста, массы тела и пола. У женщин: ВОО на 15% ниже, чем у мужчин (табл. 5.1) [3]. При беременности и грудном вскармливании потребности в энергии увеличиваются в среднем на 15 и 25% соответственно.

У детей в период новорожденности 15% потребляемой с пищей энергии тратится на рост. С возрастом отношение ВОО/масса тела постепенно снижается до наступления полового созревания. Максимальной

потребности в энергии соответствует быстрый рост в подростковом возрасте (пубертатный период).

Расход энергии на адаптацию к холодному климату в районах Крайнего Севера увеличивается в среднем на 15%.

Физиологические потребности в энергии для взрослых – от 2100 до 4200 ккал/сутки для мужчин и от 1800 до 3050 ккал/сутки для женщин. Физиологические потребности в энергии для детей – 110...115 ккал/кг массы тела для детей до 1 года и от 1200 до 2900 ккал/сутки для детей старше 1 года.

Белок

Потребность в белке – эволюционно сложившаяся доминанта в питании человека, обусловленная необходимостью обеспечивать оптимальный физиологический уровень поступления незаменимых аминокислот. При положительном азотистом балансе в периоды роста и развития организма, а также при интенсивных репаративных процессах потребность в белке на единицу массы тела выше, чем у взрослого здорового человека. *Усвояемость белка* – показатель, характеризующий долю абсорбированного в организме азота от общего количества, потребленного с пищей. *Биологическая ценность* – показатель качества белка, характеризующий степень задержки азота и эффективность его утилизации для растущего организма или для поддержания азотистого равновесия у взрослых. *Качество белка* определяется наличием в нем полного набора незаменимых аминокислот в определенном со-отношении как между собой, так и с заменимыми аминокислотами. 1 г белка при окислении в организме дает 4 ккал. Физиологическая по-требность в белке для взрослого населения – от 65 до 117 г/сутки для мужчин и от 58 до 87 г/сутки для женщин.

Источниками полноценного белка, содержащего полный набор незаменимых аминокислот в количестве достаточном для биосинтеза белка в организме человека, являются продукты животного происхождения (молоко, молочные продукты, яйца, мясо и мясопродукты, рыба, морепродукты). *Белки животного происхождения* усваиваются организмом на 93...96%. Для взрослых рекомендуемая в суточном рационе доля белков животного происхождения от общего количества белков – 50%.

В белках *растительного происхождения* (злаковые, овощи, фрукты) имеется дефицит незаменимых аминокислот. В составе бобовых содержатся ингибиторы протеиназ, что снижает усвоение белка из них. Что касается изолятов и концентратов белков из бобовых, то их аминокислотный состав и усвоение близки к таковым у белка животного происхождения. Белок из продуктов растительного происхождения усваивается организмом на 62...80%. Белок из высших грибов усваивается на уровне 20...40%.

Жиры

Жиры (липиды), поступающие с пищей, являются концентрированным источником энергии (1 г жира при окислении в организме дает 9 ккал). Жиры растительного и животного происхождения имеют различный состав жирных кислот, определяющий их физические свойства и физиолого-биохимические эффекты. Жирные кислоты подразделяются на два основных класса – *насыщенные и ненасыщенные*. Физиологическая потребность в жирах – от 70 до 154 г/сутки для мужчин и от 60 до 102 г/сутки для женщин.

Насыщенность жира определяется количеством атомов водорода, которое содержит каждая жирная кислота. Жирные кислоты со средней длиной цепи (С8-С14) способны усваиваться в пищеварительном тракте без участия желчных кислот и панкреатической липазы, не депонируются в печени и подвергаются β-окислению. Животные жиры могут содержать насыщенные жирные кислоты с длиной цепи до двадцати и более атомов углерода, они имеют твердую консистенцию и высокую температуру плавления. К таким животным жирам относятся бараний, говяжий, свиной и ряд других. Высокое потребление насыщенных жирных кислот является важнейшим фактором риска развития диабета, ожирения, сердечно-сосудистых и других заболеваний. Потребление насыщенных жирных кислот для взрослых и детей должно составлять не более 10% от калорийности суточного рациона.

К мононенасыщенным жирным кислотам относятся миристолеиновая и пальмитолеиновая кислоты (жиры рыб и морских млекопитающих), олеиновая (оливковое, сафлоровое, кунжутное, рапсовое масла). Мононенасыщенные жирные кислоты помимо их поступления с пищей в организме синтезируются из насыщенных жирных кислот и частично из углеводов. Физиологическая потребность в мононенасыщенных жирных кислотах для взрослых должно составлять 10% от калорийности суточного рациона.

Жирные кислоты с двумя и более двойными связями между углеродными атомами называются *полиненасыщенными* (ПНЖК). Особое значение для организма человека имеют такие ПНЖК как линолевая, линоленовая, являющиеся структурными элементами клеточных мембран и обеспечивающие нормальное развитие и адаптацию организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды. ПНЖК являются предшественниками образующихся из них биорегуляторов – эйкозаноидов. Физиологическая потребность в ПНЖК – для взрослых 6...10% от калорийности суточного рациона.

Двумя основными группами ПНЖК являются кислоты семейств омега-6 (ω -6) и омега-3 (ω -3). Жирные кислоты ω -6 содержатся практически во всех растительных маслах и орехах. ω -3 жирные кислоты

также содержатся в ряде масел (льняном, из семян крестоцветных, соевом). Основным пищевым источником ω -3 жирных кислот являются жирные сорта рыб и некоторые морепродукты. Из ПНЖК ω -6 особое место занимает линолевая кислота, которая является предшественником наиболее физиологически активной кислоты этого семейства – арахидоновой. Арахидоновая кислота является преобладающим представителем ПНЖК в организме человека. Физиологическая потребность для взрослых составляет 8...10 г/сутки ω -6 жирных кислот, и 0,8...1,6 г/сутки ω -3 жирных кислот, или 5...8% от калорийности суточного рациона, для ω -6 и 1...2% от калорийности суточного рациона. Для ω -3. Оптимальное соотношение в суточном рационе ω -6 к ω -3 жирных кислот должно составлять 5...10:1.

В пищевых продуктах животного происхождения основным представителем стеринов является холестерин. Количество холестерина в суточном рационе взрослых и детей не должно превышать 300 мг.

Фосфолипиды участвуют в регуляции обмена холестерина и способствуют его выведению. В пищевых продуктах растительного происхождения в основном встречаются лецитин, в состав которого входит витаминоподобное вещество холин, а также кефалин. Оптимальное содержание фосфолипидов в рационе взрослого человека 5...7 г/сутки.

Углеводы

Углеводы пищи представлены преимущественно полисахаридами (крахмал), и в меньшей степени моно-, ди- и олигосахаридами. 1 г углеводов при окислении в организме дает 4 ккал. Физиологическая потребность в усвояемых углеводах для взрослого человека составляет 50...60% от энергетической суточной потребности (от 257 до 586 г/сутки).

К моносахаридам относятся глюкоза, фруктоза и галактоза. Олигосахариды – углеводы, молекулы которых содержат от 2 до 10 остатков моносахаридов. Основными представителями олигосахаридов в питании человека являются сахароза и лактоза. Потребление добавленного сахара не должно превышать 10% от калорийности суточного рациона.

Полисахариды (высокомолекулярные соединения, образуются из большого числа мономеров глюкозы и других моносахаридов) подразделяются на крахмальные полисахариды (крахмал и гликоген) и неусвояемые полисахариды – пищевые волокна (клетчатка, гемицеллюлоза, пектины).

В группу пищевых волокон входят полисахариды, в основном растительные, которые перевариваются в толстом кишечнике в незначительной степени и существенно влияют на процессы перевари-

вания, усвоения, микробиоценоз и эвакуацию пищи. Физиологическая потребность в пищевых волокнах для взрослого человека составляет 20 г/сутки.

Водорастворимые витамины

Витамин С (формы и метаболиты аскорбиновой кислоты) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа. Дефицит приводит к рыхлости и кровоточивости десен, носовым кровотечениям вследствие повышенной проницаемости и ломкости кровеносных капилляров. Среднее потребление варьирует в разных странах 70... 170 мг/сутки, в России – 55...70 мг/сутки. Установленный уровень физиологической потребности в разных странах – 45...110 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 2000 мг/сутки. Уточнённая физиологическая потребность для взрослых – 90 мг/сутки.

Витамин В₁ (тиамин) в форме образующегося из него тиамин-дифосфата входит в состав важнейших ферментов углеводного и энергетического обмена, обеспечивающих организм энергией и пластическими веществами, а также метаболизма разветвленных аминокислот. Недостаток этого витамина ведет к серьезным нарушениям со стороны нервной, пищеварительной и сердечно-сосудистой систем. Среднее потребление варьирует в разных странах 1,1...2,3 мг/сутки, в США – до 6,7 мг/сутки, в России – 1,3...1,5 мг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 0,9...2,0 мг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. Уточнённая физиологическая потребность для взрослых – 1,5 мг/сутки.

Витамин В₂ (рибофлавин) в форме коферментов участвует в окислительно-восстановительных реакциях, способствует повышению восприимчивости цвета зрительным анализатором и темновой адаптации. Недостаточное потребление витамина В₂ сопровождается нарушением состояния кожных покровов, слизистых оболочек, нарушением светового и сумеречного зрения. Среднее потребление в разных странах от 1,5...7,0 мг/сутки, в России – 1,0...1,3 мг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 1,1...2,8 мг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. При потреблении витамина В₂ в размере 1,8 мг/сутки и более у подавляющего большинства обследованных лиц концентрация рибофлавина в сыворотке крови находится в пределах физиологической нормы. Уточненная физиологическая потребность для взрослых – 1,8 мг/сутки.

Витамин В₆ (пиридоксин) в форме своих коферментов участвует в превращениях аминокислот, метаболизме триптофана, липидов и нуклеиновых кислот, участвует в поддержании иммунного ответа, участвует в процессах торможения и возбуждения в центральной нерв-

ной системе, способствует нормальному формированию эритроцитов, поддержанию нормального уровня гомоцистеина в крови. Недостаточное потребление витамина В₆ сопровождается снижением аппетита, нарушением состояния кожных покровов, развитием гомоцистенимии, анемии. Среднее потребление в разных странах 1,6... 3,6 мг/сутки, в РФ – 2,1...2,4 мг/сутки. Недостаточная обеспеченность этим витамином обнаруживается у 50...70% населения РФ. Установленный уровень потребности в разных странах – 1,1...2,6 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 25 мг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 2,0 мг/сутки.

Ниацин в качестве кофермента участвует в окислительно-восстановительных реакциях энергетического метаболизма. Недостаточное потребление витамина сопровождается нарушением нормального состояния кожных покровов, желудочно-кишечного тракта и нервной системы. Среднее потребление в разных странах 12... 40 мг/сутки, в РФ – 13...15 мг/сутки. Ниацин может синтезироваться из триптофана (из 60 мг триптофана образуется 1 мг ниацина). Установленный уровень потребности в разных странах – 11...25 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления ниацина – 60 мг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 20 мг/сутки.

Витамин В₁₂ играет важную роль в метаболизме и превращениях аминокислот. Фолат и витамин В₁₂ являются взаимосвязанными витаминами, участвуют в кроветворении. Недостаток витамина В₁₂ приводит к развитию частичной или вторичной недостаточности фолатов, а также анемии, лейкопении, тромбоцитопении. Среднее потребление в разных странах 4...17 мкг/сутки, в РФ – около 3 мкг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 1,4...3,0 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 3 мкг/сутки.

Фолаты в качестве кофермента участвуют в метаболизме нуклеиновых и аминокислот. Дефицит фолатов ведет к нарушению синтеза нуклеиновых кислот и белка, следствием чего является торможение роста и деления клеток, особенно в быстро пролиферирующих тканях: костный мозг, эпителий кишечника и др. Недостаточное потребление фолата во время беременности является одной из причин недоношенности, гипотрофии, врожденных уродств и нарушений развития ребенка. Показана выраженная связь между уровнем фолата, гомоцистеина и риском возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Среднее потребление в разных странах 210... 400 мкг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 150...400 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 1000 мкг/сутки. Уточненная физиологическая потребность для взрослых – 400 мкг/сутки.

Пантотеновая кислота участвует в белковом, жировом, углеводном обмене, обмене холестерина, синтезе ряда гормонов, гемоглобина, способствует всасыванию аминокислот и сахаров в кишечнике, поддерживает функцию коры надпочечников. Недостаток пантотеновой кислоты может вести к поражению кожи и слизистых. Среднее потребление в разных странах 4,3...6,3 мг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 4...12 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 5 мг/сутки.

Биотин участвует в синтезе жиров, гликогена, метаболизме аминокислот. Недостаточное потребление этого витамина может привести к нарушению нормального состояния кожных покровов. Среднее потребление в разных странах 20...53 мкг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 15...100 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 50 мкг/сутки.

Жирорастворимые витамины

Витамин А играет важную роль в процессах роста и репродукции, дифференцировки эпителиальной и костной ткани, поддержания иммунитета и зрения. Дефицит витамина А ведет к нарушению темновой адаптации («куриная слепота» или гемералопия), ороговению кожных покровов, снижает устойчивость к инфекциям. Среднее потребление в разных странах 530...2000 мкг рет.экв./сутки, в РФ – 500...620 мкг рет.экв./сутки. Установленный уровень физиологической потребности в разных странах – 600...1500 мкг рет.экв./сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 3000 мкг рет.экв./сутки. При потреблении витамина А в размере более 900 мкг рет.экв./сутки у подавляющего большинства обследованных концентрация ретинола находится в пределах физиологической нормы. Уточненная физиологическая потребность для взрослых – 900 мкг рет.экв./сутки.

Бета-каротин является провитамином А и обладает антиоксидантными свойствами. 6 мкг бета-каротина эквивалентны 1 мкг витамина А. Среднее потребление в разных странах 1,8...5,0 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 5 мг/сутки.

Витамин Е представлен группой токоферолов и токотриенолов, которые обладают антиоксидантными свойствами. Является универсальным стабилизатором клеточных мембран, необходим для функционирования половых желез, сердечной мышцы. При дефиците витамина Е наблюдаются гемолиз эритроцитов, неврологические нарушения. Среднее потребление в разных странах 6,7...14,6 мг ток.экв./сутки, в РФ – 17,8...24,6 мг ток.экв./сутки. Установленный уровень физиологи-

ческой потребности в разных странах – 7...25 мг ток.экв./сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 300 мг ток.экв./сутки. Уточненная физиологическая потребность для взрослых – 15 мг ток.экв./сутки.

Основные функции *витамина D* связаны с поддержанием гомеостаза кальция и фосфора, осуществлением процессов минерализации костной ткани. Недостаток витамина D приводит к нарушению обмена кальция и фосфора в костях, усилинию деминерализации костной ткани, что приводит к увеличению риска развития остеопороза. Среднее потребление в разных странах 2,5...11,2 мкг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 0...11 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 50 мкг/сутки. Уточнённая физиологическая потребность для взрослых – 10 мкг/сутки, для лиц старше 60 лет – 15 мкг/сутки.

Метаболическая роль *витамина K* обусловлена его участием в модификации ряда белков свертывающей системы крови и костной ткани. Недостаток витамина K приводит к увеличению времени свертывания крови, пониженному содержанию протромбина в крови. Среднее потребление в разных странах 50...250 мкг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 55...120 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 120 мкг/сутки.

Минеральные вещества – макроэлементы

Кальций – необходимый элемент минерального матрикса кости, выступает регулятором нервной системы, участвует в мышечном сокращении. Дефицит кальция приводит к деминерализации позвоночника, костей таза и нижних конечностей, повышает риск развития остеопороза. Среднее потребление в разных странах 680...950 мг/сутки, в РФ – 500...750 мг/сутки. Установленный уровень потребности 500...1200 мг/сутки. Верхний допустимый уровень 2500 мг/сутки. Уточнённая физиологическая потребность для взрослых – 1000 мг/сутки, для лиц старше 60 лет – 1200 мг/сутки.

Фосфор в форме фосфатов принимает участие во многих физиологических процессах, включая энергетический обмен (в виде высокоэнергетического АТФ), регуляции кислотно-щелочного баланса, входит в состав фосфолипидов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот, участвует в клеточной регуляции путем фосфорилирования ферментов, необходим для минерализации костей и зубов. Дефицит приводит к анорексии, анемии, рахиту. Оптимальное для всасывания и усвоения кальция соотношение содержания кальция к фосфору в рационе составляет 1:1, а в рационе россиян приближается к 1:2. Среднее потребление в разных странах 1110...1570 мг/сутки, в РФ 1200 мг/сутки. Установленные уровни потребности 550...1400 мг/сутки. Верхний до-

пустимый уровень не установлен. Уточнённая физиологическая потребность для взрослых – 800 мг/сутки.

Магний является кофактором многих ферментов, в том числе энергетического метаболизма, участвует в синтезе белков, нуклеиновых кислот, обладает стабилизирующим действием для мембран, необходим для поддержания гомеостаза кальция, калия и натрия. Недостаток магния приводит к гипомагниемии, повышению риска развития гипертонии, болезней сердца. Среднее потребление в разных странах 210...350 мг/сутки, в РФ 300 мг/сутки. Установленные уровни потребности 200...500 мг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 400 мг/сутки.

Калий является основным внутриклеточным ионом, принимающим участие в регуляции водного, кислотного и электролитного баланса, участвует в процессах проведения нервных импульсов, регуляции давления. Среднее потребление в разных странах 2650... 4140 мг/сутки, в РФ 3100 мг/сутки. Установленные уровни потребности 1000...4000 мг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 2500 мг/сутки.

Натрий – основной внеклеточный ион, принимающий участие в переносе воды, глюкозы крови, генерации и передаче электрических нервных сигналов, мышечном сокращении. Клинические проявления гипонатриемии выражаются как общая слабость, апатия, головные боли, гипотония, мышечные подергивания. Среднее потребление 3000...5000 мг/сутки. Установленный уровень потребности 1300... 1600 мг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 1300 мг/сутки.

Хлор необходим для образования и секреции соляной кислоты в организме. Среднее потребление 5000...7000 мг/сутки. Установленный уровень потребности 2000...2500 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 2300 мг/сутки.

Минеральные вещества – микроэлементы

Из 92 встречающихся в природе химических элементов 81 обнаружен в организме человека. 12 элементов называют структурными, так как они составляют 99% элементного состава человеческого организма (С, О, Н, N, Ca, Mg, Na, K, S, P, F, C1). Микроэлементами (МЭ) называют элементы, присутствующие в организме человека в очень малых следовых количествах. Это, в первую очередь, 15 эссенциальных МЭ: Fe, J, Си, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si, Li, а также условно-эссенциальные: B, Br. Элементы Cd, Pb, Al, Rb являются серьезными кандидатами на эссенциальность. В учение о МЭ особенно отчётливо видна справедливость слов Парацельса о том, что «нет

токсичных веществ, а есть токсичные дозы». МЭ являются важнейшими катализаторами различных биохимических процессов, обмена веществ, играют значительную роль в адаптации организма в норме и патологии. Ряд элементов, широко представленных в природе, редко встречается у человека, и наоборот. В этом проявляются особенности бионакопления элементов: активное и избирательное использование элементов внешней среды для поддержания гомеостаза и построения своего тела вне зависимости от широко меняющихся параметров внешних условий [4, 5].

Микроэлементный гомеостаз может нарушаться при недостаточном поступлении эссенциальных МЭ и/или избыточном поступлении в организм токсических МЭ. Причем, с учётом сложных антагонистических и синергетических взаимовлияний и отношений между элементами, картина интоксикации или возникновения патологического состояния и заболеваний может быть очень сложной и трудной для интерпретации. В этом случае очень важна адекватная диагностика микроэлементов, связанная, в первую очередь, с точным количественным определением элементов в индикаторных биосубстратах человека.

Железо входит в состав различных по своей функции белков, в том числе ферментов. Участвует в транспорте электронов, кислорода, обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций и активацию перекисного окисления. Недостаточное потребление ведет к гипохромной анемии, миоглобиндефицитной атонии скелетных мышц, повышенной утомляемости, миокардиопатии, атрофическому гастриту. Среднее потребление в разных странах 10...22 мг/сутки, в РФ – 17 мг/сутки. Установленные уровни потребностей для мужчин 8...10 мг/сутки и для женщин 15...20 мг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 10 мг/сутки (для мужчин) и 18 мг/сутки (для женщин).

Цинк входит в состав более 300 ферментов, участвует в процессах синтеза и распада углеводов, белков, жиров, нуклеиновых кислот и в регуляции экспрессии ряда генов. Недостаточное потребление приводит к анемии, вторичному иммунодефициту, циррозу печени, половой дисфункции, наличию пороков развития плода. Исследованиями последних лет выявлена способность высоких доз цинка нарушать усвоение меди и тем способствовать развитию анемии. Среднее потребление 7,5...17,0 мг/сутки. Установленные уровни потребности 9,5...15,0 мг/сутки. Верхний допустимый уровень 25 мг/сутки. Уточнённая физиологическая потребность для взрослых – 12 мг/сутки.

Йод участвует в функционировании щитовидной железы, обеспечивая образование гормонов (тироксина и трийодтиронина). Необходим для роста и дифференцировки клеток всех тканей организма человека, митохондриального дыхания, регуляции трансмем-

бранного транспорта натрия и гормонов. Недостаточное поступление приводит к эндемическому зобу с гипотиреозом и замедлению обмена веществ, артериальной гипотензии, отставанию в росте и умственном развитии у детей. Потребление йода с пищей широко варьирует в различных геохимических регионах: 65...230 мкг/сутки. Установленные уровни потребности 130...200 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень 600 мкг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 150 мкг/сутки.

Медь входит в состав ферментов, обладающих окислительно-восстановительной активностью и участвующих в метаболизме железа, стимулирует усвоение белков и углеводов. Участвует в процессах обеспечения тканей организма человека кислородом. Клинические проявления недостаточного потребления проявляются нарушениями формирования сердечно-сосудистой системы и скелета, развитием дисплазии соединительной ткани. Среднее потребление 0,9... 2,3 мг/сутки. Установленные уровни потребности 0,9...3,0 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления 5 мг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 1,0 мг/сутки.

Марганец участвует в образовании костной и соединительной ткани, входит в состав ферментов, включающихся в метаболизм аминокислот, углеводов, катехоламинов; необходим для синтеза холестерина и нуклеотидов. Недостаточное потребление сопровождается замедлением роста, нарушениями в репродуктивной системе, повышенной хрупкостью костной ткани, нарушениями углеводного и липидного обмена. Среднее потребление 1...10 мг/сутки. Установленные уровни потребности 2...5 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления 5 мг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 2 мг/сутки.

Селен – эссенциальный элемент антиоксидантной системы защиты организма человека, обладает иммуномодулирующим действием, участвует в регуляции действия тиреоидных гормонов. Дефицит приводит к болезни Кашина-Бека (остеоартроз с множественной деформацией суставов, позвоночника и конечностей), болезни Кешана (эндемическая миокардиопатия), наследственной тромбастении. Среднее потребление 28...110 мкг/сутки. Установленные уровни потребности 30...75 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления 300 мкг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 55 мкг/сутки (для женщин); 70 мкг/сутки (для мужчин).

Хром участвует в регуляции уровня глюкозы крови, усиливая действие инсулина. Дефицит приводит к снижению толерантности к глюкозе. Среднее потребление 25...160 мкг/сутки. Установленные уровни потребности 30...100 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень не установлен. Физиологическая потребность для взрослых – 50 мкг/сутки.

Молибден является кофактором многих ферментов, обеспечивающих метаболизм серусодержащих аминокислот, пуринов и пиримидинов. Среднее потребление 44...500 мкг/сутки. Установленные уровни потребности 45...100 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень 600 мкг/сутки. Физиологическая потребность для взрослых – 70 мкг/сутки.

Фтор инициирует минерализацию костей. Недостаточное потребление приводит к кариесу, преждевременному стиранию эмали зубов. Среднее потребление 0,5...6,0 мг/сутки. Установленные уровни потребности 1,5...4,0 мг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления 10 мг/сутки. Рекомендуемая физиологическая потребность для взрослых – 4 мг/сутки.

В таблицах 5.2 и 5.3 приведены биоусвояемость и взаимодействие элементов [5].

Таблица 5.2
Биоусвояемость элементов [5]

Элемент	Биоусвояемость, %	Элемент	Биоусвояемость, %
K	90...95	Zn	20...40 и больше
Na	90...95	Mg	30...35 и больше
Cl	95...100	Cu	10...30 и меньше
Mo	70...80 или меньше	Fe	7,0...15,0
Se	50...80	Mn	3,0...5,0
P	60...70	Cr	0,5...1
Ca	25...40		

Таблица 5.3
Взаимодействие элементов [5]

Элемент	Приводит к дефициту	Элемент	Приводит к дефициту
Hg	Se	Mn	Mg, Cu
As	Se	Mo	Cu
Cd	Se, Zn	Zn	Cu, Fe
Ca	Zn, P	Pb	Ca, Zn
Fe	Cu, Zn	Cu	Zn, Mo

5.1.4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп на

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах

Показатели, (в сутки)	Группа физической активности, (коэффициент физической акти-											
	I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			IV (2,2)		
	Возрастные группы											
	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 49
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Энергия и макронутриенты												
Энергия, ккал	2450	2300	2100	2800	2650	2500	3300	3150	2950	3850	3600	3900
Белок, г	72	68	65	80	77	72	94	89	84	108	102	108
в т.ч. животный, г	36	34	32,5	40	38,5	36	47	44,5	42	54	51	54
% от ккал	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11
Жиры, г	81	77	70	93	88	83	110	105	98	128	120	128
Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
МНЖК, % от ккал										10		
ПНЖК, % от ккал										6...10		
Омега-6, % от ккал										5...8		
Омега-3, % от ккал										1...2		
Фосфолипиды, г										5...7		
Углеводы, г	358	335	303	411	387	366	484	462	432	566	528	566
Сахар, % от ккал										<10		
Пищевые волокна, г										20		
Витамины												
Витамин С, мг										90		
Витамин В1, мг										1,5		
Витамин В2, мг										1,8		
Витамин В6, мг										2,0		
Ниацин, мг										20		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витамин В12, мкг									3,0		
Фолаты, мкг									400		
Пантотеновая кислота, мг									5,0		
Биотин, мкг									50		
Витамин А, мкг рет.экв.									900		
Бета-каротин, мг									5,0		
Витамин Е, мг ток.экв.									15		
Витамин D, мкг								10			
Витамин K, мкг									120		
Минеральные вещества											
Кальций, мг									1000		
Фосфор, мг									800		
Магний, мг									400		
Калий, мг									2500		
Натрий, мг									1300		
Хлориды, мг									2300		
Железо, мг									10		
Цинк, мг									12		
Иод, мкг									150		
Медь, мг									1,0		
Марганец, мг									2,0		
Селен, мкг									70		
Хром, мкг									50		
Молибден, мкг									70		
Фтор, мг									4,0		

*Для лиц, работающих в условиях Крайнего Севера, энерготраты увеличиваются на 15% потребности в белках, жирах и углеводах.

Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах

Показатели, (в сутки)	Группа физической активности, (коэффициент физической активно-									
	I (1,4)			II (1,6)			III (1,9)			
	Возрастные группы									
	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59	18... 29	30... 39	40... 59	18...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Энергия и макронутриенты										
Энергия, ккал	2000	1900	1800	2200	2150	2100	2600	2550	2500	3050
Белок, г	61	59	58	66	65	63	76	74	72	87
в т.ч. животный, г	30,5	29,5	29	33	32,5	31,5	38	37	36	43,
% от ккал	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Жиры, г	67	63	60	73	72	70	87	85	83	100
Жир, % от ккал	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
MНЖК, % от ккал							10			
ПНЖК, % от ккал							6...10			
Омега-6, % от ккал							5...8			
Омега-3, % от ккал							1...2			
Фосфолипиды, г							5...7			
Углеводы, г	289	274	257	318	311	305	378	372	366	466
Сахар, % от ккал							<10			
Пищевые волокна, г							20			
Витамины										
Витамин С, мг							90			
Витамин В1, мг							1,5			
Витамин В2, мг							1,8			
Витамин В6, мг							2,0			
Ниацин, мг							20			
Витамин В12, мкг							3,0			
Фолаты, мкг							400			
Пантотеновая кислота, мг							5,0			
Биотин, мкг							50			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витамин А, мкг рет.экв.							900		
Бета-каротин, мг							5,0		
Витамин Е, мг ток. экв.							15		
Витамин D, мкг							10		
Витамин K, мкг							120		
Минеральные вещества									
Кальций, мг							1000		
Фосфор, мг							800		
Магний, мг							400		
Калий, мг							2500		
Натрий, мг							1300		
Хлориды, мг							2300		
Железо, мг							18		
Цинк, мг							12		
Йод, мкг							150		
Медь, мг							1,0		
Марганец, мг							2,0		
Селен, мкг							55		
Хром, мкг							50		
Молибден, мкг							70		
Фтор, мг							4,0		

*Для лиц, работающих в условиях Крайнего Севера, энерготраты увеличиваются на 15 потребности в белках, жирах и углеводах.

5.1.5. Оценка риска недостаточного потребления пищевых веществ

При использовании норм для оценки расчётов потребления пищевых веществ следует иметь в виду следующее:

– показатели индивидуальной потребности (ИП) в популяции для пищевых веществ имеют нормальное распределение, т.е. потребности 95% популяции находятся в пределах двух стандартных отклонений от средней величины потребности (СП) (рис. 5.1);

– СП означает, что одна половина популяции (50%) имеет ИП ниже СП, а другая выше СП. Фактическое потребление на уровне СП будет свидетельствовать о 50% вероятностном риске недостаточного потребления (рис. 5.1);

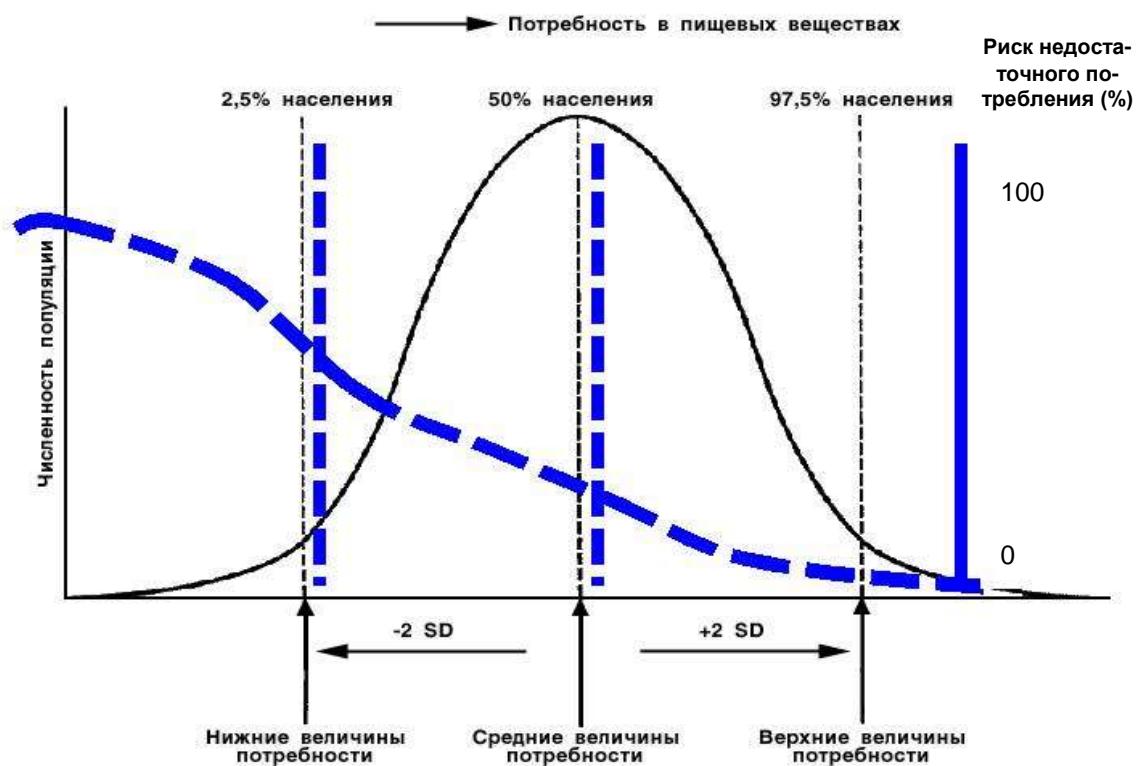


Рис. 5.1. Распределение ИП в пищевых веществах у населения

– около 2,5% популяции будут иметь ИП на два стандартных отклонения (около 30%) ниже СП. Фактическое потребление на этом уровне будет достаточным только для 2,5% популяции, а для подавляющей части популяции (почти 98%) такой уровень потребления будут явно недостаточным. Потребление на этом уровне будет свидетельствовать о 98% вероятностном риске недостаточного потребления. С помощью табл. 5.6 можно оценить риск недостаточного потребления пищевых веществ.

Таблица 5.6

Критерии для расчёта вероятностного риска недостаточного потребления пищевых веществ

Пищевые вещества	Величины вероятностного риска					
	Нет риска	Низкий	Средний			Высокий
		2%	16%	50%	84%	98%
Белок, г/кг массы тела, в день Мужчины и женщины старше 18 лет	0,75...1,0 и выше (но не более 1,6)	0,75	0,675	0,60	0,525	0,45
Витамин В ₁ , мг/день Мужчины старше 18 лет Женщины старше 18 лет	1,2...1,5 1,1...1,5	1,2 1,1	1,1 1,0	1,0 0,9	0,9 0,8	0,8 0,7
Витамин В ₂ , мг/день Мужчины старше 18 лет Женщины старше 18 лет	1,3...1,8 1,1...1,8	1,3 1,1	1,2 1,0	1,1 0,9	1,0 0,8	0,9 0,7
Витамин С, мг/день Мужчины и женщины старше 18 лет	40...90	40,0	32,5	25,0	17,5	10,0
Витамин А, мкг рет.экв./день Мужчины старше 18 лет Женщины старше 18 лет	–	900,0 700,0	762,5 600,0	625,0 500,0	487,5 400,0	350,0 300,0
Кальций, мг/день Мужчины и женщины старше 18 лет	700... 1000	700,0	612,5	525,0	462,5	450,0
Железо, мг/день Мужчины старше 18 лет Женщины 18-49 лет старше 50 лет	8,7...10 14,8...18 –	8,7 14,8 8,7	7,7 13,1 7,7	6,7 11,4 6,7	5,7 9,7 5,7	4,7 8,0 4,7

5.2. Расчётное задание

С использованием данных раздела 5.1 рассчитать индивидуальную суточную физиологическую потребность в энергии и пищевых веществах. Расчёт представить в виде табл. 5.7. На основании ре-зультата расчёта оценить риск недостаточного и избыточного потребления пищевых веществ.

Таблица 5.7

Форма представления расчёта

Продукт	Массово г днага	Белок, г	Жиры, г энергетич	Макроэле- менты, мг			Микроэле- менты, мкг			Витамины, мг			Калорийн сост.
Биоусвояе- мость													
Сумма													
Норма													

Контрольные вопросы и задания

1. Какие факторы влияют на физиологическую потребность в энергии и пищевых веществах?
2. Перечислите химические элементы и дайте их биологическую классификацию.
3. Опишите роль химических элементов в механизмах адаптации человека к воздействиям неблагоприятных факторов.
4. Объясните понятия «биоаккумуляция», «биоконцентрирование», «биомагнификация».
5. Перечислите микроэлементозы и его виды. Назовите методы выявления и устранения микроэлементозов.
6. Дайте определения следующим терминам: белки; величина основного обмена (ВОО); витамины и витаминоподобные вещества; жиры (липиды); макронутриенты и микронутриенты; минорные и био-логически активные вещества пищи с установленным физиологическим действием; незаменимые (эссенциальные) пищевые вещества; пищевые волокна; углеводы; фосфолипиды; энерготраты суточные и энергетический баланс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Капица, С.П. Парадоксы роста. Законы развития человечества / С.П. Капица. – М.: Альпина нон-фикшн, 2010. – 192 с.
2. Биохимия: учеб. для вузов / под ред. Е.С. Северина. – М.: ГЕОТАР-МЕДИА, 2003. – 779 с.
3. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. Утв. Роспотребнадзором 18.12.2008. – М., 2008.
4. Микроэлементозы человека. Этиология, классификация органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
5. Полезные свойства и значение микроэлементов для организма человека // URL: <http://www.microelements.ru/poleznaja-informatsija/o-mikroelementakh/> (дата обращения: 16.12.2015).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
---------------	---

<i>Практическая работа № 1.</i>		
МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ		
В ЭКОЛОГИИ	4	
1.1. Основные теоретические положения	4	
1.1.1. Количественная оценка влияния экологического фактора	4	
1.1.2. Оценка достоверности влияния образа жизни на физиологический статус населения	7	
1.2. Расчётные задания	8	
Контрольные вопросы и задания	10	
 <i>Практическая работа № 2.</i>		
ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДИНАМИКУ ПОПУЛЯЦИЙ		11
2.1. Основные теоретические положения	11	
2.2. Пример расчёта	12	
2.3. Расчётные задания	13	
Контрольные вопросы и задания	15	
 <i>Практическая работа № 3.</i>		
ПОПУЛЯЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ГРУЗА		16
3.1. Основные теоретические положения	16	
3.2. Пример расчёта	16	
3.3. Расчётное задание	17	
Контрольные вопросы и задания	17	
 <i>Практическая работа № 4.</i>		
СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕННЫХ МУТАЦИЙ		18
4.1. Основные теоретические положения	18	
4.2. Примеры расчёта	20	
4.3. Расчётное задание	21	
Контрольные вопросы и задания	22	

Практическая работа № 5.	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ	23
5.1. Основные теоретические положения	23
5.1.1. Основные термины и определения	23
5.1.2. Группы населения, дифференцированные по уровню физической активности	25
5.1.3. Незаменимые (эссенциальные) пищевые вещества и источники энергии	26
5.1.4. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения	38
5.1.5. Оценка риска недостаточного потребления пищевых веществ.....	42
5.2. Расчётное задание	43
Контрольные вопросы и задания	44
ЛИТЕРАТУРА.....	45

Учебное издание

**ЛОБИКОВ Алексей Владимирович ШЕЛМАКОВ Сергей Вячеславович
ШАШИНА Елена Владимировна**

МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ
ПО ОБЩЕМУ КУРСУ ЭКОЛОГИИ

Редактор Т.А. Феоктистова

Подписано в печать 28.01.2016 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 3,0. Тираж 100 экз. Заказ . Цена 105 руб.
МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский пр-т, 64.