

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Косенко Сергей Михайлович
Должность: ректор
Дата подписания: 19.06.2024 12:30:08
Уникальный программный ключ:
e3a68f3eaa1e62674b544998099d366bfde1836

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**В. М. ЕСЬКОВ,
О.В. КЛИМОВ,
М.А. ФИЛАТОВ**

БИОФИЗИКА

**Учебное пособие для студентов биологического факультета
СурГУ (курс лабораторно-практических работ)
часть II**

Сургут-2007

УДК 167/168-005; 517.997; 519.25; 57.081; 57.084/.085; 616-092.4(57+61)
ББК 3208Е75

Данное издание является 2-й частью лабораторно – практических работ по биофизике. Учебное пособие направлено на практическое изучение студентами вопросов электрогенеза и биофизики сложных систем (нейросети, анализаторы, работа мышц и синергетика биосистем). Издание рассчитано на студентов биологических факультетов, а также учащихся профильных старших классов (элективные курсы по естествознанию) и для учителей (в качестве учебного пособия).

Под редакцией ЗДН РФ, д.б.н., д.ф.-м.н., профессора В.М. Еськова

Рецензенты:

академик РАМН,
доктор медицинских наук, профессор

В.Г. Зилов

Член-корреспондент РАН,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор биологических наук, профессор

Г.С. Розенберг

Оглавление

	Стр.
2.1 Электроемкость биомембран. Определение . электроемкости конденсаторов	4
2.2 Биоэлектрические явления в живом организме. . Регистрация биопотенциалов (БП). Потенциалы покоя (ПП)	13
2.3 Моделирование биоэлектрической активности . формального нейрона	23
2.4 Искусственные нейронные сети и нейрокомпьютеры .	30
2.5 Изучение регуляции работы мышц .	48
2.6 Биофизика рецепций. Задание 1. (Закон Вебера . Фехнера). Задание 2. (Измерение латентных периодов сенсомоторных реакций)	59
2.7 Биофизика сложных систем в аспекте теории хаоса и . синергетики	68
2.8 Изучение процессов фотосинтеза зеленых растений .	85
2.9 Биофизика излучений. Методы регистрации активных . радионуклеотидов	95

Лабораторная работа № 2.1.
ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ БИОМЕМБРАН.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЁМКОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Основные законы электростатики, понятия напряженности (E) электрического поля (ЭП), потенциала (U), связь между E и U , понятие электроёмкости (C) различных тел и электроёмкость мембран.
2. Определение C для сферы и плоских конденсаторов, основные законы последовательного и параллельного соединения конденсаторов.
3. Строение и электрические свойства мембран, способы получения искусственных биомембран, механизм функционирования электрических органов рыб.

Обучаемый должен уметь:

1. Экспериментально определять электроёмкости различных тел.
2. Проверять законы последовательного и параллельного соединения конденсаторов.
3. Определять ёмкостные свойства биотканей.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Рассматриваемые явления лежат в основе жизнедеятельности всех клеточных организмов, т.к. все биомембраны имеют барьерные функции и, следовательно, обладают ёмкостными свойствами. Отметим, что ёмкостными свойствами обладают и тканевые мембраны (кожа, гематоэнцефалический барьер и т.д.). Изменение ёмкостных свойств клеточных и тканевых мембран- причина многих патологических состояний и болезней человека, животных, растений. Знание законов последовательного и параллельного соединения ёмкостных элементов дает возможность понимать морфофункциональные свойства клетки и многоклеточных организмов, их поведение в естественных и искусственных электрических полях (физиотерапия!)– ЭП.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 9 часов. Из них 4 часа- лекции, 2 часа- лабораторные занятия и 3 часа- на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревин В.В., Максимов Г.В., Кольс О.Р. Физиология и биофизика мембранных процессов.- Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1995.- 96с.
2. Владимиров Ю.А., Рощупкин Д.И., Потапенко А.Я., Деев А.И. Биофизика. - М.: Медицина, 1983.- 272с.
3. Болдырев А.А., Котелевцев С.В., Ланис М. и др. Введение в биомембранологию.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990.- 208с.
4. Албертс В., Брей Д., Льюис Дж. и др Молекулярная биология клетки.- М.: Мир, 1986.
5. Рубин А.В. Биофизика: В 2 кн.- М.: Высш. шк., 1987.- Кн.1
6. Бергельсон Л.Д. Биологические мембраны.- М.:Наука, 1975.- 184с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 1- МУ ЭТАПУ "Самоподготовка"

Цель этапа.

1. Повторить исходную информацию из школьного курса;
2. Изучить и проверить свои знания по новой информации из лекционного курса.

Проверка уровня знаний.

Для изучения темы необходимо возобновить старые знания, связанные с понятиями электростатики и выучить новый материал, используя конспект лекций и вспомогательную литературу.

Для самоконтроля необходимо ответить на вопросы и решить следующие вопросы.

1. Причины возникновения ЭП. Явление трибоэлектричества. Силовые линии ЭП.
2. Напряженность E ЭП. Единицы измерения. От чего зависит E для точечного заряда?
3. Влияние среды на E . Что такое поляризация среды? Охарактеризуйте основные виды поляризации.
4. Понятие потенциала для ЭП. Потенциал точечного заряда (вывод).
5. Какова связь между U и E ? Понятие однородного поля.
6. Что такое электроёмкость ЭП? Вывод формул C для сферы и для плоского конденсатора.
7. Вывод законов последовательного и параллельного соединения конденсаторов.
8. Понятие электроёмкости биомембраны. От чего она зависит?
9. Почему у биомембран большие электроёмкости? Объясните!
10. Разность потенциалов между наружной и внутренней средой клетки 40мВ. Каков заряд на мембране, если её площадь $S=0,001 \text{ мм}^2$, толщина $d=10^{-8} \text{ мм}$, а диэлектрическая проницаемость $\epsilon=10^4$? Определить плотность зарядов на мембране G для данного случая.
11. Какова электроёмкость мембраны, если на частоте 50 Гц её сопротивление составляет $R=1000 \text{ Ом}$?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 2-МУ ЭТАПУ "Выполнение работы"

Цель этапа.

1. Практически изучить методы определения электроёмкости конденсаторов и биомембран.
2. Проверить законы последовательного и параллельного соединения конденсаторов.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие действия:

1. Ознакомьтесь с работой экспериментальной установки по определению ёмкостных свойств биотканей, которая включает в себя 2-е модели тканевых мембран с различными (C_1 и C_2) ёмкостными свойствами, источник постоянного напряжения и переключатель П, нагрузочное сопротивление R прибор для регистрации силы тока (миллиамперметр mA).

2. С помощью проводников подключите к установке первую модель биоткани (C_1), поставив переключатель П в левое положение, что соответствует зарядке C_1 до потенциала U. Затем резко переключите П в правое положение и регистрируйте ток каждые 5 секунд по показаниям mA. Постройте график зависимости $I=I(t)$ и для двух различных t_1 и t_2 определите по графику значения I_1 и I_2 (аккуратно выполняйте интерполяцию при построении). Из формулы

$$C_1=(t_2-t_1)/(R \cdot \ln(I_1/I_2))$$

определите значение C_1 не менее 4-х раз, рассчитайте доверительный интервал для C_1 .

3. Аналогичные действия произведите для C_2 , а затем для параллельного и последовательного соединения C_1 и C_2 . Обратите внимание на начальные (стартовые) значения токов для разных C_1 и C_2 ! Где ток I больше? Если $C_1 > C_2$, то $I_1 > I_2$ или наоборот? Объясните почему. Если C_1 и C_2 соединяются параллельно, то $I_3 > I_1$ и I_2 . Какое отношение это имеет к электрическим органам рыб? Проверьте по средним значениям, что при параллельном соединении $C_{\text{общ}}=C_1+C_2$, а при последовательном $1/C_{\text{общ}}=1/C_1+1/C_2$ с учетом погрешности измерений. Сделайте вывод о правильности законов последовательного и параллельного соединения конденсаторов, моделирующих свойства биомембран.

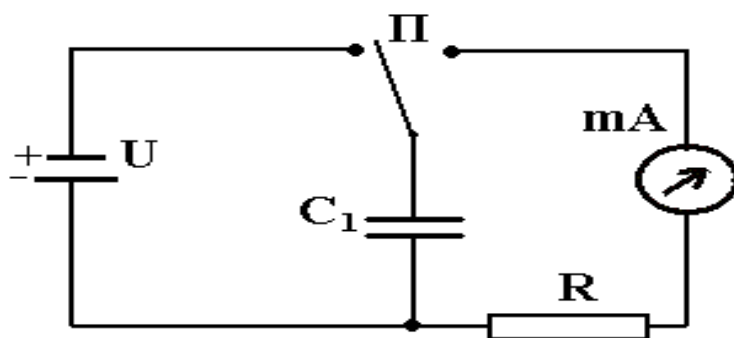


Рис.2.1.1. Принципиальная схема устройства для измерения электроёмкости.

Блок информации

Существование всего живого началось с обособления внутренней среды от внешней с помощью специальных структур- биомембран (БМ) (membrana-перепонка, кожа, оболочка). Существуют клеточные (плазматические) мембраны, мембраны ограничивающие органоиды (мембраны хлоропластов, митохондрий, лизосом, эндоплазматического ретикулума и т.д.). Мембраны отличаются плотной упаковкой составных компонент (белков, липидов, углеводов, макромолекул (гликолипиды, гликопротеиды), минорных компонент (нуклеиновые кислоты, коферменты, антиоксиданты, ионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и др.) и составляют более 50% веса сухого вещества клеток. 110 лет назад (1890 г.) В.Пфедер предложил название клеточной мембраны, однако только в 40-х годах 20-го века мы начали исследовать ультратонкую (размеры не более 10 нм) структуру БМ на электронных микроскопах. В настоящее время существуют различные методы исследования БМ (последовательно):

1. Путем разрушения (осмотическим шоком- эритроциты; гомогенизатором- печень, мозг; растирание с кварцевым песком- мышцы) и последующим центрифугированием. При этом: 600g- осаждаются митохондрии, 20000-100000g- микросомы (смесь везикул размером 0,3-3 мкм). Иногда эту операцию делают в градиенте сахарозы.

2. Рентгеноструктурный анализ БМ по изучению дифракционных картин.

3. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). При этом часто используют изотопы C^{13} , H^1 , P^{31} . В методе оценивается мера "подвижности" отдельных атомов и молекул. Например, используя P^{31} изучают поведение фосфолипидов в модельных и природных мембранах.

4. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) для изучения свободных радикалов и ионов, триплетных состояний в фотобиологических реакциях, т.е. резонансные поглощения ЭМВ веществом во внешнем магнитном поле. При этом наблюдается всплеск поглощения энергии, который свидетельствует о наличии молекул парамагнетина в мембранах.

5. Электронная микроскопия.

6. Флуоресцентная микроскопия (зонды- красители, например, связывающиеся с БМ).

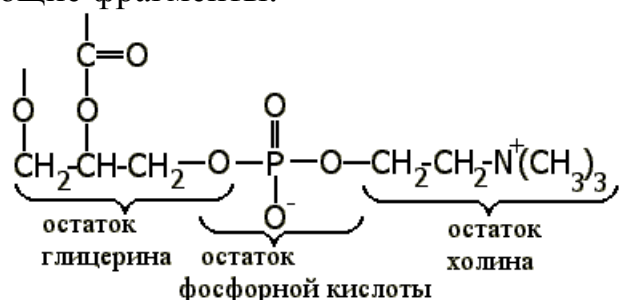
7. Инфракрасная спектроскопия (ИКС) и комбинационного рассеяния (КРС) для получения информации о конформации молекул.

8. Моделирование (физическое, математическое и т.д.) липидных БМ. При этом остаток молекулы мембраны гидрофобный неполярной находится в гептановом растворе фосфолипида, а гидрофильный- в водном белковом растворе.



По химическому составу БМ весьма разнообразны. Они содержат фосфолипиды, белки, углеводы, минорные комплексы (нуклеиновые кислоты, полиамины, H_2O , ионы. Причем белки- 60-65%, фосфолипиды- 35-40%. Липиды в мембранах бывают 3-х классов: фосфолипиды, гликолипиды и стероиды. Производные фосфорной кислоты (фосфолипиды и глицерофосфолипиды)

основные в процентном отношении. К примеру, молекула фосфатидилхолина (ФДХ) содержит следующие фрагменты:



Часто встречаются: ФДХ, фосфатидилэтаноламин (ФЭА), фосфатидилсерин (ФС), фосфатидилинозит (ФИ), сфинголипид, сфингомиелин, а в хлоропластах моно- и дигалактодиглицериды. Белки в БМ - гидрофобные глобулярные структуры, связанные с мембранами (например, гликофорин в эритроцитах). Часто эти белки обладают ферментными свойствами, антигенными (ответственны за иммунную реакцию) и рецепторными (холинорецептор).

Разделение зарядов в пространстве и возникновение вследствие этого электрических полей наблюдается на всех уровнях организации живой природы. В простейшем случае это имеет место уже на уровне отдельных молекул, обладающих жестким дипольным моментом (вода, аминокислоты, фосфолипиды и т.д.). Объединение таких молекул в агрегаты (например, фосфолипиды) приводит к возникновению плоских или пространственных биоструктур, которые выполняют различные функции в организмах животных и растений. Например, полярные мембраны выполняют барьерные функции, а полярный актин-миозиновый комплекс обеспечивает движение организма или его частей. Любая мембрана, отделяя внешнюю среду от внутренней, обязательно обеспечивает и разделение зарядов (ионов), что неизбежно приводит к возникновению ёмкостных свойств таких структур. Что же такое электроёмкость и как она определяется экспериментально? На этот вопрос и дается ответ в данной работе.

Для понимания сущности предлагаемых методов необходимо напомнить основные понятия из электростатики. Известно, что электрическое поле (ЭП)- особый вид материи. Его силовой характеристикой является вектор напряженности ЭП- \vec{E} , который численно равен силе F , действующей на единичный положительный пробный заряд q , внесенный в данную точку поля, а по направлению совпадает с вектором силы F , т.е. $\vec{E} = \vec{F}/q$ (E измеряется в Н/Кл).

Далее, энергетической характеристикой ЭП является потенциал ϕ , который равен работе (или энергии) по перемещению единичного положительного заряда из бесконечности в данную точку ЭП, т.е. $\phi = A/q$ (или $\phi = W/q$), где ϕ измеряется в вольтах ($V = Дж/Кл$). На практике чаще используют $\Delta\phi = U$, где U - напряжение.

Величины U и E связаны уравнением $\vec{E} = -\text{grad} \phi$, где вектор-градиент потенциала направлен в сторону увеличения потенциала. Градиент чаще обозначают буквой "набла" (∇), т.е.

$$\nabla = \text{grad} = \bar{i} \frac{\partial}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial}{\partial z}.$$

В представленной записи ∇ - оператор, т.е. некоторое действие, которое надо совершить со скалярной величиной, что бы получить вектор. Вообще градиент это очень широкое понятие, которое используется в изучении процессов живой природы. Можно утверждать, что жизнь это наличие устойчивых градиентов (концентрации, температуры, давления и т.д.). Градиент потенциала на мембранах клеток обуславливает жизнедеятельность растительных и животных организмов.

Любое сферическое тело (растительная или животная клетка) радиусом r имеет свой потенциал

$$\varphi = q / \epsilon \epsilon_0 R,$$

где R - расстояние от поверхности клетки до данной точки пространства. Распределенными зарядами в пространстве обладают и большие организмы. Например, человек имеет различные заряды ладоней и головы (это статическая картина). Кроме того, в организме постоянно генерируются ЭП (например, из-за работы сердца, мозга) и эти потенциалы также можно зарегистрировать. Таким образом, электрические поля играют большую роль в деятельности не только отдельных клеток (их мембран), но и в деятельности целостного организма. Взаимодействием слабых ЭП организмов (людей) можно объяснить различные экстрасенсорные явления. При этом надо учитывать, что у человека (у животных) существует огромное количество датчиков (рецепторных клеток), синхронизация работы которых может привести к гиперчувствительности, т.е. восприятию слабых сигналов на фоне сильных шумов. В этой связи уместно напомнить 2-ю теорему Шеннона, которая гласит, что с увеличением числа сенсоров возможен приём сигналов значительно меньших по уровню существующих шумов. Таким образом потенциально любой человек может воспринимать сверхслабые ЭП (другого человека) на уровне значительно меньшем уровня шумов. Это одно из объяснений феномена электромагнитной теории запахов, когда насекомое воспринимает запах самки (феромонов) при концентрации последних несколько молекул в 1 м^3 воздуха.

Третьей базовой величиной в электростатике является ёмкость- физическая величина численно равная заряду, который надо сообщить телу для увеличения его потенциала на 1 Вольт, т.е. $C = q/U$. Измеряется C в фарадах ($\Phi = \text{Кл/В}$). Для сферического тела его ёмкость равна

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r$$

где r - радиус тела. Сферическое тело в вакууме ($\epsilon=1$) при ёмкости 1Φ должно было бы иметь радиус $r = C/4\pi\epsilon\epsilon_0 = 1/4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ м} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ м}$, что значительно больше радиуса Земли и соизмеримо с размерами Солнца. Существуют среды, у которых диэлектрическая проницаемость очень велика (у сегнетоэлектриков, в биосредах $\epsilon \sim 10^4 - 10^5$) и тогда можно получать большие C при сравнительно небольших размерах. Это имеет место в электролитических конденсаторах или биомембранах. Поэтому ёмкость биомембран может быть значительной.

В технике и живой природе мы имеем дело с системой типа конденсатор, когда два заряженных тела (пространства) разделены диэлектриком. Для плоского конденсатора

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 S / d$$

где S - площадь пластин, d -толщина диэлектрика между пластинами. Заряженный конденсатор обладает энергией

$$W = CU^2/2 = q^2/2C \text{ (измеряется в джоулях (Дж))}$$

Любая мембрана клетки – это конденсатор с указанной энергией и напряженностью ЭП на мембране $E = U/d$, где U разность потенциалов между внешней и внутренней средой (в среднем 10-60 мВ для животных клеток и до 100 мВ для растительных).

В растительном и животном мире мы часто имеем дело с многоклеточными организмами, когда клетки (и их мембраны) располагаются последовательно (друг за другом) или параллельно. В этом случае мы имеем дело с последовательным или параллельным соединением биоконденсаторов. Что при этом происходит с электроёмкостью? Можно показать, что при параллельном соединении C заряды на обкладках конденсаторов складываются ($q_{об} = \sum q_i$), но $q = CU$, значит $q_{об} = q_1 + q_2$ или $C_{об} U_{об} = C_1 U_1 + C_2 U_2$. Поскольку при параллельном соединении $U_{об} = U_1 = U_2$, то имеем $C_{об} = C_1 + C_2$. При последовательном соединении

напряжения складываются, т.е. $U_{об} = U_1 + U_2$ или $\frac{q_{об}}{C_{об}} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}$. Тогда

$$\frac{1}{C_{об}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, \text{ т.к. при последовательном соединении } q_{об} = q_1 = q_2.$$

Последовательное соединение и эффект увеличения напряжения мы имеем в электрических органах отдельных рыб (электрический скат, сом, угорь), когда U может достигать 800-1000 В. Такое напряжение способно при разрядке создать ток, который парализует жертву.

Таким образом, определяя C_1 и C_2 можно рассчитать $C_{об}$, что и предлагается выполнить экспериментально в данной работе. Для этого необходимо собрать цепь, состоящую из источника напряжения U , конденсатора C , нагрузочного сопротивления R и миллиамперметра mA (см. рис.2.2.1). Если с помощью переключателя Π сначала подсоединить C к источнику U и зарядить обкладки конденсатора до напряжения U , а затем переключить на правую половину цепи, в правой цепи при разрядке конденсатора C пойдет убывающий ток $I = I(t)$, график изменения которого представлен на рис.2.1.2. Легко видеть, что при разрядке C убывает экспоненциально. Рассчитать этот закон легко с использованием закона Ома для правой цепи. Сумма падений напряжений ($U_C + U_R$) должна равняться ЭДС ($E = 0$), т.е. $U_C + U_R = 0$ или $IR = -q/C$. Но $I = dq/dt$ и тогда получаем дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными, т.е.

$$\frac{dq}{dt} R = -q/C \text{ или } \frac{dq}{q} = \left(-\frac{1}{RC} \right) dt$$

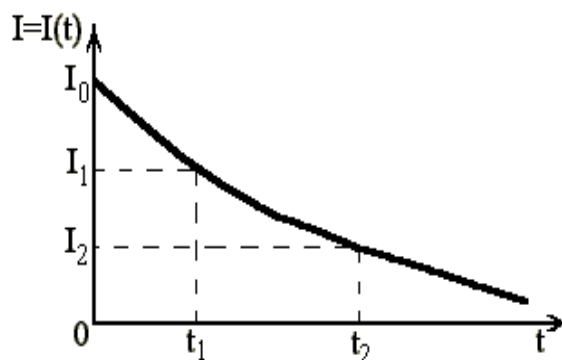


Рис. 2.1.2.

После его интегрирования получим, что

$$\ln q - \ln q_0 = -t/RC$$

где q_0 - произвольная константа.

После потенцирования имеем

$$q = q_0 \exp(-t/RC)$$

где q_0 имеет смысл первоначального заряда на пластинах C . Если взять два произвольных времени t_1 и t_2 и учесть, что мгновенный ток

$$I = \frac{dq}{dt} = \left(-\frac{q_0}{RC} \right) \exp\left(-\frac{t}{RC} \right) = I_0 \exp\left(-\frac{t}{RC} \right),$$

то для t_1 и t_2 можно получить из графика соответствующие значения I_1 и I_2 . Тогда

$$I_1 = I_0 \exp(-t_1/RC) \text{ и } I_2 = I_0 \exp(-t_2/RC)$$

Разделив 1-е уравнение на 2-е получим

$$I_1/I_2 = \exp[(t_1-t_2)/RC]$$

После логарифмирования имеем

$$\ln(I_1/I_2) = (t_1-t_2)/RC \text{ или } C = (t_1-t_2)/(R \cdot \ln(I_1/I_2))$$

Таким образом, зная I_1 и I_2 из показаний мА для фиксированных t_1 и t_2 и величину R (спросить у преподавателя!) можно по графику рассчитать значение ёмкости C . В нашей установке модели биомембран взяты нарочно с большими значениями C , что бы процесс изменения $I(t)$ длился секундами и Вы могли бы фиксировать I через каждые 5 секунд визуально. При малых C вместо мА используются осциллографы с запоминанием и фиксированной скоростью развертки, тогда t реальное находится по экрану с учетом временного масштаба. Такие методы используются также в полярографии, когда находится концентрация кислорода, например в крови по кривой падения тока на электроде при коротком замыкании цепи. Скорость этого процесса зависит от окислительно-восстановительных реакций, например на медном электроде, что в свою очередь определяется парциальным давлением кислорода в крови при прочих равных условиях. В конечном итоге в таком полярографическом методе мы также имеем дело с явлением поляризации, образованием двойного электрического слоя (Д.Э.С.) и, значит, с системой подобной обыкновенному конденсатору.

Таким образом, изучаемые в данной работе биофизические процессы являются базовыми для многих процессов в природе и их изучение крайне необходимо для познания законов живой природы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 3-МУ ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

После выполнения 1 и 2 этапов обучаемый должен заполнить протокол и подписать его у преподавателя, а затем оформить отчет в тетради, обратив особое внимание на количественное и качественное объяснение наблюдаемых изменений величин (целесообразно использовать ЭВМ для первичной статистической обработки) и отчитаться у преподавателя за всю работу. В этом случае обучаемый получает зачет.

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ЖИВОМ ОРГАНИЗМЕ. РЕГИСТРАЦИЯ БИОПОТЕНЦИАЛОВ (БП). ПОТЕНЦИАЛЫ ПОКОЯ (ПП)

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Биофизические аспекты электрогенеза.
2. Основы классификации биоэлектрических явлений.
3. Методы их регистрации.

Обучаемый должен уметь:

1. Работать с электронным оборудованием для регистрации БП.
2. Классифицировать БП при предъявлении фотоснимков различных процессов.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Рассматриваемые процессы лежат в основе жизнедеятельности как животных организмов так и растительных объектов. Знание их имеет фундаментальное значение для понимания всего живого, а также целый ряд прикладных аспектов (диагностика, лечение, стимуляция жизнедеятельности, управление в биологических системах).

Бюджет времени

На изучение темы отводится 6 часов: из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторных занятий и 2 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюк П.Г., Гродзинский Д.М., Зима В.Л. и др. Биофизика. – Киев: Выща шк., 1988.- 504с.
2. Ходжкин А. Нервный импульс.- М.: Мир, 1965.- 126с.
3. Шеперд Г. Нейробиология.- М.: Мир, 1987.- Т.1, 456с.
4. Еськов В.М., Филатова О.Е. Статистическая обработка результатов измерений по естествознанию и экологии (СОРИПЕЭ). Сургут, 1998.
5. Максимов Г.В., Орлов С.Н. Транспорт ионов кальция при функционировании нервного волокна: механизмы и регуляция.- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994.- 88с

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 1-МУ ЭТАПУ:

“Самоподготовка”.

Цель этапа.

1. Повторить исходную информацию, необходимую для изучения данной работы.
2. Изучить информацию, необходимую для выполнения 2 этапа.

I. Исходный уровень знаний.

Для изучений темы необходимо повторить:

1. Понятие диффузии, осмоса и их роль в процессах жизнедеятельности организмов.
2. Основные законы электростатики и физические величины из этого раздела.

3. Понятие электрического тока, явления электролитической диссоциации, электрический ток в электролитах, понятие двойного электрического слоя.

Для самоконтроля решить следующие задачи и ответить на вопросы:

1. Что такое диффузия?
2. Каковы необходимые условия диффузии?
3. Запишите уравнение стационарной диффузии.
4. Что такое осмос?
5. Что такое напряженность ЭП и потенциал, как они связаны между собой?
6. Что такое электроемкость?
7. Что такое электрический ток?
8. Как образуется двойной электрический слой на электродах в электролите?
9. Чему равен электрохимический эквивалент металла, если при прохождении электрического тока $I=1\text{А}$ через электролит за 1 час выделилось $m=10\text{мг}$ вещества на электроде?
10. Что такое диффузный, мембранный и фазовый потенциалы? Каково их происхождение?
11. Запишите основные уравнения, описывающие ПП.
12. По каким физическим параметрам классифицируются БП и какие требования предъявляются к усилителям биопотенциалов (УБП) в этой связи?
13. Какой вид имеет дифференциальное уравнение, описывающее простейшие представления Бернштейна?
14. Что такое интерференционная миограмма? Каковы особенности ее возникновения?

При разборе нового материала особое внимание следует обратить на принципы возникновения потенциала покоя (ПП) и потенциала действия (ПД), обусловленные различной диффузией ионов, специфическими свойствами мембран и различной растворимостью катионов и анионов в двух несмешивающихся фазах. Следует четко представлять классификацию биоэлектрических процессов, а также простейшие математические модели электрогенеза. При изучении суммарных БП, регистрируемых, например, с мышц конечностей, следует напомнить принцип суперпозиции ЭП, обратив особое внимание на синхронизацию регистрируемых БП.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 2-МУ ЭТАПУ:

“Выполнение работы”.

Цель этапа.

Зарегистрировать биопотенциалы покоя (БП) растительных клеток или биоэлектрическую активность разгибателя мизинца руки испытуемого.

Для достижения цели необходимо в первом случае: собрать электрическую цепь (см. рис.2.2.1) состоящую из растительного объекта 1 (половинка яблока), который помещается в ванночку 2 с проводящей средой 3 и неполяризующимся (хлорсеребряным) электродом (ХЭ) 4. Второй ХЭ необходимо воткнуть в

разрезанную часть яблока и оба электрода подключить УБП на базе УПТ. 5. Измеряйте потенциал через 5 мин. до постоянного значения, определите знак внутренней части яблока относительно внешней. Измерьте потенциал 4 раза, проведите статистическую обработку результата. Срежьте слой кожуры с основания яблока, поместите его снова в измерительную ванночку. Проследите изменения потенциала через 5 мин. до постоянного значения. Объясните наблюдаемые изменения.

Во втором случае: положите пластинчатые электроды на разгибатель мизинца, а клеммы подсоедините к УБП (миографу). Выход УПБ подключите к осциллографу (или ЭВМ через АЦП) и на экране получите четкую миограмму для 2-х случаев: слабое и сильное напряжение мышцы сравните по частоте, сделайте вывод.

Блок информации

Пассивный и активный транспорт веществ в клетках.

Биологические потенциалы. Их классификация и причины возникновения.

Обеспечение различных процессов жизнедеятельности животного организма происходит за счет переноса молекул и ионов в пространстве. Во многих случаях этот перенос сопровождается различными биоэлектрическими процессами, а в ряде случаев (довольно часто) и благодаря этим процессам. Поэтому понимать сущность таких процессов на молекулярном уровне – это значит понимать сущность механизмов функционирования животного организма. Следует отметить, что во многом подобные, такие процессы происходят и в растительных объектах. Тем самым природа еще раз подчеркивает сущность всего живого на Земле, их диалектическую взаимосвязанность (единство и борьба противоположностей).

Особенностью живого, сложного организма является его клеточное строение, которое обеспечивает стабильность физико-химического состава внутренней среды и тем самым самостоятельное функционирование организма в природе. Известно, что клетка – базовый копратмент живого, который обеспечивает стабильность организма.

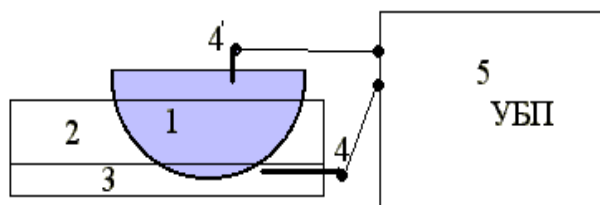


Рис. 2.2.1.

При отсутствии такой стабильности организм легко погибает, что в эволюционном плане весьма нежелательно. Известно, что гомеостаз во многом обязан особым свойствам биологических (клеточных и тканевых) мембран. С некоторыми физическими особенностями таких процессов, протекающих на микроуровне при прохождении электрического тока (поляризационные эффекты) через биологические мембраны, Вы познакомились при изучении

электропроводности биоструктур. Сегодняшняя наша задача биофизическая-рассмотрение процессов на микроуровне, т.е. что происходит при протекании электрического тока в биологических объектах и как он сам может возникнуть в этих объектах, условия его возникновения и возникновения потенциала и напряженности электрического поля (ЭП)-Е.

Напомним, что довольно часто перенос как заряженных, так и не заряженных частиц, подчиняющийся классическим физическим законам, так называемый пассивный транспорт, осуществляется за счет диффузии, осмоса, фильтрации, аномального осмоса. Для пассивного транспорта характерно наличие некоторых градиентов (потенциала, концентрации, давления), энергия которых и обеспечивает направленный ток заряженных или незаряженных частиц. Однако, существует и активный транспорт, который осуществляется за счет энергии метаболических процессов клеток (например, энергия гидролиза аденозинтрифосфорной кислоты- АТФ) и он происходит против указанных градиентов. Интимные механизмы активного транспорта еще полностью не раскрыты, но многое уже известно.

Пассивный транспорт подчиняется уравнению диффузии, которое с учетом градиента концентрации ∇C для k-го вида молекул (или ионов) и градиента $\nabla \phi$ потенциала электрического поля ($\nabla \phi$ численно равно напряженности ЭП-Е) имеет общий вид :

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} + \nabla j_k = 0, \quad (2.2.1)$$

где вектор тока частиц

$$\vec{j}_k = -D_k \nabla C_k + U_k Z_k C_k \vec{E}, \quad (2.2.2)$$

Отметим, что

$$\operatorname{div} E = \frac{4\pi}{\varepsilon} \sum_k Z_k C_k \quad \vec{E} = -\nabla \phi \quad (2.2.3)$$

Здесь U_k –подвижность, Z_k - заряд k-го иона, ε - диэлектрическая проницаемость биосреды, D_k -коэффициент диффузии k-го типа ионов.

Как известно из молекулярной физики уравнение (2.2.1) утверждает, что изменение концентрации частиц k-го вида в замкнутом объеме V может быть обусловлено тем, что слева в объем V входит больше частиц, чем справа их выходит (см. рис.2.2.2).

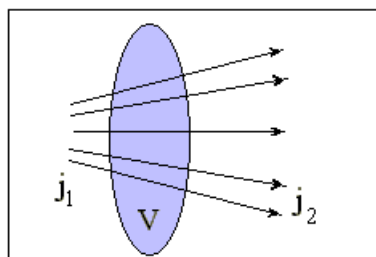


Рис.2.2.2. Прохождение линий тока j через некоторый замкнутый объем V (j_1 - входящий вектор тока, j_2 - выходящий).

Прохождение линий тока J через некоторый замкнутый объем V может протекать так, что $|j_1| > |j_2|$ и $|j_1| - |j_2| > 0$ (J_1 -входящий вектор тока, J_2 -выходящий). Тогда частицы накапливаются внутри V , но если $j_1 = j_2$, то $\nabla j = 0$, а изменение C_k во времени не происходит $\left(\frac{\partial C_k}{\partial t} = 0 \right)$. Уравнение (2.2.2) имеет

простой физический смысл- вектор тока возникает только при наличии градиента концентрации частиц (C_k), зависит от их свойств (коэффициент диффузии D) и, если частицы заряжены (заряд Z_k) и, обладают подвижностью (U_k) в электрическом поле ЭП $E = -\nabla\varphi$, то под действием последнего они могут двигаться по градиенту потенциала. Поэтому второе слагаемое в уравнении (2.2.2) учитывает действие ЭП на заряженные частицы. Совокупность концентрационного и электрического градиентов называется электрохимическим градиентом, он обеспечивает многие процессы переноса в живой природе. Частный случай уравнения (2.2.1)- уравнение Фика для скорости диффузии вещества массой m в виде:

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -DS\nabla C. \quad (2.2.4)$$

Если частицы вступают в химические реакции, то в правой части уравнения (2.2.1) появляется функция источника $f(C)$, т.е.

$$\frac{\partial C_k}{\partial t} + \nabla j_k = f(C_k). \quad (2.2.5)$$

Отметим, что оператор ∇ для любой скалярной величины (y у нас это C) имеет вид:

$$\nabla = \bar{i} \frac{\partial}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial}{\partial z},$$

где $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ -единичные векторы- орты Уравнение (2.2.5) описывает наиболее общий процесс переноса веществ под действием совокупности концентрационного и электрического градиентов, т.е. электрохимического градиента. Это обеспечивает многие процессы жизнедеятельности как отдельной клетки, так и целостного организма. В последнем случае мы можем иметь дело с тканевыми мембранами.

В экспериментах по изучению диффузии было обнаружено, что скорость проникновения в клетку аминокислот, глицерина, глюкозы не зависит линейно от ∇C , а получается намного больше. Чем это объяснить? Оказывается, что простое проникновение этих веществ через мембрану весьма затруднено, т.к. D мало, однако в мембране имеются молекулы переносчики, которые связываются с молекулами диффундирующего вещества V_k и образуют комплекс $V_k Z$, который обладает другим коэффициентом диффузии D_{VZ} . Внутри клетки $V_k Z$ распадается $V_k Z \rightarrow V_k + Z$ и процесс повторяется до устранения ∇C_k (рис.2.2.3.а). Число молекул Z ограничено, поэтому D_{VZ} зависит от C_k и ∇C_k нелинейно. Такого типа процессы называются облегченной диффузией.

В некоторых случаях существует несколько видов Z_i (Z_1, Z_2, Z_3), встроенных в поры мембраны и происходит образование комплексов $B_k Z_i$ по цепочке (см. рис.2.2.3.б) Отметим, что возможна конкуренция за связь между частицами разного вида B_k с переносчиком Z . Так например, поступление глюкозы в мышечные волокна уменьшаются при внесении в среду маннозы, ксилозы, арабиозы. Диффузия веществ через биологические мембраны (БМ) может избирательно усиливаться под действием ряда веществ. Например, антибиотик валиномицин, образуя комплекс с ионами K^+ резко повышает проницаемость БМ. Диффузия может и наоборот- угнетаться. Например, белок тетродоксин блокирует диффузию Na^+ , токсины ботулизма резко влияют на механизм активного транспорта нейронов. Кроме диффузии в живых клетках большое значение имеет осмос- движение молекул воды через полупроницаемую мембрану из области меньшей концентрации некоторого вещества C_k в область большей концентрации. При этом создается осмотическое давление, которое по уравнению Вант-Гоффа зависит от концентрации в-ва C , температуры T и изотонического коэффициента i , показывающего во сколько раз увеличивается количество растворенных частиц при диссоциации молекул (для неэлектролитов $i=1$). Фактически осмос- это диффузия молекул растворителя и для него выполняются все выше указанные законы. В частности, модификация уравнения Фика дает нам скорость осмотического переноса воды через мембрану

$$\frac{\partial m}{\partial t} = K(P_1 - P_2), \quad \text{где } P = nkT \quad (2.2.6)$$

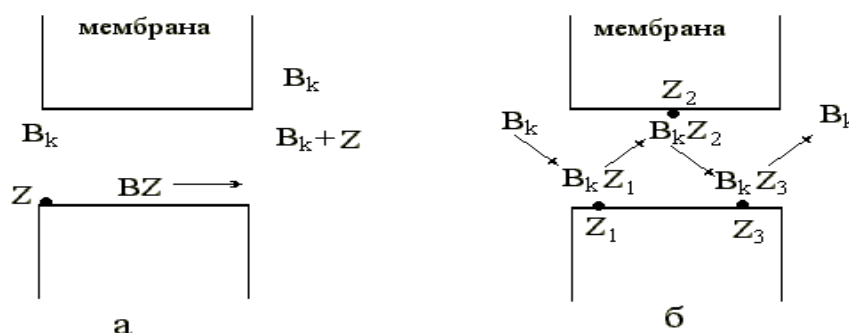


Рис.2.2.3.Схема облегченной диффузии через мембрану клетки:
а- с одним переносчиком, б- с несколькими переносчиками, встроенными в мембрану.

Проникновение воды в клетку может происходить до момента уравнивания осмотического давления гидростатическим. Однако возможен и разрыв клетки (гемолиз эритроцитов).

Перенос воды может осуществляться и путем фильтрации, благодаря наличию гидростатического давления. При этом скорость фильтрации находим из уравнения Пуазейля

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8\eta l} \quad (2.2.7)$$

Здесь r -радиус поры, через которую происходит фильтрация, η - коэффициент вязкости жидкости, l -длина поры, P_1-P_2 –перепад давлений на ее концах. Этому уравнению подчиняется процесс образования первичной мочи в почечных нефронах животных при фильтрации плазмы крови под действием кровяного давления которое, как известно, создается работой сердца. Особое значение для организма животного имеет осмотическое давление, создаваемое перепадом концентрации белков крови, так называемое онкотическое давление. Оно обеспечивает движение воды из лимфы в кровь. Различные отклонения в проницаемости клеточных и тканевых мембран, осмотического давления, кровяного давления приводят к серьезной патологии животного организма и может закончиться его гибелью.

Особое значение для жизнедеятельности животного организма имеет активный транспорт- перенос молекул и ионов против электрохимического градиента, осуществляемый клеткой за счет энергии метаболических процессов. При этом совершается определенная работа, которая может быть найдена из уравнения

$$A = \nu RT \cdot \ln \frac{C_1}{C_2}, \quad (2.2.8)$$

где ν -число молей в-ва, перенесенного через мембрану из области с концентрацией C_2 в область с концентрацией C_1 . Так как в большинстве случаев мембрана заряжена до разности потенциалов $\varphi_1-\varphi_2$, то для переноса заряженных частиц через мембрану совершается некоторая дополнительная работа, а суммарная работа будет равна:

$$A = \nu RT \ln \frac{C_1}{C_2} \pm F\nu Z(\varphi_1 - \varphi_2), \quad (2.2.9)$$

где F -число Фарадея ($F=96500$ кл).

Исследованиями биофизиков доказано наличие специальных переносчиков, которые находятся вблизи мембраны или встроены в нее. Причем, выделяют переносчики заряженных частиц (ионов) и различных нейтральных молекул (сахара, аминокислоты). Многочисленные исследования по методу фиксации потенциала на мембране (Уссинг, Наточин), с изотопами ^{24}Na , ^{39}K , АТФ (Ходжкин, Хаксли, Катц, Шоу) показали, что именно некоторые белковые комплексы (молекулы) захватывают ионы (например, Na^+ и переносят их против градиента концентрации (например, Na^+ наружу, а K^+ внутрь клетки. Причем, этот перенос весьма специфичен (избирателен) и приводит к возникновению биопотенциалов (БП).

Как возникают БП с учетом вышеуказанного? Прежде всего отметим, что для их возникновения необходима асимметрия распределения ионов, которая обеспечивается за счет диффузии, особых свойств мембран или фазового различия. Рассмотрим сосуд с пористой перегородкой (рис.2.2.4). Пусть справа концентрация электролита H^+Cl^- - больше, чем слева, тогда скорость диффузии H^+ и Cl^- зависит от их подвижности ($315 \text{ см}^2\text{Ом}^{-1}$ и $65,5 \text{ см}^2\text{Ом}^{-1}$ г-эquiv

соответственно). Значит в левой половине через некоторое время будет больше ионов H^+ и этот объем заряжается "+".

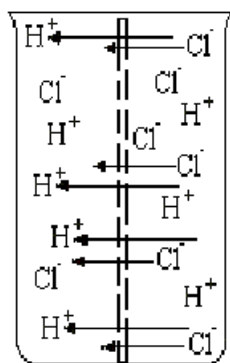


Рис.2.2.4 Разделение ионов Cl^- (слева) и H^+ (справа) за счет различной подвижности

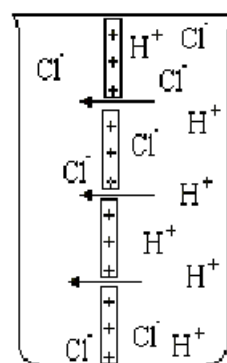


Рис.2.2.5 Возникновение мембранного потенциала.

Диффузионная разность потенциалов находится из уравнения Гендерсона

$$E = \frac{U - V}{U + V} \cdot \frac{RT}{ZF} \cdot \ln \frac{a_1}{a_2}, \quad (2.2.10)$$

где U - подвижность катиона H^+ , V - подвижность аниона Cl^- , a_1 - активность ионов в области, откуда идет диффузия, a_2 - активность ионов в области, куда идет диффузия. Причем активность ионов от их концентрации в простейшем случае зависит линейно $a=fc$, где f - коэффициент активности. При различных повреждениях клеток всегда возникает диффузионный потенциал, который суммируется с потенциалом покоя (ПП) клетки. Потенциал повреждения (демаркации) можно наблюдать в яблоке при его разрезании пополам.

Частный случай диффузионного потенциала- мембранный потенциал. Если взять мембрану с большой концентрацией фиксированных отрицательных зарядов- катионообменная мембрана, то подвижность анионов Cl^- в мембране равна нулю и в правую часть сосуда диффундируют только H^+ до момента когда установится равновесие между силами диффузии и силами электрического поля. На мембране возникает двойной электрический слой (рис.2.2.4). Тогда, при $V=0$

имеем $E = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{a_1}{a_2}$, и при переходе к десятичным логарифмам при 20^0C имеем

$$E = 58 \frac{1}{Z} \lg \frac{a_1}{a_2} \text{ мВ, т.е. при изменении отношения активностей ионов в 10 раз}$$

потенциал изменяется на 58 мВ.

Если мы будем иметь 2 несмешивающиеся фазы, например, капля масла и воды с электролитом, а катионы с анионами по разному растворяются в масле, то что произойдет? Если анионы "-" лучше растворяются, то капля заряжается (как?). Отметим, что величина потенциала ϕ определяется из уравнения Гендерсона, (2.2.10).

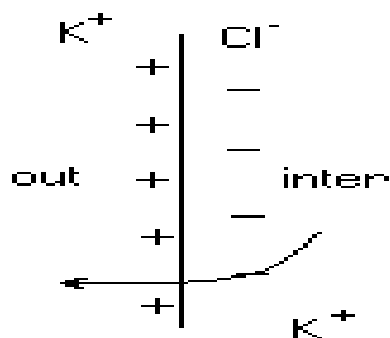


Рис.2.2.6 Распределение потенциала на мембране аксона кальмара по Ходжкину-Хаксли.

В реальных биологических объектах мы имеем дело со всеми видами потенциалов, причем существенной особенностью БП является механизм, обеспечивающий разную активность ионов a_1 и a_2 во внутренней среде клетки и снаружи. Этот стабильный концентрационный градиент обеспечивается специфическими переносчиками на мембранах и требует затрат энергии, получаемой при расщеплении АТФ до АДФ. В нервных волокнах специфический механизм переноса обеспечивает повышенную концентрацию Na^+ снаружи и K^+ внутри. Диффузия K^+ обеспечивает "+" на мембране, а анионы Cl^- остающиеся внутри "-". (см. рис.2.2.5)

Проникновение Na^+ внутрь клеток по концентрационному градиенту приводит к некоторому уменьшению мембранного потенциала. Наконец, диффузия внутрь дает некоторое увеличение потенциала. Окончательно имеем:

$$E = \frac{RT}{ZF} \ln \left[\frac{P_K [K]_i + P_{Na} [Na]_i + P_a [Cl]_e}{P_K [K]_e + P_{Na} [Na]_e + P_a [Cl]_i} \right]$$

Эта величина мембранного потенциала E неплохо согласуется с опытом, например, для гигантских аксонов кальмаров и для некоторых других клеток. Однако картина резко усложняется при снижении мембранного потенциала до некоторого порогового значения E_p . В этом случае возможно возникновение потенциала действия (ПД), который сопровождается первоначально резким падением проницаемости для Na^+ , а затем и для K^+ .

В заключение надо отметить, что потенциалы покоя ПП- необходимый элемент жизнедеятельности любого растительного объекта. ПП являются необходимым элементом фотосинтеза и обеспечения градиентов концентраций в растительных объектах. Знание теоретических основ возникновения ПП необходимо любому экологу, ботанику, морфологу. В настоящей работе предлагается произвести измерения ПП ряда растительных объектов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 3-МУ ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

После выполнения 1 и 2 этапов обучаемый должен заполнить протокол и подписать его у преподавателя, а затем оформить отчет в тетради, обратив особое внимание на количественное и качественное объяснение наблюдаемых

изменений БП (целесообразно использовать ЭВМ для первичной статистической обработки) и отчитаться у преподавателя за всю работу. В этом случае обучаемый получает зачет.

Лабораторная работа № 2.3.
**МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
ФОРМАЛЬНОГО НЕЙРОНА**

Цель работы.

Ознакомиться с проявлением пороговых свойств нейронов и динамикой генерации потенциала действия на математической модели.

Обучаемый должен знать:

1. Механизм генерации потенциалов покоя (ПП) и потенциалов действия (ПД) в растительных и животных клетках.
2. Основы теории Блейра, Рашевского, Ходжкина- Хаксли.

Обучаемый должен уметь:

1. Смоделировать на ЭВМ динамику изменения потенциала на мембране при $E < h$ и $E > h$;
2. Изучить влияние параметров модели (нейрона) на генерацию ПД.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Возникновение ПД в генераторных структурах обеспечивает двигательную (активность мышц), мыслительную и другие функции животного организма. В растительных клетках ПД обеспечивает многие процессы жизнедеятельности (рост, развитие, таксис и пр.) Знание основных механизмов генерации ПД и зависимость процессов генерации ПД от параметров клеток помогает понимать характер нормального и патологического состояния как животного, так и растительного организма. В этой связи изучение теории данной работы и её выполнение – ключевой момент в изучении многих процессов жизнедеятельности животных и растительных организмов. Успешное выполнение работы формирует у биолога и медика базовые знания в области теоретической биофизики.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 6 часов, из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторные занятия и 2 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбиб М. Метафорический мозг.- М.: Мир, 1976.
2. Галушкин А.И., Кирсанов Э.Ю. Нейронные системы памяти.- М.: Изд. МАИ, 1991.
1. Горбань А.М. Обучение нейронных сетей.- М.: Параграф, 1990.
2. Дунин- Барковский В.Л. Информационные процессы в нейронных структурах.- М.: Наука, 1978.
3. Еськов В.М. Введение в компартментную теорию респираторных нейронных сетей.- М.: Наука, 1994.
4. Еськов В.М., Филатова О.Е. Компьютерная идентификация респираторных нейронных сетей.- М.: ОНТИ ПНЦ РАН, 1994.
5. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики.- М.: Мир, 1965.

6. Экклс Дж. Физиология нервных клеток.- М.: ИЛ, 1959.
7. Экклс Дж. Физиология синапсов.- М.: Мир, 1966.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 1-МУ ЭТАПУ “САМОПОДГОТОВКА”

Цель этапа.

Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы. Проверить качество усвоения новой информации (понятия и законы) перед выполнением работы.

I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить:

1. Понятие потенциала;
2. Причины возникновения биопотенциалов покоя и методы их регистрации;
3. Понятие электрического тока, уравнения Гольдмана и Гендерсона.

II. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся для самоконтроля должен ответить на следующие вопросы:

1. Какова роль активного транспорта в возникновении ПП и ПД?
2. Что происходит с проницаемостями g_{Na} , g_K , и g_{Cl} при возникновении ПД?
3. Что такое реобазы и хронексия? Как они определяются экспериментально? Поясните примером.
4. Дайте классификацию типов нейронов. Какие генераторные структуры Вы знаете в животном организме?
5. Что такое порог возбуждения? На что влияет его величина?
6. Что отличает нервное волокно от обычного проводника?
7. Каков характер изменения возбуждения $E(t)$ во времени? Объясните, почему.
8. Что такое интерференционная электромиограмма?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 2-МУ ЭТАПУ: “Выполнение лабораторной работы”

Цель этапа.

Изучить зависимость возникновения ПД от порога h и внешнего приложенного напряжения V . Определить реобазы и хронексию из экспериментальных данных на моделях.

Для достижения цели необходимо:

- I. Запустите программу `neuron2.bas` для расчета $E=E(t)$ на ЭВМ.
- II. Введите указанные преподавателем значения параметров h_0 (порог возбуждения), $K, V(t)$ (возбуждающий потенциал), j (аналог λ в уравнении Блейра), E_0 (около 1-2 mV), P (около 40000) последовательно и зарисуйте с экрана монитора полученные графики.
- III. Проанализируйте изменения кривых и сделайте вывод о зависимости их от значений изменяемых параметров. При каких значения параметров в Вашем нейроне не происходит генерации ПД?

IV. Измерьте электромиограммы разгибателя мизинца в спокойном состоянии и при максимальном напряжении. Сравните амплитуды сигналов и частотные параметры электромиограмм.

Блок информации

Моделирование биоэлектрической активности формального нейрона или мышечных волокон

Рассмотрим на конкретном примере математическую модель формального нейрона (аналогично и для миофибрилл).

Известно, что $\mathbf{j} = \nabla c$ (вектор тока). Градиент концентрации ∇c в свою очередь равен:

$$\nabla c = i * \frac{dc}{dx} + j * \frac{dc}{dy} + k * \frac{dc}{dz},$$

тогда изменение концентрации в объеме V , будет обусловлено дивергенцией вектора тока \mathbf{j} , то есть $\frac{dc}{dt} = -\text{div} \mathbf{j}$ (входящий ток не равен выходящему току, есть расхождение \mathbf{j}). Если есть источник веществ Q , то $\frac{dc}{dt} + \text{div} \mathbf{j} = Q$, или $\frac{dc}{dt} + \nabla^2 c = Q$. Это и будет базовое уравнение диффузии.

Если представить мембрану как непрерывную гомогенную среду, в которой существует градиент потенциала электрического поля - ЭП $\left(\frac{d\phi}{dx}\right)$ и градиент концентрации, то движение заряженных частиц (оценивается вектором тока \mathbf{j}) описывается уравнением Нернста-Планка:

$$\vec{j} = -URTV \vec{C} - UCZV \vec{\phi}, \quad (2.3.1)$$

где U - подвижность ионов, R - газовая постоянная, T - абсолютная температура, Z - валентность ионов, а ∇C и $\nabla \phi$ - градиенты концентрации и потенциала ЭП.

Существенно отметить, что градиент потенциала $\nabla \phi$ может уже возникнуть на мембране (толщиной dx) в условиях динамического равновесия, когда электрохимические потенциалы по обе стороны мембраны равны, т.е. $\mu_1 = \mu_2$ или:

$$RT \ln C_1 + ZF\phi_1 = RT \ln C_2 + ZF\phi_2. \quad (2.3.2)$$

В этом случае

$$d\phi(\text{или } \delta\phi) = \phi_2 - \phi_1 = \frac{RT}{ZF} \ln \left(\frac{C_1}{C_2} \right) \quad (2.3.3)$$

Уравнения (2.3.1)- уравнение Нернста и (2.3.3) описывают разность потенциалов $\delta\phi$ (и соответственно $d\phi/dx$, если известна толщина мембраны dx), которая согласно (2.3.1) может создать ток ионов \mathbf{j} . В действительности, мы всегда имеем дело с диссоциацией электролитов (например, $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$) и в условиях равновесия бинарного электролита (содержащего одновалентный

катион концентрацией C_K и одновалентный анион концентрацией C_A) условие равенства потоков ($j_K=j_A$) примет вид

$$U_K RT \left(\frac{dC}{dx} \right) + U_K CF \left(\frac{d\phi}{dx} \right) = U_A RT \left(\frac{dC}{dx} \right) + U_A CF \left(\frac{d\phi}{dx} \right) \quad (2.3.4)$$

(считаем, что $C_K=C_A$, U_K и U_A - подвижности катиона и аниона в мембране). Из (3) имеем уравнение

$$\frac{d\phi}{dx} = - \frac{U_K - U_A}{U_K + U_A} * \frac{RT}{FC} * \frac{dC}{dx} \quad (2.3.5)$$

которое известно, как уравнение Гендерсона в виде:

$$\Delta\phi = \frac{U_K - U_A}{U_K + U_A} * \frac{RT}{F} \ln \left(\frac{C_2}{C_1} \right) \quad (2.3.6)$$

Переход от (4) к (5) легко осуществляется, если вспомнить, что $\frac{1}{C} \frac{dC}{dx} = d \ln C / dx$.

Для мембран толщиной h с линейным профилем потенциала ($d\phi/dx = \phi/h = \text{const}$) уравнение Нернста- Планка (2.3.1) принимает вид

$$\left(\frac{dC}{dx} \right) + AC = -B \quad (2.3.7)$$

где $A = ZF\phi/(RT h)$, $B = j/(URT)$, ϕ - трансмембранная разность потенциалов. А. Ходжкин и Б.Катц предположили, что концентрации ионов на краях мембраны (C' и C'') пропорциональны концентрациям в наружном и внутреннем омывающих растворах, т.е. $C' = jC_0$, $C'' = jC_i$ тогда получим

$$j = \frac{ZF\phi P}{RT} \frac{C_0 - C_i \exp[ZF\phi/(RT)]}{1 - \exp[ZF\phi/(RT)]} \quad (2.3.9)$$

где $P = URTj/h$ - коэффициент проницаемости. Для 3-х ионной системы (K^+ , Na^+ , Cl^-) в равновесии имеем $I_K + I_{Na} + I_{Cl} = 0$. Отсюда аналогично можно получить:

$$\phi = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K_0] + P_{Na} [Na_0] + P_{Cl} [Cl_i]}{P_K [K_i] + P_{Na} [Na_i] + P_{Cl} [Cl_0]} \quad (2.3.10)$$

Уравнение (2.3.9) называется уравнением Гольдмана для мембранного потенциала. Для случая одноионной теории можно использовать уравнение Блейра.

Уравнение Блейра можно получить, проинтегрировав уравнение диффузии, но мы не будем этого делать, а сразу рассмотрим его вид:

$$\frac{dc(t)}{dt} = K * V(t) - j * C(t), \quad (2.3.10)$$

где $V(t)$ - некоторая внешняя функция, под которой подразумевается подводимое к нерву напряжение. Если представить (см. уравнение Гендерсона (2.3.6)), что изменение концентрации $C(t)$ характеризует потенциал мембраны клетки или ее возбуждение, которое обозначим через $E(t)$, то в окончательном виде уравнение будет иметь следующий вид:

$$\frac{dE(t)}{dt} = K * V(t) - \gamma * E(t)$$

причем при $E(t) \geq h$ (h - порог возбуждения) в нерве распространяется

электрический импульс. Наличие порога h - это первое, что отличает нервное волокно от обычного проводника. Рассмотрим как изменяется $E(t)$ при включении некоторого напряжения V_0 в момент $t = 0$. Считаем, что нерв был в спокойном состоянии и $E_0 = 0$. Формально это означает, что $V = V_0 \sigma(t)$, где $\sigma(t)$ - так называемая сигма функции:

$$\sigma(t) = \begin{cases} 0 & \text{для } t < 0 \\ 1 & \text{для } t > 0 \end{cases} \quad (2.3.11)$$

Решение в этом случае выглядит так: $E(t) = \frac{KV_0}{\gamma}(1 - e^{-t/\tau})$, а графически изобразится

рис.2.3.1. Если $V_0 < \frac{\gamma h}{K}$, то нерв не возбудится никогда, так как $E(t) < h$ (см. рис.

2.3.1). Интерес представляет случай, когда $V_0 < \frac{\gamma h}{K}$ (рис.2.3.2), тогда можно найти время τ , которое прошло с начала возбуждения ($E(t) > 0$) до момента, когда нерв отвечает на раздражение. Его можно найти, приравняв $E(t) = h$, то есть $\frac{KV_0}{\gamma}(1 - e^{-t/\tau}) = h$, откуда

$$\tau = \frac{1}{\gamma} \ln \frac{KV_0}{KV_0 - \gamma h}.$$

Можно построить график, связывающий τ и V_0 (рис.2.3.3). Физиологи называют V_0 реобазой, а время $\tau = \frac{\ln 2}{\lambda}$ хронаксией. С помощью хронаксии в эксперименте можно определить параметр λ . Интересно отметить, что в действительности кривая рис.2.3.3 поднята над осью V_0 . Для объяснения этого

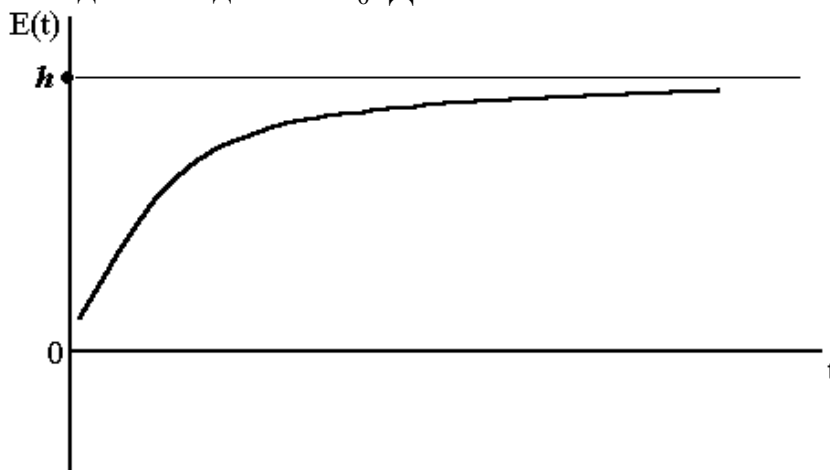


Рис.2.3.1 График изменения напряжения на мембране под действием внешнего приложенного напряжения (порог не достигается): t - время в мсек; $E(t)$ - потенциал на мембране в мВ; h -пороговый потенциал

факта было выдвинуто предположение о зависимости порога возбудимости h от прилагаемого напряжения V_0 . Простейший вид зависимости, который можно постулировать - это линейный, т.е. $h = h_0 + \alpha V_0$, тогда

$$\tau = \frac{1}{\gamma} \ln \frac{KV_0}{(K - \alpha\gamma)V_0 - \gamma h_0}$$

Из этой формулы видно, что при $V_0 \rightarrow \infty \tau_{\infty} = \frac{1}{\gamma} \ln \frac{K}{K - \alpha h}$

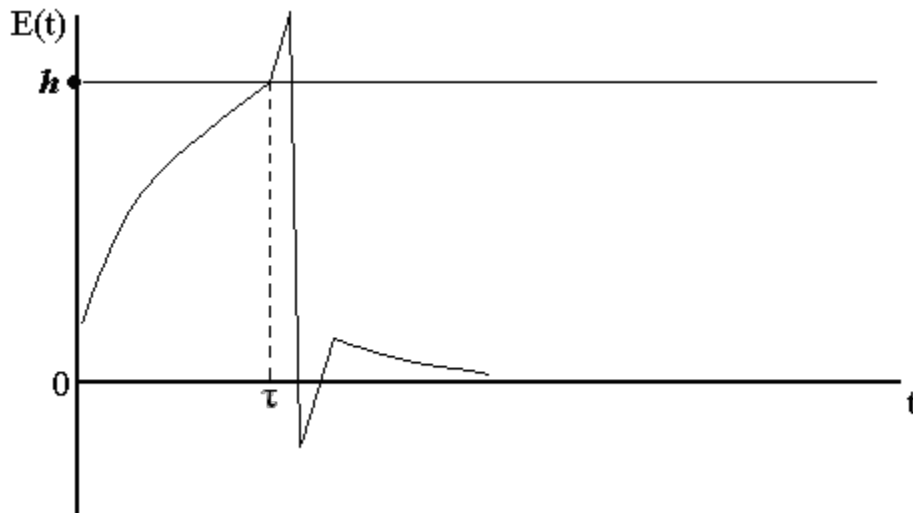


Рис.2.3.2. График возбуждения нейрона под действием внешнего приложенного напряжения: t- время в мсек; E(t)- потенциал на мембране в мВ; h-пороговый потенциал.

Более гибкой считается теория Рашевского, которая постулирует существование двух процессов при возбуждении нерва- возбуждения и торможения. Каждому из этих процессов приписывается численная мера и строятся два уравнения, с помощью которых можно получить все предыдущие выводы теории Блейра. Рашевский с помощью своих уравнений успешно моделировал такие патологические процессы, как шизофрения, болезнь Паркинсона, а также сложные альтернативные процессы, например, моделируется действие водителя за рулем автомобиля. Отметим, что сходные процессы протекают в мышечных волокнах, но с участием ионов Ca^{++} . Обычно мышцы генерируют ПД под действием пришедшего импульса по нейронам, поэтому мы говорим о нервно – мышечном комплексе, который суммирует ПД при резком сокращении мышц (генерализация электромиограммы!).

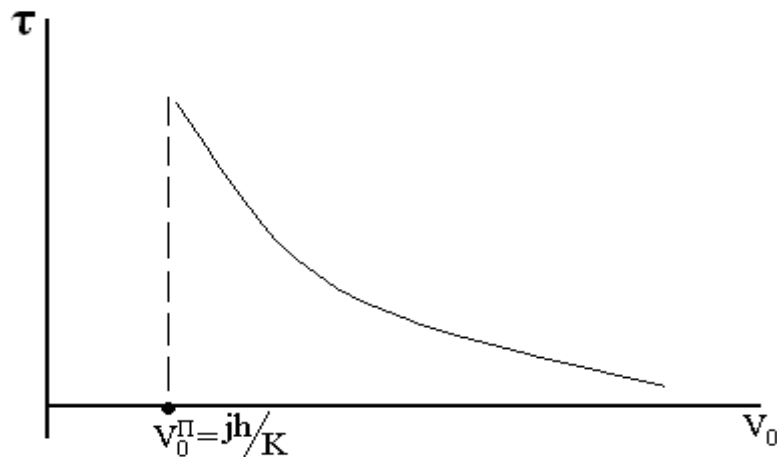


Рис.2.3.3. График зависимости между T и V_0 : T - время, прошедшее с начала возбуждения до момента ответной реакции; V_0 - внешнее приложенное возбуждение

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 3-МУ ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

После выполнения 1 и 2 этапов обучаемый должен заполнить протокол и подписать его у преподавателя, а затем оформить отчет в тетради, обратив особое внимание на количественное и качественное объяснение наблюдаемых изменений ПД и ответов мышц на максимальное возбуждение и отчитаться у преподавателя за всю работу. В этом случае обучаемый получает зачет.

Лабораторная работа № 2.4.

ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Основные теории строения нейронных сетей (НС).
2. Основы компартментной модели НС.
3. Основы работы искусственных НС.

Обучаемый должен уметь:

1. Объяснить основы работы НС.
2. Объяснить основы моделирования НС и распознавания типа НС по результатам расчетов.
3. Проводить обучение НС и анализ значимости признаков НС используя в качестве инструментария нейросетевой имитатор "Multineuron 2.0" .

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

Разработка вычислительных машин с использованием принципов построения биологических нейронных сетей позволяет обрабатывать неполные наборы данных и придавать работе машин свойства адаптивности, присущие живому. Это повышает общую скорость работы и позволяет применить их в областях с низкой алгоритмизацией задач и большим переменным количеством информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере.- Новосибирск: Наука, 1996.- 276 с.
2. Еськов В.М. Введение в компартментную теорию респираторных нейронных сетей.- М.: Наука, 1994.- 167 с.
3. Еськов В.М., Филатова О.Е. Компьютерная идентификация респираторных нейронных сетей.- Пущино, 1994.- 92 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 1- МУ ЭТАПУ

"Самоподготовка"

Цель этапа.

1. Повторить исходную информацию из школьного курса.
2. Изучить и проверить свои знания по новой информации из лекционного курса.

Для изучения темы необходимо возобновить старые знания, связанные с понятиями о нервной ткани и высшей нервной деятельности (ВНД), а так же выучить новый материал, используя конспект лекций и вспомогательную литературу.

Для самоконтроля необходимо ответить на вопросы:

1. Обозначить круг задач решаемых искусственными НС. Привести несколько примеров.
2. Указать сходные и отличительные признаки биологического и искусственного нейронов.
3. Указать назначение обучающей выборки.
4. Назначение внешней выборки. Может ли она выполнять функции обучающей?
5. Что понимается под значимостью обучаемых параметров (вопросов)?
6. В чем смысл расчета значимости?
7. Чем нужно руководствоваться при начальном отборе признаков?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 2-МУ ЭТАПУ "Выполнение работы"

Рассмотрим один из примеров применения НС для решения задачи классификации. В качестве инструментария будет использован нейросетевой имитатор Multineuron 2.0.

Задача: спроектировать прототип экспертной системы выполняющей идентификацию (классификацию) следующих форм сифилиса:

1. Первичный скрытый.
2. Вторичный рецидивный.
3. Вторичный свежий.
4. Первичный серонегативный.
5. Первичный серопозитивный.

ЭТАПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ:

А) Определение признаков (вопросов) для обучения

В качестве стартовой обучающей выборки возьмем данные из истории болезни 50 пациентов больных сифилисом. Определим набор признаков, характерных для больных сифилисом. В качестве таких признаков предлагается использовать следующие*¹:

1. Пол пациента женский?
2. Имелись ли ранее высыпания на половых органах?
3. Имеются ли в данный момент высыпания на половых органах?
4. Имеются ли высыпания на ладонях и стопах?
5. Наблюдается ли выпадения волос?
6. Увеличены ли паховые лимфоузлы?
7. Имеются ли эрозии на половых органах?
8. Имеются ли язвы на половых органах?
9. Наблюдается ли общая слабость?
10. Наблюдается ли температура до 37.2 С, которая держится несколько дней?
11. Реакция RW положительна?
12. Реакция ИФА положительна?

¹*- Данный список может быть расширен любыми вопросами

13. Реакция М/Р положительна?
14. Наблюдается ли головная боль с появлением сыпи?
15. Наблюдается ли недомогание с появлением сыпи?
16. Наблюдается ли потеря аппетита с появлением сыпи?
17. Наблюдается ли повышенная раздражительность с появлением сыпи?
18. Наблюдается ли с появлением сыпи боль в костях по ночам ?
19. Имеются ли обильные высыпания на коже туловища?
20. Имеются ли обильные высыпания вокруг ануса?
21. Имеются ли папулы на больших половых губах?
22. Имеются ли на внутренней поверхности малых половых губ эрозивные папулы?
23. Наблюдается ли постепенное исчезновение сыпи без лечения?
24. Имеются ли язвы во рту?
25. Наблюдается ли увеличение подчелюстных лимфоузлов?
26. Анализ на ВИЧ положителен?
27. Наблюдается ли изменение пигментации кожи?
28. Наблюдается ли наличие твердого шанкра на венечной борозде?
29. Наблюдается ли наличие твердого шанкра на внутреннем листке крайней плоти?
30. Наблюдается ли наличие твердого шанкра на наружном листке крайней плоти?
31. Наблюдается ли наличие твердого шанкра на головке полового члена?
32. Наблюдается ли наличие твердого шанкра на клиторе?
33. Наблюдается ли наличие твердого шанкра на шейке матки?
34. Наблюдается ли наличие твердого шанкра в области наружного отверстия цервикального канала?
35. Наблюдается ли наличие твердого шанкра в области заднего прохода?
36. Сохранился ли твердый шанкр или его остатки в виде пигментации, атрофии или рубца на коже?
37. Наблюдается ли осиплость голоса?

Для каждого из 50 пациентов в истории болезни были зафиксированы ответы на данный набор из 37 вопросов, которые определялись в момент поступления в стационар. Также врачом был поставлен диагноз, а именно один из 5 вариантов указанных ранее. Вся совокупность ответов на вопросы и реальный диагноз пациента в виде базы данных составляют обучающую выборку.

В) Определение параметров НС

Основой нейронной сети является совокупность нейронов. Выберем один из параметров НС - количество нейронов. Для задач классификации минимальный набор нейронов определяется количеством классов. В нашем случае пять форм сифилиса – пять классов – пять нейронов.

С) Проведение обучения НС

На основе обучающей выборки проводится обучение нейронной сети.

Д) Тестирование НС на обучающей выборке

Обучение считается законченным если по всей обучающей выборке (37 пациентов) НС ставит диагноз (классифицирует) совпадающий с реальным диагнозом. В случае когда НС остается необученной, проводится изменение ее параметров и попытка обучения (пункт С) повторяется.

Е) Анализ значимости и отбор существенных признаков

После обучения НС проводится вычисление и анализ значимости, т.е. определение важности каждого из вопросов. Может оказаться, что некоторые из вопросов не влияют на постановку диагноза (значимость равна нулю) или мало влияют (значимость менее 20% от максимально значимого вопроса). В таких случаях, с целью сокращения набора вопросов, проводится исключение малозначащих признаков из обучающей выборки и повторяется обучение НС (пункт С). Пункты С, D, E выполняются последовательно до тех пор, пока, с одной стороны в обучении будут участвовать минимальный набор параметров, с другой стороны, сеть будет обучаться полностью на этом наборе параметров.

Ф) Тестирование НС на внешней выборке

Совокупность пациентов и ответов на вопросы из пункта А не входящих в обучающую выборку будут являться внешней выборкой. Правильность постановки диагноза по внешней выборке будет говорить о способности НС ставить диагноз в реальных условиях.

Выполнение работы:

1. Загрузить нейромимитатор MultiNeuron 2.0: выбрать файл mn_train.exe
2. Загрузить обучающую выборку: нажать F3, выбрать файл class.db. Ознакомиться с данными в таблице – выборка состоит из (2+37) столбцов и 50 строк. Первый (слева направо) столбец обозначает номер пациента в выборке. Второй столбец представляет реальный диагноз. Следующие 37 столбцов – это ответы на вопросы в следующей интерпретации – утвердительный ответ соответствует единице (1), отрицательный ответ минус единице (-1), ответ "неизвестно" нулю (0). Строки в данной таблицы обозначают пациентов.
3. Загрузить нейронную сеть: нажать F10, выбрать пункт меню "Сеть", выбрать подпункт меню "Читать", выбрать файл class.nn.
4. Ознакомиться с параметрами НС. Обратить внимание на количество нейронов, число классов и входную схему НС. Наличие знака "X" обозначает, что данный вопрос участвует в обучении НС. Отсутствие – что данный вопрос исключен. Убедиться, что первоначально на НС подаются все вопросы без исключения.
5. Провести обучение НС: нажать F10, выбрать пункт меню "Обучение", выбрать подпункт меню "Текущие сеть и задачник". На экране можно будет наблюдать процесс обучения НС. Если обучение пройдет успешно, то значение элемента отображающего функцию будет равно Finish !. Записать обученную сеть на диск: нажать F10, выбрать пункт меню "Сеть", выбрать подпункт меню "Записать".
6. Тестирование НС на обучающей выборке: нажать F10, выбрать пункт меню "Тест", выбрать подпункт меню "Текущие сеть и задачник". В появившейся таблице показаны диагнозы, поставленные клинически (вторая колонка), НС (третья), коэффициент уверенности в ответе в процентах (четвертая), результаты

для каждого из пяти классов (пятая- девятая). Обратите внимание на выделение цветом: красный цвет- цвет ошибки, когда сеть ставит свой диагноз, отличный от клинического с высокой уверенностью, зеленый цвет - уверенное совпадение, возможен желтый – НС ставит диагноз с уверенностью около 50%. Проверить, что НС обучена полностью.

7. Провести расчет значимости параметров: нажать F10, выбрать пункт меню “Сеть”, выбрать подпункт меню "Подсчет значимости". Появившаяся диаграмма дает численное и графическое представление о значимости каждого из 37 параметров для постановки диагноза (классификации). Запишите номера вопросов значимость которых: а) равна нулю; б) значимость которых менее 0.1; с) значимость которых более 0.3. Сделайте выводы.

8. Проведение отбора существенных признаков: на основе номеров вопросов из пункта 7 (а и б) провести сокращение набора признаков, оставляя тем самым только существенные. Нажать F10, выбрать пункт меню "Сеть", выбрать подпункт меню "Читать", выбрать файл class.nn. Ставим подсветку (с помощью стрелок Вверх, Вниз) на номер вопроса, который необходимо отключить и нажимаем клавишу “Del”. Повторяем данную процедуру для всех малозначащих номеров из пункта 7 (а и б).

9. Повторить обучение НС: См. пункт 5.

10. Повторить тест по обучающей выборке: См. пункт 6. Убедиться, что сеть уверенно ставит диагноз и при меньшем числе обучающих параметров, что минимизирует размерность фазового пространства.

11. Тест на внешней выборке: нажать F3, выбрать файл ext.db. Нажать F10, выбрать пункт меню “Тест”, выбрать подпункт меню "Текущие сеть и задачник". Проверить, имеются ли случаи, когда НС ставит диагноз неверно. Сделайте выводы.

12. Выйти из программы, одновременно нажав клавиши "Alt+X"

Блок информации

Основные понятия и свойства нейронных сетей (НС).

Легко заметна разница в выполнении расчетного задания человеком и ЭВМ: человек способен уяснить задачу и самостоятельно выбрать оптимальный алгоритм решения, учтя и исправив все промежуточные ошибки; ЭВМ выполнит расчет с огромной скоростью, но требует предварительного введения подробного и абсолютно однозначного порядка её решения, если допущена какая-то ошибка или просто допускается двойственность толкования, результат не может быть получен. В лучшем случае он будет ошибочен или приведет к недопустимым последствиям в худшем, что случается чаще. Очень часто требуется анализировать неполные наборы данных или данные, не позволяющие однозначного толкования, мозг человека способен справляться и здесь, хотя и медленно, а ЭВМ такие задачи не решает в принципе. Кроме того, усложнение электронных машин неизбежно снижает их надежность, как системы. Биологический же мозг работает очень надежно, несмотря на его гигантскую сложность и принципиально низкую устойчивость, определяемую

составляющими его органическими молекулами и тканями. Идеальным вариантом и целью многих исследований является создание неорганических систем способных проявлять адаптивность и устойчивость в решении задач, проявляемые пока только животным мозгом, устройство которого служит образцом для создания таких вычислительных устройств. Существенно, что именно такие системы могут определять параметры порядка и русла различных биосистем часто находящихся в хаотических режимах, а их динамика может определяться аттрактором состояний в фазовом многомерном пространстве.

1. Нейрон и биологические нейронные сети.

Основной структурной и функциональной единицей любой НС является нейрон (Н). В морфологическом аспекте он содержит сому, дендриты и аксон. Другие структурные единицы будут представлены ниже.

Несмотря на огромное разнообразие и особенности (вариации) морфологических типов Н все они имеют ряд общих свойств, которые положены в основу организации различных математических, физических, технических и физико-химических моделей НС, существующих в настоящее время. Рассмотрим эти свойства в порядке их значимости для моделирования НС и частоты встречаемости их описаний в тех или иных научных работах. Первое и главное свойство нейрона - это способность возбуждаться, генерировать потенциал действия (ПД), т.е. переходить из неактивного состояния в активное. Причем по истечении некоторого времени (или в результате специальных тормозных воздействий) Н возвращается в исходное пассивное состояние.

Следует отметить, что термин "пассивное состояние" весьма условный, т.к. при этом на мембранах нейронов активно поддерживается с помощью калий-натриевых молекулярных "насосов" (см. Экклс Дж.1959, 1966) некоторая разность потенциалов. Это так называемый потенциал покоя (ПП), который является характерным примером различных существующих биоэлектрических потенциалов (БП). В модельных нейронах ПП обычно не учитывается, но именно он и механизм переноса ионов K^+ и Na^+ и обеспечивает пороговое свойство нейронов. Последнее реализует известный принцип (закон) "все или ничего", который постулирует генерацию ПД при достижении определенной величины деполяризации мембраны (т.е. падения ПП до критического уровня от исходного отрицательного значения).

Справедливости ради надо отметить, что отмеченная величина деполяризации в реальной ситуации бывает очень разной в зависимости от фактического функционального состояния нейрона в данный момент времени, поэтому понятие порога носит скорее качественный характер и не характеризуется строгой количественной величиной в общем случае.

Итак, два базовых свойства любого нейрона (возбудимость и пороговые свойства) обязательно учитываются практически во всех моделях НС. При желании для более подробного знакомства со свойствами биологических нейронов в указанном аспекте можно порекомендовать обратиться к многочисленным работам классиков отечественной и зарубежной

электрофизиологии (Leshley К.С., 1922, 1950; Лоренто де Но, 1938, 1943; Костюк П.К., 1963-1996; Экклс Дж., 1959, 1966; Эдриан Э., 1935; Гранит Р., 1957).

Весьма важным свойством нейронов является свойство передачи импульсов с возможным преобразованием (или запоминанием на молекулярном уровне внутри указанных выше трех структурных элементов) и передаче на другие, контактирующие нервные клетки. В последнем случае такая передача осуществляется посредством специальных структурных элементов- синапсов, имеющих сложную структуру и, как правило, использующих специальные химические вещества- медиаторы (посредники). В общем случае синапсы осуществляют как передачу возбуждения в НС, так и осуществляют тормозные процессы между нейронами. Последнее может обеспечивать очень важное свойство адаптации НС к постоянным (длящимся) и периодическим сигналам. Выделяют специальный класс НС с адаптацией, когда пришедший извне сигнал на НС неизбежно должен затухать в такой адаптивной НС. Свойство адаптации может быть обусловлено не только специальными (тормозными) связями между нейронами НС, но и за счет свойства аккомодации отдельных нейронов, составляющих эту сеть. Свойством аккомодации (затуханием возбуждения, падением потенциалов на мембране нейрона) обладают в той или иной степени многие нейроны и это часто учитывается при создании модельных НС. Отметим, что в компартментных моделях не это свойство учитывается слагаемым – b_x .

Описывая наличие синаптических передач (как отдельного свойства НС) мы не затронули еще одно свойство любого нейрона, связанного с синапсами- это свойство суммации сигналов, поступающих через посредство синаптических передач. Два сигнала, поступающие на один нейрон от двух разных источников сигналов суммируются (в ряде моделей интегрируются во времени), обеспечивая тем самым формально важную математическую операцию. Известно, что существующие ЭВМ (цифровые) выполняют только арифметические действия и суммирование (казалось бы!) приближает НС к ныне действующим алгоритмическим машинам, но это кажущееся совпадение, т.к. и в работе мозга, и в работе нейро-ЭВМ (как мы увидим ниже) операция суммации играет определенную роль, но далеко не главную. Именно синапсы, их ассоциативность являются главенствующими элементами в работе любой НС и мозга в целом.

И последнее (но не в смысле значения) свойство нейронов и НС- это способность к запоминанию на молекулярном, клеточном и нейросетевом (в виде архитектуры синаптических связей и их весовых значений) уровнях. Феноменальные свойства НС кроются в организации связей между нейронами и их количественной (синаптической) характеристике, которая представляется весом связи синапса и реализует реальный вклад каждого отдельного синапса в поступающие на суммируемый нейрон сигналы. Именно изменяя эти веса связей и всю архитектуру межнейронных взаимодействий мы можем подстраивать модельные НС к внешним сигналам, устраняя при этом неопределенность между входом и выходом любой модельной или реальной (биологической) НС.

Излагая основные свойства нейронов и НС в целом, мы подошли к важным понятиям памяти в НС, запоминанию (некоторой подстроечной процедуре)- как

процессу и процедуре устранения неопределенности между входом (до поступления сигнала на НС) и выходом в НС и новому для нас понятию-обучению НС. Последнее тоже является свойством любой НС, т.к. даже отдельный нейрон оставляет следовые изменения, которые можно рассматривать как память, а сам такой процесс- как обучение.

2. Память - основное свойство НС и мозга.

Свойство памяти в НС является фундаментальным и наименее изученным в настоящее время. Существует много доктрин этой важной функции мозга и некоторые из них стоит перечислить для дальнейшего понимания работы НС. В хронологическом и взаимоисключающем порядке это: идея эквипотенциальности (каждая часть переднего мозга может заменить другую) и альтернативная ей идея локализации (в идеале- каждое сенсорное впечатление имеет собственную клетку в мозге); идея детерминистской модели мозга (все процессы сводятся к последовательным элементарным актам) и стохастической (когда возможны различные воспроизводимые комбинации и вспоминаются наиболее вероятные). Стохастическая организация памяти и работы мозга в целом наиболее признана в настоящее время и лежит в основе работы модельных НС (в том числе и компьютерных, математических моделей НС), хотя мы говорим о хаотической и синергетической работе НС, когда одно и тоже действие (запоминание) реализуется любой НС множественными способами.

Функции мозга (и в частности, память) могут рассматриваться с позиций полевых (например, когерентных) взаимодействий, где в локальных участках имеются максимумы или минимумы силовых характеристик электромагнитных (или других) полей. В этой связи следует отметить голографический подход к работе мозга (и памяти, в частности). Противоположная точка зрения на описываемые процессы лежит в представлениях теории коннективизма, когда память как функция мозга основана на указании определенных путей распространения возбуждения и выхода сигнала с НС. Как мы увидим, это свойство действительно имеет место и положено в основу работы различных НС, используемых уже на практике в настоящее время.

Перечисление свойств НС и мозга в целом будет не полным, если мы не упомянем работы Е. Маковски (1966,1976), который утверждал, что живой мозг состоит из двух форм материи- биоструктурированной и молекулярной. Наличие биоструктуры характерно только для живого и распадается с гибелью организма, когда максимизируется энтропия и организм устремляется к хаосу. В то же время молекулы входят в состав биоструктуры и могут существовать независимо от биоструктуры. В этой связи уместно напомнить, что детерминированные структуры нейро-ЭВМ все же следует рассматривать как гигантские флуктуации упорядочивания, каковыми являются НС и мозг в целом в рамках теории хаоса и синергетики (ТХС)

По Е. Маковски мозг- это четырехмерная система (четвертая координата- время), которая присуща только живым организмам. Однако это не значит, что все перечисленные выше свойства нейрона, НС и мозга в целом невозможно

моделировать. Однако принципиальный вопрос о природе этих моделей. Они могут быть детерминистскими (дифференциальные или разностные уравнения), стохастическими (в виде функций распределения и их параметров) и хаотическими (в виде аттракторов с самоорганизацией в фазовом пространстве состояний). В ТХС мы работаем с аттракторами и пулами нейронов, когда один элемент для системы ничего не значит. В синергетике это главный принцип, а самоорганизация обеспечивает постоянную настройку и работу любой биосистемы (в том числе и НС). В ТХС возникают главные проблемы с определением параметров порядка, которые в памяти играют роль ключевых слов или образов (для воспоминания).

Выборочно фиксировать и сохранять во времени следы внешних и внутренних воздействий системы и при некоторых условиях воспроизводить эти следы (под этим мы понимаем ПАМЯТЬ) могут различные технические, физические или химические системы. Это же может реализоваться и в виде математических моделей, где указанные следы воздействий представляются так называемыми начальными условиями для данной модельной системы (в виде обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных, разностных уравнений, интегро-дифференциальных и др. уравнений). Рассмотрим на конкретном примере математические модели НС.

3. Математические модели НС.

Представить в кратком сообщении основные виды математических моделей НС не представляется возможным, т.к. необходимо предварительно представлять хотя бы кратко математический аппарат, реализующий эти модели со всеми особенностями формальной логики. Поэтому целесообразно нам рассмотреть в рамках хотя бы одного подхода, как реализуются выше перечисленные свойства нейрона и НС и рассмотреть основные проблемы в архитектуре различных НС и их математических аналогов. В качестве такого подхода мы выбираем компартментный или пуловый подход в моделировании НС, как наиболее полно разработанный в настоящее время и обладающий определенной завершенностью. Сразу оговоримся что, как всякая абстрактная наука, математическая теория НС требует формализации указанных выше свойств нейрона и НС и введения некоторых абстракций. Отметим, что в НС, используемых в нейрокомпьютерах, формализация НС гораздо жестче и примитивней (несмотря на выдающиеся практические результаты) и в этом смысле теория НС (или нейродинамика)- наука более приближенная к реальному биологическому объекту. Она выполняет некоторые посреднические роли в исследованиях между субстратом (например, мозгом) и нейромашинной (искусственным мозгом, интеллектом).

Итак, пусть x_i - мембранный потенциал некоторого i -го нейрона, τ - постоянная времени нейрона, которая характеризует процесс затухания этого потенциала после некоторого его изменения (например, после нанесения внешнего раздражения), a_{ij} - весовой коэффициент синаптической связи между данным i -м

и некоторым произвольным j -м нейроном из рассматриваемого нейронного пула. Пусть, наконец,

$$\sum a_{ij} \bar{x}_j \quad (i \neq j) \quad (2.4.1)$$

будет некоторым суммарным входом, генерируемым всей нейронной сетью на рассматриваемый i -й нейрон. Тогда простейшая математическая модель формализованного нейрона, входящего в компартментную (состоящую из блоков, частей, пулов, выполняющих сходные функции и проявляющих сходную активность) нейронную сеть примет вид:

$$\tau \frac{\partial x_i}{\partial t} + x_i = \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \quad (i, j=1, 2, \dots, n), \quad (2.4.2)$$

причем $a_{ij} < 0$, если имеет место тормозный процесс и $a_{ij} > 0$, если процесс межнейронного взаимодействия имеет возбуждающий характер. Отметим, что выход j -го нейрона \bar{x}_j является пороговой функцией, т.е. $\bar{x}_j = \max\{c, x_j\}$ ($j = 1, \dots, n$), где c -некоторая константа.

Математическая модель некоторой усредненной активности нейронного пула (компартамента), очевидно, должна не только содержать основные элементы модели (2.4.2), но и иметь ряд особенностей, характерных для кооперативных систем, что согласуется с принципом синергетики. В первую очередь будем пренебрегать пороговыми свойствами нейронного пула, поскольку активность нейронов не синхронизирована а порог отдельно взятого нейрона пренебрежимо мал в сравнении с суммарной активностью всего пула. Следует отметить, что эти приближения не столь грубые, как приближения по моделированию пороговых функций в модели (2.4.2). В действительности величина порога является функцией состояния нейрона и, например, в рефрактерный период значение порога c в несколько раз превышает исходную величину (т.е.- это фактически переменная величина).

Итак, при построении компартментных нейронных сетей будем пренебрегать пороговыми свойствами отдельных нейронов и считать, что нейронный пул состоит из однородных нейронов, обладающих приблизительно одинаковыми свойствами. Будем представлять нейронный пул НС, как некоторый компартмент общей компартментной модели. Постулируем наличие пре- и постсинаптических тормозных или возбуждающих взаимодействий между этими нейронными пулами (компартаментами). Поскольку внешние управляющие воздействия-драйвы играют главенствующую роль в работе всей НС, то будем также их учитывать во всех этих моделях, как некоторое входное воздействие.

Тогда представим, что i -й компартмент имеет некоторую непрерывную, мгновенно усредненную во времени биоэлектрическую активность x_i . Интегрированная активность (фактически это выход) всей нейронной сети в этом случае будет представлена формулой:

$$y = \sum_{i=1}^m c_i x_i = c^T x, \quad (2.4.3)$$

где c_i - весовые коэффициенты ($i= 1, \dots, m$) а m - общее число компартментов, входящих в исследуемую нейронную сеть. Заметим, что именно эта у наиболее легко измеряемая в эксперименте величина. Это может быть регистрируемая активность, (например, для дыхательных НС) афферентных дыхательных нервов, например, диафрагмального или межреберных, и именно с этой величиной экспериментаторы работают при идентификации НС (Еськов В.М., Филатова О.Е., 1994).

Будем предполагать существование возбуждающих (энергетических) связей между компартментами, что подтверждается большим количеством экспериментальных работ (Якунин В.Е., 1994; Еськов В.М. 1994) и уже рассмотренными выше математическими построениями (Walter В.С., 1985; Matsuoka К., 1985; Еськов В.М., 1993, 94, 95). Пусть передача возбуждения между компартментами определяется коэффициентами $a_{ij} \geq 0$ ($i \neq j$), а тормозные процессы будут зависеть от интегральной активности НС.

Как отмечалось в ряде работ, прямых экспериментальных доказательств наличия тормозных взаимодействий между нейронами многих классов может и не существовать (см. выше). С другой стороны не вызывает сомнений огромная роль тормозных процессов в работе любой НС (Еськов В.М., 1994). Поэтому в этой ситуации разумно будет учитывать тормозные процессы не как результат прямого межнейронного взаимодействия (например, полагать $a_{ij} \leq 0$ при ($i \neq j$), а

через посредство некоторой функции, зависящей от x_j . При этом конкретный вид этой функции можно не задавать а ограничиться только некоторыми ее свойствами, имеющими существенное, экспериментально доказанное, биологическое значение. Например, торможение в компартментных сетях будет влиять на процессы передачи возбуждения от j -го пула на i -й путем ослабления этой передачи в $p_j(y)$ раз. Таким образом передача возбуждения будет определяться величиной $a_{ij}p_j(y)$.

Следующее важное свойство нейронного пула, который является компартментом в моделях НС, связано с диссипацией энергии в нем. Фактически, как и в случае с моделированием отдельного нейрона, вводится некоторый коэффициент затухания возбуждения - b . Он определяется величинами коэффициентов диссипации возбуждения нейронов данного пула (в модели (2.4.2) это была величина $\frac{1}{\tau}$), но он является некоторым обобщенным показателем. Для упрощения рассмотрения моделей будем пренебрегать различиями между пулами и считать величину b одинаковой для всех пулов. Тогда по принципу соответствия, предложенному выше, простейшая компартментная модель НС с учетом обратной отрицательной связи и внешнего управляющего драйва примет вид:

$$\dot{x}_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} p_j(y) - b x_i + u d_i \quad (i = 1, \dots, m), \quad (2.4.4)$$

где ud_i учитывает управляющий драйв (УД) на i -й компартмент, причем d_i ($i = 1, \dots, m$) является весовым коэффициентом УД, а $u \geq 0$ - некоторый скалярный фактор. Эту модель можно переписать в векторно-матричной форме

$$\begin{aligned} \dot{x} &= AP(y) - bx + ud \\ y &= c^T x \end{aligned} \quad (2.4.5)$$

где

$$\begin{aligned} x, d \in \mathbb{R}^m, \quad A = \left\{ a_{ij} \right\}_{i,j=1}^m, \quad a_{ij} > 0 \text{ при } i \neq j \quad (i, j = 1, \dots, m) \\ P = \text{diag} \left\{ p_i(y) \right\}_{i=1}^m, \quad c^T = (c_1, c_2, \dots, c_m) \quad y \in \mathbb{R}^1 \end{aligned} \quad (2.4.6)$$

Для случая циклических нейронных сетей, как наиболее распространенных в природе и лучше изученных на различных моделях, достаточно положить

$$a_{ij} = 0 \text{ исключая } a_{1m} > 0, a_{i+1,i} > 0 \quad (i = 1, \dots, m-1) \quad (2.4.7)$$

Если интегральная активность НС y влияет на тормозный процесс передачи возбуждения только к одному (например, первому) компартменту, то

$$p_1 = p_1(y) \quad \text{и} \quad p_i = 1 \quad (i \geq 2) \quad (2.4.8)$$

Это простейший случай циклической НС. Другой крайний случай возникает, когда y влияет на тормозный процесс передачи возбуждения сразу на все компартменты (для простоты одинаковым образом). Тогда

$$p_i = p(y) \quad (i = 1, \dots, m)$$

Влияние УД на динамику поведения НС так же может быть различным. Если только один пул будет чувствительным к УД, то

$$d = (1, 0, \dots, 0)^T. \quad (2.4.9)$$

Если же все пулы будут чувствительны к УД одинаковым образом, то

$$d = (1, \dots, 1)^T. \quad (2.4.10)$$

Вектор весовых коэффициентов c в (2.4.5) определяет вклад отдельного пула в интегральную активность всей НС. Поэтому, если y формируется активностью только одного нейрона, то

$$c = (0, \dots, 0, 1)^T, \quad (2.4.11)$$

а если всех нейронов одинаково, то

$$c = (1, \dots, 1)^T. \quad (2.4.12)$$

Полагаем, что возбуждение является энергетической характеристикой РНС и оно определяет суммарный электрический потенциал, генерируемый на выходе НС. Последний, как уже отмечалось, регистрируется в эфферентных нервах и является объектом идентификации любой нейронной сети.

Математические модели компартментных разложимых нейронных сетей, т.е. имеющих иерархическую структуру, описываются моделями, сходными с векторно-матричным уравнением (2.4.5), однако матрица A имеет в этом случае блочно-треугольный вид. Например:

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix}, \quad (2.4.13)$$

где A_{ij} - некоторые матрицы, описывающие межпуловые (межкомпарментные) связи. Отметим, что матрицы A_{21} , A_{31} , A_{32} описывают связи между отдельными нейронными сетями (так называемыми кластерами) а, в целом, матрица (2.4.13) представляет трехкластерную НС с двумя уровнями иерархии. Нейронные сети обычно изображаются графами На рис.2.4.1 показаны графы m -мерных циклических (а) и нециклических (б) нейронных сетей. Оба графа представляют неразложимые нейронные сети, т.к. любая пара компарментов связана между собой одной связью; матрицы неразложимых НС никаким преобразованием не приводимы к блочно-треугольной форме.

На основе компарментных представлений разработаны модели респираторных нейронных сетей (Еськов,1994; Еськов, Филатова,1994). Рассмотрены наиболее часто встречающиеся модели циклических РНС, приведены случаи разложимых и неразложимых сетей, показана возможность и применение моделей с выделением подциклов, когда проявляется влияние на отдельные компарменты всех прочих. Применение фармакологических препаратов, тепловых воздействий и селективное раздражение конкретных нервных путей позволило целенаправленно исследовать возможные пути и знаки взаимодействий внутри сети. В качестве выходной функции у использована активность межреберных и диафрагмальных нервов. Применение компарментного подхода позволяет получать колебательные решения моделей РНС без применения предположений о специальном управлении дыхательным ритмом, только из внутренних свойств модели. Сравнение реальных биологических фактов и результатов моделирования позволяет отнести различные модели к конкретным типам дыхания. Существенно, что Компарментный принцип (агрегация элементов в блоки) является базовым принципом синергетики и поэтом ККТБ связывает ТХС с детерминистским подходом.

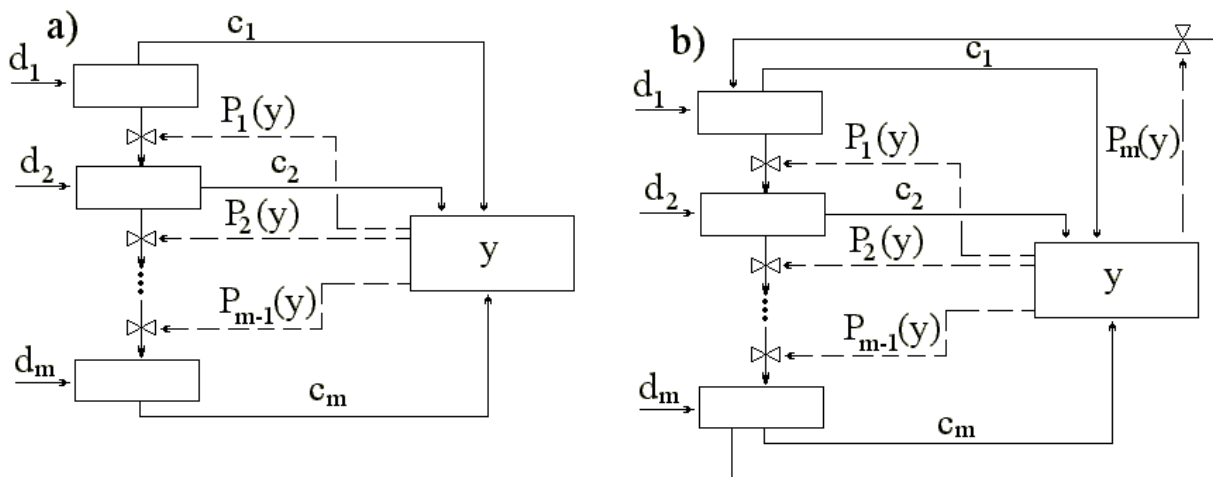


Рис.2.4.1. Графические структуры систем m -го порядка с отрицательными обратными связями ($a_{1m}=0$):
 а) нециклическая; б) циклическая.

4. Искусственные нейронные сети

Любая область знаний ставит перед исследователями множество задач, часть которых успешно решается с помощью ЭВМ. Привычный процесс решения задачи компьютером можно разделить на 3 основных этапа:

1. Человек, согласно условиям задачи, вводит исходные данные в компьютер.
2. ЭВМ, используя введенные данные, проводит вычисления по *заранее установленному алгоритму*.
3. ЭВМ выводит результаты вычислений.

Основная работа по решению задачи в таком случае все равно возложена на человека, а именно: поиск *формального алгоритма решения задачи*. Многие задачи в настоящее время решаются в рамках указанных этапов. Но существует целый класс задач, не поддающихся формальному описанию, для решения которых человек использует не четкие правила, а *опыт*. Наличие опыта предусматривает возможное правильное решение и в том случае, если данная ситуация прежде не встречалась. Опытный врач верно поставит диагноз, даже если искажена симптоматика заболевания и ранее он такую никогда не наблюдал.

Многие науки и отрасли знания оперируют задачами, для решения которых используется весь ранее накопленный опыт. Это биология, медицина, социология, юриспруденция, криминалистика. Поиски алгоритмов, позволяющих автоматически накапливать и затем использовать опыт, привели к появлению новой области деятельности– нейроинформатики.

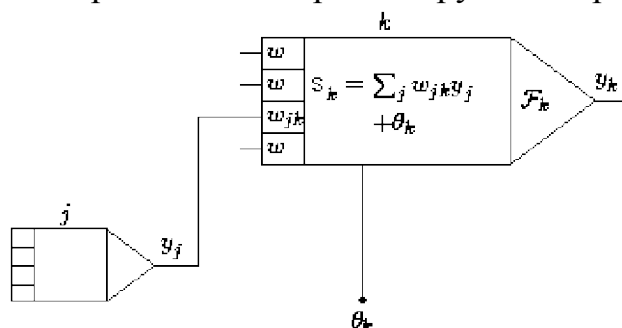
Основой работы самообучающихся нейропрограмм является искусственная нейронная сеть, представляющая собой совокупность нейронов– элементов, связанных между собой определенным образом. Нейроны и межнейронные связи задаются программно. Функционирование нейрона в нейрокомпьютере или нейропрограмме отдаленно напоминает работу биологического нейрона.

В основу искусственных нейронных сетей (ИНС) положены следующие

черты биологических нейронных сетей, позволяющие им хорошо справляться с нерегулярными задачами:

- простой обрабатывающий элемент - нейрон;
- очень большое число нейронов участвует в обработке информации;
- один нейрон связан с большим числом других нейронов (глобальные связи);
- изменяющиеся по весу связи между нейронами;
- массивованная параллельность обработки информации.

Упрощенно можно считать, что нейрон устроен и действует следующим образом. Биологический нейрон имеет тело, совокупность отростков– дендритов, по которым в нейрон поступают сигналы, и отросток– аксон, передающий выходные сигналы другим нейронам. Точка соединения дендрита и аксона называется синапсом. Синапс выполняет функции весового коэффициента, усиливая или ослабляя входной сигнал. Нейрон получает от дендритов набор входных сигналов. В теле нейрона значения входных сигналов суммируется. Однако, влияние входов не равнозначно, а определяется весовыми коэффициентами, которые характеризуют важность поступающей по данному входу информации. В искусственном нейроне вычисляется скалярное произведение вектора входных сигналов и вектора весовых коэффициентов. Затем нейрон формирует выходной сигнал, интенсивность которого зависит от значения вычисленного скалярного произведения. Выходной сигнал поступает на аксон, а через него передается дендритам других нейронов.



Простейший элемент искусственной нейронной сети (нейрон)

y_j - сигнал поступающий от нейрона j

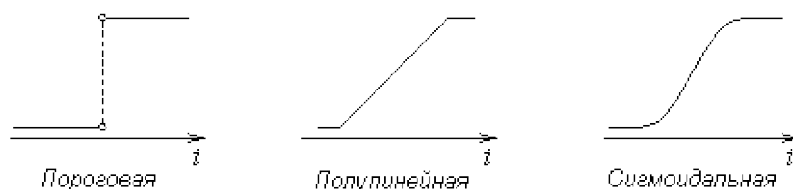
S_k - скалярное произведение вектора входных сигналов и вектора весов

F_k - функция возбуждения

y_k - выходной сигнал нейрона k

Рис. 2.4.2. Простейший элемент искусственной нейронной сети.

Поведение нейронной сети зависит как от весовых коэффициентов, так и от формы функции возбуждения. Наиболее часто используются: пороговая, линейная, полулинейная и сигмоидальная. Из этих функций сигмоидальная наиболее близка к биологическому аналогу.



Разные функции возбуждения для нейрона

Рис. 2.4.3. Вид функции возбуждения для нейрона

На основе знаний о работе биологических сетей создают машины, имитирующие работу мозга и способные проявлять при этом свойства, обычно присущие живому. Выделяют системы классификаторы (выделяют известные классы явлений по предварительно представленной обучающей выборке) и предикторы (по предварительной обучающей выборке способны вместо жестко определенного класса выдавать число, имеющее реальное значение). Такие системы могут применяться в управлении промышленными процессами, технологическими и природными объектами, переработке недостаточно четкой информации и многих других областях знаний.

Создается сеть из формальных нейронов, где выделяют нейроны входа и выхода и нейроны внутренних слоев (рис.2.4.4). Первоначально устанавливается, что все нейроны входа подают выходы на все нейроны прилегающего внутреннего слоя со значимостью 1, и также нейроны первого внутреннего слоя передают сигнал на последующий слой, а нейроны последнего внутреннего слоя передают сигналы на нейроны выхода каждый на все со значимостью 1. В ходе итерационного процесса идет настраивание новых величин значимости выходов всех нейронов сети, многие выходы в ходе её получают значимость 0. Каждому методу создания нейронной сети присущи свои аппроксимирующие функции нейронов. Целевой функцией для сети является минимизация ошибки результата (расхождение реального и предсказанного сетью результатов), а путем достижения результата становится настройка статистических весов выходов нейронов в искусственной сети в ходе обработки результатов обучающей выборки с целью приближения рассчитанного значения по аппроксимирующей функции к реальному результату. Обычно создавая сеть, количество нейронов в ней задают равным количеству выходов. Классификаторы в оценке данных принципиально ограничены в выборе количеством классов в обучающей выборке, неверная задача количества классов резко осложняет обучение сети. Описано обучение сети для распознавания иммуннодефицитных состояний. Первоначально задали 2 класса (здоровые и больные), сеть точно распознавала здоровых, но некоторых больных путала со здоровыми. Обучающая выборка была изменена, исходя из сетевых ошибок, класс больных разбили на 2 сильно отличных от друг друга и здоровых по уровню метаболизма лимфоцитов. Новая выборка позволила обучить сеть безошибочному распознаванию всех примеров. Таким образом, нейросеть фактически распознала ошибку, незамеченную человеком.

Кроме того, классификаторы позволяют по результатам обучения обнаружить параметры, наименее значимые для результата, их постепенное исключение с промежуточной проверкой результата позволяет выделить из большого набора параметров вычленить действительно значимые, которые дают достаточный набор для точного результата, такая процедура в ТХС называется отысканием параметров порядка (ПП). Классификаторы могут использовать данные как в закодированном виде (да- нет), так и в цифровом (данные анализов), но на выходе они всегда дают отнесение к определенному классу, представленному в обучающей выборке. Часто возникает необходимость ответа в виде какого-то числа, например доза радиации или токсина. Такие задачи решают программы - предикторы. Например, по данным клинических анализов надо узнать накопленную дозу радиации работниками АЭС. В случае одномерном, мы получаем ответ формально мало отличный от ответа классификатора, но конкретная цифра, указанная нейросетью, позволяет уточнить многие действия для данного человека и на будущее для остальных. Векторные предикторы дают в качестве ответа цифровой вектор в многомерном пространстве, т.е. позволяет учесть из прошлого и предсказать для будущего возможные ошибки и пути их нейтрализации.

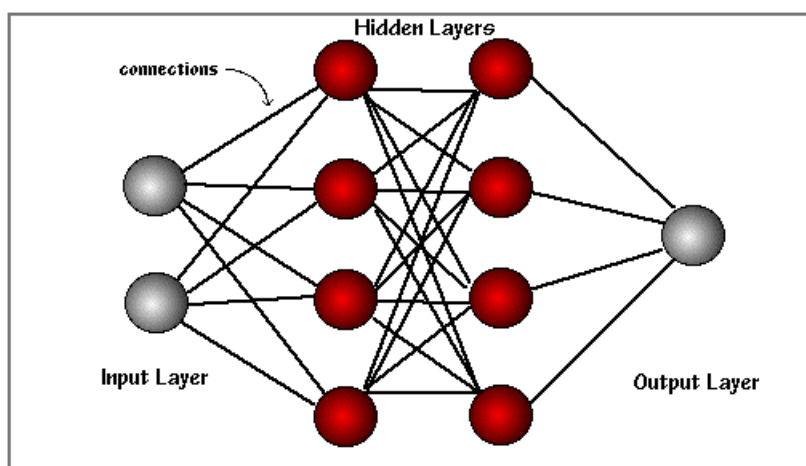


Рис. 2.4.4. Схема искусственной нейронной сети.

Для чего ИНС могут быть использованы?

В принципе, нейронные сети могут решать любую задачу, имеющую решение, иными словами, делать все, что могут делать традиционные компьютеры. На практике, для того, чтобы применение нейронной сети было оправдано, необходимо, чтобы задача обладала следующими признаками:

- отсутствует алгоритм или не известны принципы решения задач, но накоплено достаточное число примеров;
- проблема характеризуется большими объемами входной информации;
- данные неполны или избыточны, зашумлены, частично противоречивы.

Таким образом, ИНС хорошо подходят для распознавания образов и решения задач классификации, оптимизации и прогнозирования.

5. Основные представления о "Нейрокомпьютерах" – НЭВМ

Используя основные принципы функционирования НС, можно конструировать искусственные нейронные сети, которые получили название "Нейрокомпьютеры" - НЭВМ. Последние имеют ряд существенных преимуществ в сравнении с существующими алгоритмизируемыми ЭВМ. Вот краткое перечисление этих преимуществ:

1. Высокая надежность (вспомним, что мозг человека в старости теряет миллионы нейронов без существенной потери памяти и мышления) и быстрое действие (до 10^{17} операций в секунду на сегодняшний день!). Отметим, что высоконадёжная НЭВМ может собираться из ненадёжных элементов-нейронов и это тоже существенное преимущество.

2. Универсальность. НЭВМ даёт стандартный способ решения многих нестандартных задач. Отметим, что цифровые ЭВМ (ЦЭВМ) могут отдельные задачи решать даже лучше НЭВМ, но при этом мы каждый раз должны будем разрабатывать, создавать новую ЦЭВМ.

3. С предыдущим свойством связана и гибкость структуры НЭВМ, когда появляется возможность на одной элементной базе (в пределах одной и той же НЭВМ) создавать принципиально различные нейрокомпьютеры. При этом человек становится нейроконструктором (криэйтором мозга)

4. На базе нейронных сетей можно создавать программное обеспечение для высокопараллельных ЭВМ, при этом минимизируется дублирование элементов ЦЭВМ.

5. Труд программиста на ЦЭВМ заменяется на обучение НЭВМ. Работающий на НЭВМ человек только формирует учебные задачки, а эта процедура значительно проще, чем алгоритмические языки и программирование ЦЭВМ.

6. С помощью НЭВМ хорошо решаются задачи, связанные с человеческой интуицией (чтение текстов, узнавание зрительных образов, поверхностей планет, перевода с одного языка на другой и т.д.). Во многих случаях до сих пор нет хороших алгоритмов для ЦЭВМ по решению таких задач.

7. Последнее преимущество связано с предыдущим - НЭВМ уже позволяет вводить информацию голосом конкретного индивидуума. Это значит, что Ваша НЭВМ будет лично Вашей и Вы (и только!) сможете с ней общаться. Словарный запас формируется в течение 2-3 часов разговора с НЭВМ и составляет 2-3 тыс. слов!

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 3-МУ ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

После выполнения 1 и 2 этапов обучаемый должен заполнить протокол и подписать его у преподавателя, а затем оформить отчет в тетради, обратив особое внимание на количественное и качественное объяснение наблюдаемых изменений ответов сетевого эмулятора и отчитаться у преподавателя за всю работу. В этом случае обучаемый получает зачет.

Лабораторная работа № 2.5.
ИЗУЧЕНИЕ РЕГУЛЯЦИИ РАБОТЫ МЫШЦ

Цель работы.

Исследователь должен изучить особенности работы системы регуляции произвольных движений у человека в норме и при выполнении функциональной нагрузки.

Обучаемый должен знать:

1. Строение и функции мышц, структурную организацию саркомера и изменения в нём при укорочении.
2. Уравнение Хилла.
3. Особенности механорецепции.

Обучаемый должен уметь:

1. Измерить экспериментально динамику тремора у испытуемого без нагрузки и с нагрузкой.
2. Произвести Фурье- анализ треморограммы.
3. Сделать выводы о характере изменения треморограммы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Динамические показатели произвольного движения (тремора) являются важной характеристикой функционального состояния организма человека и могут являться объективными показателями развития патологических процессов (нарушения функций щитовидной железы, например) или психофизиологических отклонений (в связи с приёмом наркотиков, алкоголя и т.д.). Поэтому они используются как в медицине, так и в физиологии трудовых процессов.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 6 часов, из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторные занятия и 2 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров Ю.А., Рошупкин Д.И., Потапенко А.Я., Деев А.И. Биофизика. - М.: Медицина, 1983.- 272с.
2. Рубин А.В. Биофизика: В 2 кн.- М.: Высш. шк., 1987.
3. Дещеревский В.И. Математические модели мышечного сокращения.- М., 1977. – 210 .с
4. Хилл А. Механика мышечного сокращения.- М., 1985. – 132 с.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ
“САМОПОДГОТОВКА”**

Цель этапа.

Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы. Проверить качество усвоения новой информации (понятия и законы) перед выполнением работы.

- I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить:

1. Структурную организацию саркомера и механизм его сокращения.
2. Трехкомpartmentную организацию систему регуляции по отклонению.

II. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся для самоконтроля должен ответить на следующие вопросы:

1. Охарактеризуйте основные типы механорецепторов.
2. Опишите строение и функции саркомера.
3. Что происходит в нервно – мышечном синапсе?
4. Каковы механизмы мышечного утомления?
5. Виды тремора и механизмы.
6. Что такое Фурье – анализ и спектрограмма?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: “Выполнение лабораторной работы”

Цель этапа.

Ознакомиться с методикой снятия и обработки треморограмм.

Для достижения цели необходимо:

I. Выбрать в директории ADC ЭВМ файл surg.exe. Закрепить на пальце металлическую пластинку, начать съёмку кривой, нажав enter.

II. После сообщения о завершении, нажать 3 раза esc. Найти в меню новый файл содержащий данные вида 11/11/111199, где 11- день месяца, 11-номер месяца, 1111-время (часы, минуты) снятия треморограммы, 99- год.

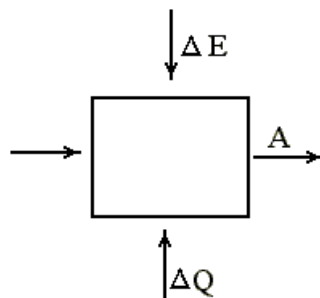
III. Выбрать файл charts.exe. Нажать клавишу , выбрать файл, просмотреть фурье-образ треморограммы; сравнив с другими треморограммами, сделать выводы об изменениях в них.

Блок информации

Движение в живой природе обеспечивает приспособленность к изменениям в окружающей среде, поддержание трофики и, в целом, выживание как растительного, так и животного организма. Существуют различные формы движения от фототропизма до сложно организованных мышечных движений. В животном организме движение осуществляется за счет механохимических процессов, которые обеспечиваются работой надмолекулярных структур ферментов, сопровождаемых катализом и гидролизом АТФ. В этом случае рабочее тело- белок с механическими свойствами, изменяющимися за счет ферментативных процессов (сорбции лиганда). Такие процессы (перенос H^+ по градиенту электрохимического потенциала) лежат в основе работы бактериальных жгутиков или работы сократительной органеллы- спазмомемы (за счет переноса Ca^{2+} и его связывания она укорачивается).

Следует отметить, что перечисленные выше живые системы работают в циклическом режиме, когда рабочее тело получает энергию от источника (претерпевает изменения), передает её нагрузке во время рабочего хода и далее такой преобразователь возвращается в исходное состояние. Это классический пример теплового двигателя в физике. когда необходим подвод энергии извне и тепловой обмен с окружающей средой (вспомним тремор мышц на холоде у

любого теплокровного!). Схема процесса имеет вид:



Если T и P постоянные, то изменения термодинамического потенциала Гиббса G рабочего тела при механохимическом процессе имеет вид:

$$dG = FdS + \sum \mu_i dn_i, \quad G = U + PV - TS$$

где F - сила, dS - изменение длины, dn_i - число молей i -й компоненты (лиганда), которое получается при хим. потенциале μ_i .

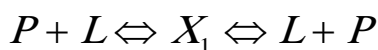
В конце цикла $\oint dG = 0$ и значение совершенной механической работы

$$A = -\oint FdS = \oint \sum \mu_i dn_i$$

т.е. механическая работа равна изменению свободной энергии при переносе вещества по градиенту концентрации. Можно ввести к.п.д. такого процесса в виде

$$\eta = \frac{\oint FdS}{\oint \mu_i dn_i}$$

Такие системы, можно показать, работают, когда есть градиенты концентраций (области больших и меньших концентраций лиганда), причем форма P - L должна меняться при связывании лигандов, т.е.



P - молекула полимера, L - лиганда, X - их комплекс. Например, спазмонема у сувоек при связывании Ca^{2+} вызывает укорочение белковых структур и при этом в цикле меняется концентрация Ca^{2+} в цитоплазме, которая задается ретикулумом. Каждый из указанных процессов идет со своими константами химической реакции (их всего 4-е!).

Скелетная мышца позвоночных состоит из отдельных многоядерных клеток-мышечных волокон ($l \sim 1$ мм- 50 см, $d \sim 0,05$ мм- 0,1 мм). Волокна имеют 2 пластинки (поперечные), которые разделяют саркомеры длиной в покое $\sim 2,2$ мкм. Нервный импульс вызывает выброс Ca^{2+} из саркоплазматического ретикулума и происходит образование связи миозинового мостика с белком актином. Нити скользят до тех пор, пока сила мостика не упадет до 0, после чего мостик размыкается (рис.2.5.1).

Во время работы хода мостик преобразует свободную энергию гидролиза АТФ в механическую A . При обратном ходе на обращение состояния мостика также затрагивается часть энергии АТФ. Осуществляется полный цикл превращений мостика.

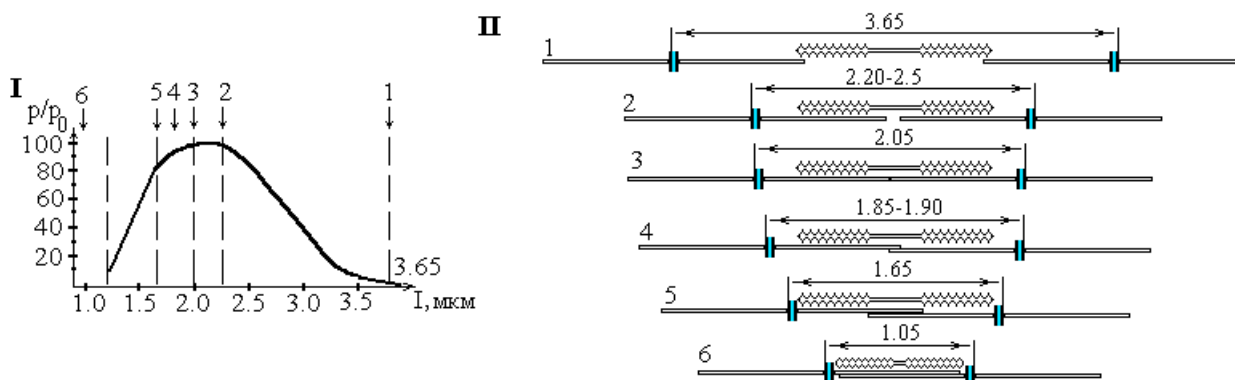


Рис. 2.5.1. Зависимость изометрической силы мышечного волокна от степени перекрытия нитей:

I- изометрическая сила, развиваемая поперечно-полосатой мышцей при различных длинах саркомеров, измеренная на одиночных волокнах;

II- изменение зоны перекрытия толстых и тонких нитей при различных длинах саркомера; 1- 6- обозначение одинаковых длин саркомера на I и II

Отметим, что сам миозин плохой фермент (скорость гидролиза АТФ $\sim 0,05$ сек⁻¹). Однако актин резко (на три порядка!) ускоряет гидролиз АТФ. Причем скорость энергопродукции мышцы при сокращении с ускорением больше, чем в изометрическом режиме, т.е.

$$\frac{dE}{dt} = eK_2 m_{cr} = \text{const}(p_0 - P),$$

где P- сила, развивается волокном, K₂-скорость распада тормозящих мостиков, m- число тормозящих мостиков.

На свободном миозине происходит гидролиз АТФ и долгоживущий миозинпродуктный комплекс соединяется с актином. Большая свободная энергия переходов, связанных с десорбцией продуктов гидролиза АТФ от актомиозина (более 50% свободной энергии реакции гидролиза АТФ), может быть использована для совершения работы в мышце. Основное освобождение свободной энергии гидролиза АТФ происходит при десорбции фосфата.

При сопоставлении указанных свойств реакции в растворах с характеристиками механохимического цикла мостика необходимо учитывать, что термодинамические и кинетические параметры реакции в мышце должны изменяться в связи со структурными ограничениями, приводящими к деформациям белкового комплекса.

Известно, что регуляция двигательных функций осуществляется двигательными центрами ЦНС, которая представляет собой сложную многоуровневую систему. В ней можно выделить спинальный, подкорково-стволово-мозжечковый и корковый уровни регуляции моторики в целом. Все эти центры регуляции двигательной активности составляют элементы иерархической системы, и одновременно и во всё возрастающей степени действуют как партнеры. Именно на этом этапе уже проявляются принципы синергического взаимодействия в мышцах и НМС, в целом.

Современный этап в изучении двигательных функций характеризуется формированием системных представлений с учетом структурных, нейрональных, нейродинамических и нейромедиаторных механизмов. Такой подход стал возможен благодаря внедрению в клиническую практику стереотаксического метода, новых методик электрофизиологических исследований, установление важной роли нарушения обмена нейромедиаторов, а также использования фармакологических препаратов, позволяющих активно воздействовать на нейротрансмиттерные системы.

Отметим, что нервная система выполняет главную роль в организации целенаправленной активности. Даже самое простое движение в основе своей имеет сложные механизмы контроля, поскольку степень возбудимости мотонейронов определяется не только процессами, протекающими на спинальном и супраспинальном уровнях. Помимо этого регуляторные системы получают добавочную информацию по системам обратных связей от самого мотонейрона и от чувствительных периферических аппаратов (рецепторов).

Рассматривая систему нервного контроля движений, необходимо иметь в виду, что конечным путем, пунктом приложения управляющих воздействий со всех выше обозначенных уровней является мотонейронный пул спинного мозга и связанная с ним биокинематическая сеть. Источником, посылающим импульсы к мышце, являются мотонейроны рогов спинного мозга и двигательные ядра черепно-мозговых нервов.

Остановимся несколько подробнее на чувственном (рецепторном) и эфферентном (управляющем) аппарате мышц, как наиболее хорошо изученном объекте в сравнении с центральными регуляторами. Известно, что скелетные мышцы млекопитающих содержат две группы мышечных волокон: экстрафузальные и интрафузальные. (см. рис. 2.5.2).

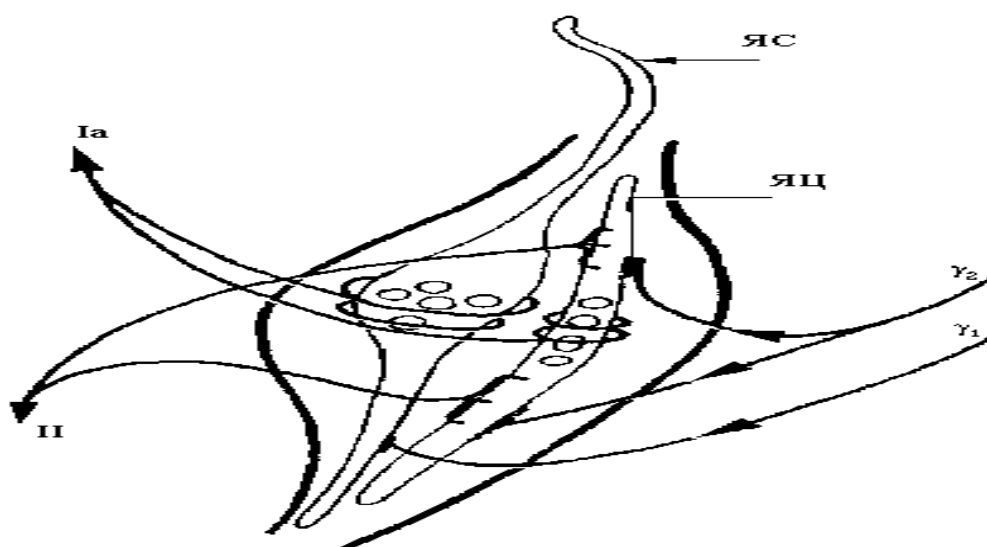


Рис. 2.5.2. Строение мышечного веретена. ЯЦ – волокна с ядерной цепочкой; ЯС – волокна с ядерной сумкой; γ_1 – динамические клетки; γ_2 – статические клетки; Ia – группа афферентов, отходящих от первичных окончаний; II – группа афферентов, отходящих от вторичных окончаний.

В экстрафузальных мышечных волокнах выделяют белые и красные волокна. Они обладают рядом качественно различных свойств, например у них неодинаковые требования к обмену веществ. Однако самое главное заключается в их регуляции: красные волокна обеспечивают тоническую активность и управляются тоническим системокомплексом фазатона мозга (ФМ), а белые волокна тесно связаны с фазической активностью ФМ.

Известно, что красные волокна богаты миоглобином и митохондриями, имеют более разветвленную сеть капилляров. В них преобладают формы метаболизма, в большей степени зависящие от кислорода в отличие от белых мышц. Белые мышечные волокна обладают фазической, а красные – тонической системой регуляции на афферентные стимулы. Это проявляется не только в скорости их сокращения или продолжительности сократительного акта, но и в силе и зависимости от адренергического влияния.

Существуют особенности в организации афферентного и эфферентного звена управления и регуляции тонусом красных и белых мышечных волокон и двигательных единиц, которые их объединяют. В конечном итоге речь идет об организации так называемого фазического рефлекса (ФР) и тонического рефлекса (ТФ), что представлено на рис. 2.5.3 и 2.5.4 соответственно. Эти рефлексы обеспечивают поддержание длины мышцы (путем быстрого сокращения белых мышц) или поддержание тонуса мышц (за счет работы красных мышц).

Нервно-мышечные веретена относятся к мышечным рецепторам, реагирующим на пассивное растяжение мышц, они ответственны за рефлекс растяжения, или миотатический рефлекс. Нервно-мышечное веретено состоит из нескольких очень тонких поперечно-полосатых волокон, называемых интрафузальными мышечными волокнами, которые заключены внутри соединительно-тканной капсулы. Диаметр их составляет 6-26 мкм, длина 4-7 мм. Мышечное веретено каждым своим концом прикрепляется к соединительно-тканной оболочке (перимизию) пучка экстрафузальных волокон. Нервно-мышечные веретена расположены вдоль экстрафузальных мышечных волокон, около 50-100 в каждой мышце, и имеют афферентные и эфферентные связи со спинным мозгом. В передаче сигналов из спинного мозга к мышцам и от мышц к спинному мозгу принимает участие обширная нейронная сеть. Именно поэтому мы говорим о НМС, хотя чисто биологические свойства мышц (как биоэластомеров, например) тоже представляют интерес для биофизики.

Афферентная часть этой системы состоит из первичных и вторичных окончаний. Основная сенсорная иннервация мышечных рецепторов растяжения обеспечивается первичными окончаниями, которые имеют форму спирали, окружающей центральную часть интрафузальных волокон с сумками ядер (ЯС) (см. рис. 2.5.2). Окончания этих волокон называют также анулоспиральными. От первичного окончания отходят афференты группы Ia, которые проецируются на α -БМН. Эти волокна имеют довольно толстую миелиновую оболочку и принадлежат к быстро проводящим волокнам. Именно эти волокна относятся к фазической системе, обеспечивая фазическую активность нейромоторного (а

также вегетативного) системокомплекса в работе ФМ (см. рис. 2.5.3).

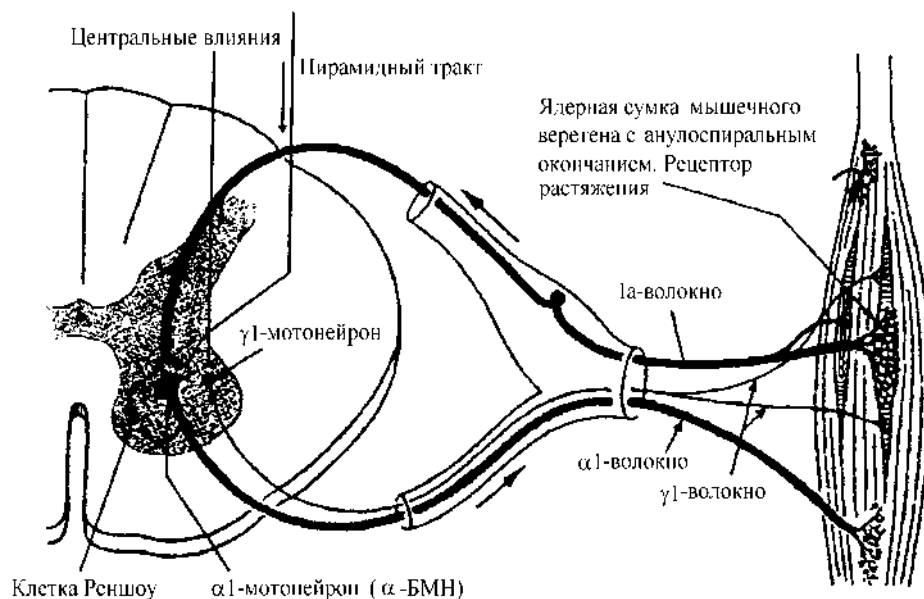


Рис. 2.5.3. Кольцо обратной связи (фазический рефлекс) для поддержания длины мышцы.

Как статическая, так и динамическая реакция контролируется эфферентными γ -мотонейронами. Полагают, что существует два типа эфферентных γ -мотонейронов. Один тип представлен динамическими клетками, иннервирующими преимущественно интрафузальные волокна с сумками ядер. Второй тип представляют γ -статические клетки, преимущественно стимулирующие интрафузальные волокна с цепями ядер (ЯЦ).

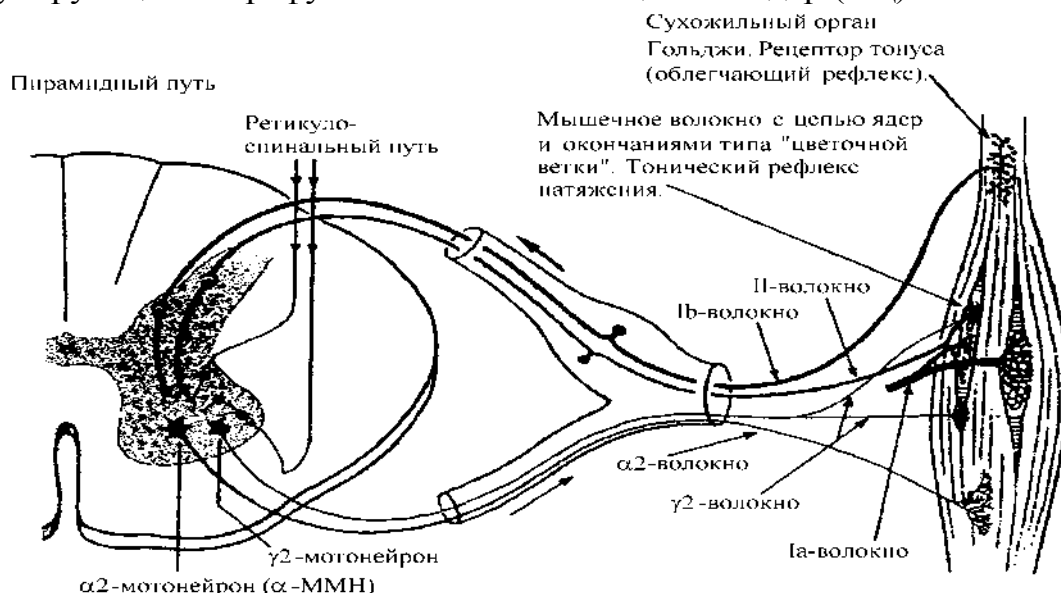


Рис. 2.5.4. Кольцо обратной связи (тонический рефлекс) для поддержания тонуса мышц.

Стимуляция γ -динамическими нейронами волокон ЯС вызывает значительный динамический и очень слабый статический ответ. И наоборот, если γ -

статические нейроны возбуждают интрафузальные волокна с ЯЦ, то реакция будет статической, или тонической, а динамический компонент – представлен очень слабо. Именно такие γ_2 – нейроны обеспечивают тоническую реакцию нейромоторного комплекса и фазатона мозга в целом (см. рис. 2.5.4).

Система γ -мотонейрон – мышечное веретено позволяет через афферентное гамма – воздействие регулировать реакцию рецепторов растяжения. А так как γ -мотонейроны находятся под влиянием супраспинальных отделов ЦНС, то эфферентное воздействие γ -волокон делает произвольные движения более плавными, «настраивает» их соответственно решаемой задаче и в зависимости от функционального состояния ЦНС, т.е. ФМ.

Отметим, что адренергическая активация фазических γ_1 – нейронов приводит к резким, спастическим движениям. В патологии дискинезий именно эти клетки обеспечивают дрожательные и другие фазические гиперкинезы. Наоборот, γ_2 – нейроны, связанные с тонической системой ФМ ответственны за медленные или ригидные дискинезии, которые развиваются при холинергических воздействиях, например, при воздействии адренолитических препаратов. Тонические или фазические реакции могут быть вызваны также при инъекциях КСI или CaCl₂ соответственно, на что указывал в своих работах А.С. Самохотский, который регулировал гомеостаз в целом таким простым способом (путем инъекции) в первом (простейшем) рецепторном кластере (афференты, мотонейроны спинного мозга, эфференты) и обязательное присутствие более высокого (иерархического) кластера (моторная зона коры, пирамидная и экстрапирамидная системы).

Таким образом, каждая мышца находится под контролем двух систем обратной связи: её длина контролируется системой, в которой измерительными чувствительными устройствами служат мышечные веретена, а её тонус контролируется другой системой, в которой измерительными устройствами являются сухожильные органы Гольджи (рис. 2.5.3 и 2.5.4). Влияние системы регуляции длины в принципе ограничиваются одной мышцей и её антагонистами, тогда как регуляция напряжения относится к мышечному тону всей конечности (при условии их синергического взаимодействия).

Управление движениями, осуществляемое с помощью изменения активности соответствующей группы мышц, может производиться только при наличии необходимой информации о положении, скорости и ускорении движений звеньев тела, а также об эффективности нервно-мышечной передачи. Проприоцептивная обратная связь рассматривается как обязательный и решающий фактор регулирования временных и пространственных характеристик движения. Таким образом, НМС является сложной иерархической регуляторной системой, в которой можно выделить как минимум три компартмента или кластера (афферентный компартмент, состоящий из рецепторов, проводников и спинальных мотонейронов, центрального звена и выходного (периферийного) звена (компартмента или кластера)).

Таким образом, спинной мозг способен обеспечить сложные согласованные движения в ответ на соответствующий сигнал с периферии или от вышележащих отделов центральной нервной системы, т.е. можно говорить о его интегративной

функции. На уровне спинного мозга через α - и γ -мотонейроны осуществляются рефлекторные саморегулирующие механизмы поддержания мышечного тонуса. Причем, уже на уровне спинного мозга можно выделить преимущественно тонические и фазические звенья двигательной регуляции. На супраспинальном уровне всегда можно выделить верхний уровень иерархии – фазатон мозга, который обеспечивает подстройку и регуляцию как НМС, так и ВНС с нейротрансмиттерным системокомплексом.

Согласно основным положениям теории функциональных систем П. К. Анохина, еще до начала деятельности в соответствие с конкретной задачей и условиями ее выполнения на основании афферентного синтеза, включающего мотивацию, обстановочную и пусковую афферентацию, формируется определенная (рабочая) функциональная система.

Важнейшими элементами этой системы являются программа действия и акцептор результатов действия. В процессе программирования определяется набор и последовательность включения двигательных актов. В соответствии с программой формируются команды к эффекторным нейронам и далее к мышцам. От проприоцепторов мышечно-суставного аппарата, органов зрения и других рецепторов, которые регулируют нервные центры, получается информация (за счет обратной связи) о происходящей деятельности, и акцептор результатов действия сравнивает реальные результаты с запрограммированными действиями. Если имеются какие-либо расхождения между фактическими и запрограммированными действиями, то при помощи соответствующей импульсации в программу оперативно вносятся необходимые изменения.

Таким образом, в НМС обязательно включаются некоторые интегративные элементы и схемы сравнения, вырабатывающие некоторые управляющие сигналы на эфферентные органы. При этом заметим, что такие детерминистские модели не охватывают всего многообразия режимов работы НМС (в частности, движения вблизи аттрактора при удержании позы, в хаотическом режиме и т.д.) а только затрагивают бифуркации рождения циклов (например, около 10 Гц).

В результате афферентного синтеза и сформировавшейся программы действия повышается уровень активации коры полушарий большого мозга с организацией в ней соответствующей «рабочей мозаики». Последняя является необходимым нейрофизиологическим механизмом так называемой предупредительной иннервации мышечной деятельности.

Известно, что произвольное движение является непременным спутником двигательной активности всех органов и систем и отражает колебания различной частоты. Тремор (дрожание) – это произвольные ритмичные колебательные движения части тела (чаще всего конечностей и головы) или всего тела. “Нормальные” частоты тремора, отмеченные различными исследователями, укладываются в полосу от 2 до 23 Гц, а амплитуда колеблется от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Следует сказать, что амплитуда тремора существенно зависит от положения исследуемого звена и функционального состояния ЦНС, в частности ФМ.

Гипотезы о происхождении и значении тремора весьма многочисленны и

разнообразны. Так, например, происхождение тремора связывается с неполным тетанусом, инертностью саркоплазмы, игрой антагонистов, усилением импульсации из коры головного мозга в такт колебаниям α -ритма, необходимостью компенсации гемодинамических сдвигов и т.д. Согласно одной из гипотез происхождения тремора, которую предложил В. С. Гурфинкель с соавторами, низкочастотный компонент тремора (1-3 Гц) отражает регуляцию удержания определенного положения сустава, а высокочастотный (7-9 Гц) - активность отдельных нейромоторных единиц в мышцах, обеспечивающих поддержание этого положения сустава. Отсюда следует, что колебания вблизи 10 Гц, которые мы регистрировали в своих испытаниях у лиц с фазическим типом регуляции ЦНС, могут быть напрямую связаны с адренергической нейротрансмиттерной системой и симпатической нервной системой. Индексы СИМ (характеризуют состояние симпатической ВНС) всегда у таких лиц повышены. Особенно велики эти показатели у таких лиц после повышения активности нейромоторного системного комплекса (но только до периода утомления). Последнее можно легко зарегистрировать после выполнения физических упражнений (нагрузка должна быть существенной и активной – тяжелая атлетика, специальные упражнения статического или динамического характера), при которой еще не развивается мышечное утомление.

В работах Серебряковой Н. Г. и др. определена взаимосвязь между функциональным состоянием НМС и спектральной структурой микродвижений пальцев конечности. Этими исследователями были выявлены наиболее информативные составляющие спектра тремора при различных режимах мышечной активности. Соответственно этому в спектральной структуре тремора выделили "тоническую" и "фазическую" составляющие (7.5-10.5 Гц и 10.5-12.5 Гц). В покое "тоническая" составляющая является доминирующей. Однако при незначительном напряжении мышц активизируется "фазическая" составляющая. При продолжительном или патологическом напряжении мышц увеличивается мощность спектра в диапазоне 12.5-22 Гц, что коррелирует с клиническими состояниями, сопровождающими формирование мышечных компенсаторных процессов. Отметим при этом, что для регистрации тремора использовались акселерометрические датчики, у которых существуют проблемы с регистрацией колебаний низких частот.

При сильном переохлаждении возникает характерный произвольный тремор, связанный с осцилляторным сокращением различных мышц (человека начинает трясти). С произвольным сокращением мышц связан и тремор, возникающий при удержании позы тела. Эти движения могут возникать в любой части тела, но обычно они отмечаются в шее, предплечьях и кистях рук. У большинства людей сильный тремор возникает в состоянии стресса, выраженного утомления в спорте, употребления большого количества кофеина или препаратов, при которых тремор является следствием их побочного действия. Это связано с влиянием ЦНС (в первую очередь) на возбудимость мотонейронов и рецепторного звена, т.е. тоническими или фазическими эффектами ФМ на мышцы.

В настоящей работе обучаемому предлагается исследовать особенности организации произвольных движений (тремора) испытуемого в условиях дозированной мышечной нагрузки и без таковой. Испытуемый должен удерживать фиксированное расстояние между своим пальцем (с металлической пластиной) и датчиком сигнала, сначала в отсутствии таковой, потом с таковой (металлическая пластина на руке). Испытуемый должен сделать спектральный анализ треморограммы в 3-х случаях и сделать вывод о характере изменения максимальных частот до и после нагрузки. Треморogramму приложить к отчету.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради. Обратите особое внимание на комплекс параметров, вызывающий изменение характеристик тремора.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Задание 1.
ЗАКОН ВЕБЕРА – ФЕХНЕРА

Цель работы.

Ознакомиться с основами процессов рецепции и законами их описывающими.

Обучаемый должен знать:

1. Свойства анализаторов и закон Вебера- Фехнера.
2. Строение и функции зрительного и слухового анализаторов.
3. Биофизические основы фоторецепции.

Обучаемый должен уметь:

1. Проверить закон Вебера- Фехнера для рецепторов давления.
2. Выполнить статистическую обработку результатов измерений.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Работа фоторецепторов и рецепторов слуха дает нам основную информацию об окружающем мире. Особое значение фоторецепции для понимания единства процессов в растительном и животном мире. Биофизика анализаторов лежит в основе физиологии трудовых процессов и является фундаментом для понимания патологических процессов в психиатрии, мед. психологии, валеологии.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 6 часов, из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторные занятия и 2 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров П.О. Практикум по физиологии и биофизике органов чувств- анализаторов.- М.: Высшая школа, 1973.- 304с.
2. Кейдель В.Д. Физиология органов чувств.- М.: Медицина, 1975.- 216с.
4. Владимиров В.А. и др. Биофизика.- М.: Медицина, 1983.- С. 244- 252.
5. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х т.- М.: Высшая школа, 1987.- Т.2, с. 187- 292

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ
“САМОПОДГОТОВКА”**

Цель этапа.

Теоретически изучить строение и функции основных анализаторов. Изучить свойства и механизмы функционирования зрительных рецепторов и тактильных рецепторов.

Для самоконтроля ответьте на вопросы:

1. Что такое раздражимость и раздражители? Каковы их параметры?
2. Охарактеризуйте 3-х компартментную схему анализатора.
3. Какие методы изучения анализаторов Вы знаете?
4. Охарактеризуйте свойства анализаторов.
5. Сформулируйте закон Вебера-Фехнера.

6. Охарактеризуйте особенности фоторецепции.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ:
“Выполнение лабораторной работы”

Цель этапа.

Проверить закон Вебера- Фехнера для тактильного анализатора.

Для достижения цели необходимо:

1. Положить на тыльную сторону ладони пластинку №1 (массой m_1) и, последовательно меняя и увеличивая величину тестирующего груза Δm (брать пинцетом!), зафиксировать пороговое значение Δm_1 для груза m_1 (когда возникнут четкие ощущения).

2. Взять вторую пластинку m_2 ($m_1=m_2$), положить на первую m_1 и повторить опыт с измерением Δm_2 . Убедиться, что $\Delta m_2 \cong 2\Delta m_1$.

3. Повторить опыт и измерения с пластиной $m_3=m_1$ и проверить- будет ли $\Delta m_3 \cong 3\Delta m_1$ или нет?

4. Рассчитать с какой абсолютной и относительной погрешностью выполняется закон Вебера- Фехнера для тактильного анализатора,

$$\Delta m_1/m_1 \cong \Delta m_2/(\Delta m_1+m_2) \cong \Delta m_3/(m_1+m_2+m_3).$$

Аналогичные измерения можно произвести и для слухового анализатора, причем ΔI необходимо задавать с помощью ручки регулятора громкости. В этой связи вопрос: почему хорошую музыку не рекомендуют слушать громко? Подтвердите это законом Вебера для слухового анализатора.

Блок информации

Для любого живого организма характерно свойство раздражимости, т.е. способность отвечать на раздражение. Последнее обеспечивается адекватными для данного рецепторного аппарата раздражителями (световые, механические, электрические, химические и т.д.). Любое раздражение имеет свои основные параметры (интенсивность, длительность, градиент и т.д.), которые оцениваются (проявляются) в деятельности анализаторов. В свою очередь анализатор (как система) состоит из 3-х частей (звеньев)- периферический конец, проводник и корковый конец.

Первое звено- рецепторы- обеспечивает восприятие специфических форм энергии, которые для рецептора являются адекватными раздражителями. Например, для рецептора уха- это механические колебания от 16 до 25 000 Гц. Второе звено- проводниковое- обеспечивается работой афферентных нервов. Коровое звено- это третья часть анализаторов, в которой возникают ощущения и восприятия. То, что корковая часть- это в определенном смысле самостоятельная часть анализатора подтверждается фактом, что ощущения могут возникать и без раздражения (обусловлены изменениями в окружающей рецептор среде) и без возбуждения (оно обуславливается обменом веществ в организме вследствие раздражения), например во сне или при галлюцинациях. Известно также, что возможна работа периферического звена без коркового звена (жизнь без сознания).

Существуют различные методы исследования анализаторов и, в частности, рецепторного звена. Это методы условных рефлексов, хирургические методы, электрофизиологические методы, анализ косвенных реакций (детектор лжи), сравнительно- физиологический метод, клинический метод, биохимические и биофизические методы и т.д.

К основным свойствам анализаторов относятся: чувствительность (возбудимость) - характеризует способность анализатора реагировать на раздражение (при возбудимости может быть реакция ниже порога чувствительности). Отметим, что порог T и чувствительность S связаны соотношением $S=1/T$. Далее, реактивность живой системы проявляется в ответах на раздражения до возникновения распространяющегося возбуждения. Возбудимость проявляется в возникновении распространяющегося возбуждения, а адекватность- в избирательности внешних стимулов (раздражений). Наконец, эффективность оценивается конечным эффектом работы анализатора (например, количеством слюны).

Биофизический метод в исследованиях анализаторов позволяет установить ряд количественных закономерностей. В 1834г. Э.Вебер установил для ряда анализаторов закон постоянства отношения $\Delta I/I$, где ΔI - минимальный воспринимаемый прирост раздражения к его исходной величине. Позже Фехнер доказал, что минимальный прирост ощущения dS зависит от соотношения величин раздражения R по формуле

$$dS=CdR/R,$$

где C - константа пропорциональности. Отсюда, после интегрирования получим

$$S=K \ln R/r,$$

где r - величина раздражения, равная абсолютному порогу. Отметим, что при $R=r$ имеем $S=0$. Если принять r за единицу измерения, то

$$S=K \ln R$$

Рассмотрим строение и функционирование ряда рецепторов. Один из наиболее интересных в эволюционном плане- это фоторецепторы. Они уже сравнительно хорошо изучены в настоящее время. В частности, недавно открытый в пурпурной мембране (ПМ) галофильных бактерий бактериородопсин (Бр) с молекулярной массой 26 000- объект весьма пристального внимания ученых (В. Стокениус, 1971г.). Каждая молекула Бр содержит один хромофор- ретиналь (полиеновый альдегид) в комплексе с белком (опсином), который преобразует энергию $h\nu$ в перемещение H^+ через мембрану и синтезируется АТФ. Все это ионные и ферментативные процессы, они сходны с фотосинтезом.

Пурпурные мембраны (ПМ) содержат: 75% белка, 25% липиды (фосфо- и гликолипиды). Причем существенно, что хромофор белка- ретиналь содержится в соотношении с белком 1:1. Важно, что максимум поглощения сдвигается после освещения светом от 560нм к 570нм с переносом протона через мембрану посредством 6-ти промежуточных состояний с участием ионового кольца.



При освещении H^+ освобождается и выходит во внешнюю среду. Причем поглощение света обеспечивает сдвиг электронной плотности и поляризацию белкового окружения ретиналя. Существенно, что выброс протона происходит на внешней стороне ПМ, а захват - на цитоплазматической. Таким образом внешняя среда закисляется и роль протонной помпы выполняет Бр. Одновременно установлено, что при освещении суспензии галобактерий увеличивается содержание АТФ в клетках и тормозится дыхание. Фотоиндуцированный перенос протонов через ПМ сопровождается электрогенезом, т.е. образованием на мембране фотопотенциала.

Фоторецепция позвоночных имеет определенные особенности. В частности, трансформация энергии света в фоторецепторный сигнал у позвоночных происходит в палочках и колбочках. Палочки способны генерировать сигнал в ответ на 1 квант света. Они состоят из дисков (до 1500 шт.), разделенных мембранами толщиной 15- 16нм. Мембрана образована фосфолипидным бислоем со встроенным родопсином.

Палочки обеспечивают сумеречное зрение! Родопсин- хромопротеин ($M=40\ 000$), гидрофобный фрагмент которого находится внутри рецепторной мембраны, а гидрофильный компонент ($12\ 000$) - снаружи. Хроматофор родопсина тоже ретиналь- половина молекулы β - каротина. При освещении родопсин обесцвечивается и максимум сдвигается с 500нм в коротковолновую область, в отличие от бактериородопсина.

В наружном сегменте много ненасыщенных жирных кислот, поэтому необходима защита от перекисного окисления с помощью α - токоферола. Его недостаток приводит к образованию перекисей. При освещении родопсин переходит в изородопсин (9- цис) и далее наблюдается обратное восстановление за счет биохимических реакций.

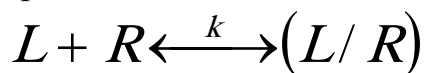
В фоторецепторной клетке на один поглощенный родопсином $h\nu$ в плазматической мембране блокируется 100- 300 Na^+ - каналов (время открытия канала 200- 300мс). Одновременно внутриклеточно выделяется медиатор в цитоплазме наружного сегмента вследствие чего блокируются Na^+ - каналы. Предполагается, что существуют посредники (например Ca^{2+} и циклические нуклеотиды), которые при освещении выбрасываются изнутри фоторецепторных дисков, блокируют Na^+ - каналы а затем активно "закачиваются" внутрь. По другой гипотезе нуклеотид цГМФ в темноте поддерживает Na^+ - каналы открытыми, а при освещении их закрывает. Возможный медиатор- фосфоинозитол.

Следует отметить, что во многих случаях рецепция осуществляется за счет

химических посредников. Это в частности, могут быть гормоны, регуляторные пептиды. При этом важно появление этих веществ и их доставка (транспорт) к специальным клеточным структурам- рецепторам. На втором этапе происходит "узнавание" этих молекул специальными механизмами. Наконец 3-й этап завершается определенным действием рецепторного органа- или генерацией электросигнала (например, при хеморецепции) или выработкой секретируемого продукта.

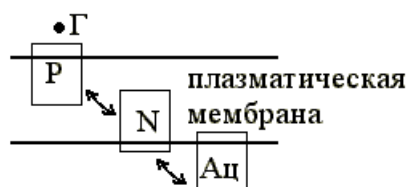
Г. Адамс и М. Дельбрюк (1968г.) показали, что скорость транспорта может ускоряться в зависимости от области пространства (размеров) и размера мишени a , например, по закону $\tau = b^3 / (3aD)$, где D - коэффициент диффузии, τ -среднее время диффузии молекулы переносчика.

Процессы связывания молекулы лиганда (гормона, пахучего вещества, нейромедиатора) с рецептором подчиняется обычным законам химкинеки с образованием лиганд- рецепторного комплекса, т.е.



где $k=1/K_{\text{дис}}$ величина обратная равновесной константе диссоциации. Для гормон- рецепторных комплексов константы сродства лежат в интервале 10^8 - 10^{11} M^{-1} .

Существует также гормональная рецепция. Отметим, что многие рецепторы гормонов находятся в плазматической мембране клеток. Исключением из этого правила являются стероидные гормоны, рецепторы которых находятся внутри клетки. Многие пептидные гормоны и котехоламины преобразуются в процессе активации мембранного фермента аденилатциклазы. Этот фермент катализирует синтез регуляторного нуклеотида- циклического АМФ (цАМФ). В клетках эукариот цАМФ активизирует его зависимые протеинкиназы, которые фосфорилируют функциональные или структурные протеины. Как результат- ингибируется или активизируется синтез специфических биомолекул. Последние могут изменять транспорт ионов, механическую активность клеток и вызывать другие ответные реакции. Сигнал гормона в сигнал цАМФ преобразуется в плазматической мембране за счет взаимодействия рецептора, регуляторного N- белка и аденилатциклазы (N- белок влияет на активность Ац) по схеме:



При этом происходит попарное образование Р- N и N- Ац. Существенно, что состояние липидного бислоя влияет на скорость этих реакций образования. Например, действие лазера существенно влияет на коэффициенты латеральной диффузии рецепторов, вызывая фотоокисление. Установлено, что коэффициент диффузии D , входящий в уравнение Фика $\partial c / \partial t = D \nabla^2 c$ зависит от радиуса

лазерного луча R по закону $D = \left(R^2 / 4\tau \right) \gamma$, где τ - время полувосстановления флуоресценции, γ - параметр.

Восприятие запаха осуществляется обонятельной выстилкой полости носа у высших позвоночных и обонятельными клетками у низших. Разделяют жгутиковые клетки (все наземные и многие первичноводные) и микровилярные (хрящевые и двоякодышащие рыбы). Первые типы клеток заканчиваются утолщениями- булавами, содержащими трубчатые фибриллы или микроворсинки с сократимыми трубочками. Считается, что на них и располагаются белковые молекулы, ответственные за восприятие. По теории Райта запах обусловлен избирательным восприятием электромагнитных колебаний молекул пахучих веществ. Дж. Эймур выделил 7 первичных запахов (камфорный, острый, эфирный, цветочный, мятный, мускусный и гнилостный) и рассчитал размеры рецепторных лунок, воспринимающих эти запахи. Показано, что острый запах дают молекулы с большим сродством к электрону, гнилостный- нуклеофильные соединения и т.д. Если молекула может попасть в несколько специфических лунок, то получаем смешанный запах. Эймур синтезировал молекулы с заранее предсказанным запахом. Результаты взаимодействия молекулы с рецептором- генерация ЭП (регистрируется электроольфактограмма, olfacto- обоняю).

Вкусовая рецепция обеспечивается вкусовыми луковицами. У рыб эти рецепторы находятся на поверхности тела, а у нас во рту, на губах, пищеводе и т.д. На концах этих клеток находятся микроворсинки, содержащие специфические белки. Эти белки- рецепторы формируют у нас 4-е основных вкуса: горькое, соленое, сладкое, кислое. Сейчас выделены белки и рецепторы сладкого (монеллин, тиуматин и миракулин) и их антагонисты (гимнемовые кислоты и зизифин). Монеллин (белок, $M = 10\ 000$) в 3000 раз слаще сахарозы, способен вызывать электрический сигнал на мембране вкусовой луковицы.

В настоящей работе Вам предлагается изучить некоторые закономерности функционирования тактильного анализатора, который можно представить как обычную 3-х компартментную систему (периферическое звено- рецептор с проводящей системой, центральное звено и эфферентный компартмент).

Проверку закона Вебера- Фехнера можно проводить и при механическом раздражении кожи. Например, таким образом: стеклянная пластинка, согретая до температуры тела, укладывается на кисть руки, предплечье или спину. Исследуемый не должен на неё смотреть и вообще не должен знать о действиях экспериментатора. На пластинку осторожно накладывается гиря 1г, к ней добавляются разновесы по 0,1г и исследуемый должен сообщить . когда почувствует изменение давления. После отыскания минимального воспринимаемого прироста отягощения ΔI исходный груз 1г заменяют другим, повторяют те же наблюдения для ряда I , например, 1, 2, 10, 50, 100, 500, 1000, 2000 и 3000г. Полученные данные сводятся в таблицу. Для каждого случая вычисляют $\frac{\Delta R}{R}$ и сравнивают.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения III этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради. Обратите особое внимание на параметры, влияющие на рецепцию.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Задание 2.

ИЗМЕРЕНИЕ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРИОДОВ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ

Цель работы.

Ознакомиться с основами процессов рецепции и законами их описывающими.

Обучаемый должен знать:

1. Свойства анализаторов и закон Вебера- Фехнера.
2. Строение и функции зрительного и слухового анализаторов.
3. Биофизические основы фоторецепции.

Обучаемый должен уметь:

1. Измерять латентные периоды сенсомоторных реакций.
2. Выполнить статистическую обработку результатов измерений.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

Работа фоторецепторов и рецепторов слуха дает нам основную информацию об окружающем мире. Особое значение фоторецепции для понимания единства процессов в растительном и животном мире. Биофизика анализаторов лежит в основе физиологии трудовых процессов и является фундаментом для понимания патологических процессов в психиатрии, мед. психологии, валеологии.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 6 часов, из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторные занятия и 2 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров П.О. Практикум по физиологии и биофизике органов чувств- анализаторов.- М.: Высшая школа, 1973.- 304с.
2. Кейдель В.Д. Физиология органов чувств.- М.: Медицина, 1975.- 216с.
3. Владимиров В.А. и др. Биофизика.- М.: Медицина, 1983.- С. 244- 252.
4. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х т.- М.: Высшая школа, 1987.- Т.2, с. 187- 292.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ “САМОПОДГОТОВКА”

Цель этапа.

Теоретически изучить строение и функции основных анализаторов. Изучить свойства и механизмы функционирования зрительных рецепторов.

Для достижения цели использовать блок информации из предыдущей работы.

Ответьте на вопросы:

1. Чем отличается фоторецепция бактерий от фоторецепции человека?
2. Охарактеризуйте основные блоки гормональной рецепции.
3. Механизмы восприятия запаха.
4. Охарактеризуйте 3-х компартментную систему сенсомоторной рецепции.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ:

“Выполнение лабораторной работы”

Цель этапа.

Определить время латентных периодов зрительного и слухового анализаторов.

Для достижения цели необходимо:

I. С помощью ЭВМ войти в файл Р-тест и внимательно ознакомиться с прилагаемыми инструкциями для выполнения измерений длительности сенсомоторных реакций. Выполнить 10 измерений латентных периодов аудиомоторных реакций и зрительно- моторных реакций у одного и того же испытуемого. Сравнить полученные данные для одного испытуемого и затем для 2-х разных испытуемых. Сделать выводы по результатам экспериментов.

II. Оформить протокол наблюдений и подписать его у преподавателя.

В целом в настоящей работе Вам предлагается изучить некоторые закономерности функционирования зрительного анализатора, который можно представить как обычную 3-х компартментную систему (периферическое звено-рецептор с проводящей системой, центральное звено и эфферентный компартмент). Вам предлагается изучить статистические закономерности сенсомоторных реакций зрительного и звукового анализаторов, когда на вход системы мы подаем зрительный или слуховой сигнал, а на выходе регистрируем моторную реакцию (нажатие клавиши на ЭВМ). В целом, предлагается выполнить по 10 опытов отдельно для зрительного и слухового анализатора и сравнить их латентные периоды с доверительными интервалами. Сделайте выводы о скоростях реакций.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради. Обратите особое внимание на параметры, влияющие на рецепцию.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Лабораторная работа № 2.7.
**БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В АСПЕКТЕ
ТЕОРИИ ХАОСА И СИНЕРГЕТИКИ**

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Три основных метода идентификации параметров порядка для БДС.
2. Различия между детерминистским, стохастическим и хаотическими подходами в изучении биосистем.

Обучаемый должен уметь:

1. Формально (математически) определять параметры порядка (ПП) БДС в рамках системы “черный ящик”, с помощью нейросетей и методами теории хаоса.
2. Рассчитать параметры аттракторов метеофакторов Югры.
3. Определять ёмкостные свойства биотканей.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Теория хаоса и синергетики (ТХС) – новое (третье) направление в изучении биосистем разного уровня. Это наиболее правомерный и обоснованный подход – закономерное развитие естествознания на современном этапе. Знание сущности этих новых биофизических методов, их возможностей, умение применять их на практике, необходимо любому биологу или экологу. Особенно это касается Югории, где экофакторы имеют выраженный хаотический характер в динамике своего поведения.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 7 часов. Из них 2 часа- лекции, 2 часа- лабораторные занятия и 3 часа- на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П. и др. Патология человека на Севере.- М.: Медицина, 1985.
2. Агаджанян Н.А., Ермакова Н.В. Экологический портрет человека на Севере.- М.: "КРУК", 1997.- 208с.
3. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е.. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды. // ВНМТ – 2007 – Т. XIII, №2 – С. 39-41.
4. Малинецкий Г.Г. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. - М.: Наука, 1997 (2-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2000).
5. В.И. Хаснулин и др. - Новосибирск: Бюллетень СО РАМН №3 (117), 2005г. Подходы к районированию территории России по условиям дискомфорта окружающей среды для жизнедеятельности населения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 1- МУ ЭТАПУ

"Самоподготовка"

Цель этапа.

1. В чем отличие подхода ТХС от детерминистского и стохастического?
2. Что общего между детерминистским и хаотическим подходом?

3. Охарактеризуйте понятия: параметры порядка (ПП), русла, области джокеров, джокеры и точки катастроф (ТК).
4. Как в компартментно – кластерном подходе определяются параметры порядка и точки катастроф?
5. Как используются нейросети для идентификации ПП?
6. Что такое аттрактор и как находятся его параметры (какие именно Вы знаете)?
7. Что такое фазовое пространство (ФП) и как находятся его минимальная размерность?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 2- МУ ЭТАПУ

Выполнение лабораторной работы

Цель этапа.

Для выполнения этого этапа ознакомьтесь с блоком информации и программой на ЭВМ (“Chaos”) для расчета параметров аттракторов. Введите блок данных в 3-х мерное фазовое пространство (X_1 – температура, X_2 – атмосферное давление, X_3 – частота обращаемости населения по поводу артериальной гипертензии) и получите данные аттракторов на ЭВМ для января и марта, а также июля и октября. Сравните значения общего объема параллелепипеда (ограничивающего аттрактор), значения Z_s , θ для этих месяцев и сделайте вывод о различиях.

Что Вы можете сказать о хаотической динамике этого 3-х мерного вектора биосистемы (популяция жителей Федоровского) и метеофакторов среды ($m=3$, X_1 , X_2 , X_3).

Блок информации

Создание теоретических основ ТХС и разработка формального анализа синергизма в биологических динамических системах (БДС), к которым относятся и все ФСО человека, составляет основу развития современного естествознания. Однако, при этом возникают весьма сложные задачи формализации процедуры идентификации параметров порядка (ПП) и русел (Р), описывающих динамику поведения вектора состояния биосистемы (ВСБ) в m – мерном фазовом пространстве состояний. Следует отметить, что после идентификации ПП и Р мы уже работаем в k – мерном пространстве признаков БДС, т.к. параметры порядка определяют только наиболее важную часть компонент x_i ($i=1, \dots, k$) из всего набора компонент ВСБ $x=(x_1, \dots, x_m)^T$.

Основу системного синтеза как раз и составляет теория отыскания параметров порядка и русел, минимальной размерности k подпространства состояний, в котором можно бы было весьма полно и прогнозируемо описывать динамику поведения вектора состояния организма человека (ВСОЧ) или любой другой биосистемы. Последний в m – мерном фазовом (общем) пространстве состояний мог бы описывать довольно точно саногенез или патогенез любого организма, любого человека, но работать с такими большими размерностями ($m>1000$, например) весьма неудобно, дорого (на одну полную диагностику уйдет много

средств и времени), но и главное - это не нужно делать. Достаточно выявить параметры порядка x_i (где $i=1, \dots, k$) и идентифицировать русла.

В медицине это делается постоянно на любых этапах работы врача. Например, при обращении к терапевту последний обязан выполнить идентификацию минимум четырех признаков ($k=4$), т.е. определить температуру тела пациента ($t^\circ\text{C}=x_1$), систолическое артериальное давление ($x_2= \text{САД}$), диастолическое давление ($x_3= \text{ДАД}$) и измерить частоту сердечных сокращений ($x_4=\text{ЧСС}$). Во многих случаях эти параметры порядка должны измеряться для определения временной нетрудоспособности пациента. В более сложных случаях приходится расширять пространство признаков, увеличивать размерность k , т.е. переходить от k к k_1 или k_2 и т.д. В биологии такие задачи тоже имеются и решаются аналогично.

Увеличение размерности пространства состояний k должно сопровождаться идентификацией конкретного заболевания. Если диагноз будет поставлен правильно и будет выявлена нозологическая единица, то и в этом случае возникает проблема: какие координаты ВСОЧ следует наблюдать в дальнейшем, на какие x_i обратить особое внимание, какие из них можно считать параметрами порядка?

Следует отметить, что в рамках классического подхода европейской медицины этот вопрос часто и не стоит особо остро. У врача есть стандартные методики, должностные инструкции и правила (учебники, научная литература) по клинике данного заболевания и он работает в рамках этих стандартных правил. Однако, в восточной медицине работает другой подход. Он основан на индивидуализации заболевания. В рамках биофизики и клинической кибернетики это означает, что у каждого пациента (даже если уже поставлен правильный диагноз) его ВСОЧ может иметь только ему (пациенту) присущие координаты.

Это очень необычно для европейской медицины, т.к. получается, что для каждого пациента будет своя размерность фазового пространства и свой набор ранжирования диагностических признаков (т.е. свои x_i и свое k_j , где j – номер пациента). На данном этапе развития медицины мы готовы говорить об эндемичности признаков, т.е. для каждой группы населения (проживающей в особых экологических условиях) современная медицина допускает разделения значимости диагностических признаков и измерение размерности фазового пространства. Однако, что бы говорить о такой индивидуализации для каждого пациента, то для современной медицины это пока не допустимо.

Вместе с тем с позиций ТХС – это уже свершившийся факт. Каждый человек, животное, растение индивидуальны, у каждого живого существа существует свой набор ПП и Р для саногенеза и патогенеза. Более того, протекание заболевания Z в возрасте 25 лет будет описываться другими (не совпадающими) параметрами x_i чем у того же пациента, но в 50 или 65 лет. Мы сейчас подходим к индивидуальной медицине, т.к. клиническая кибернетика позволяет уже это выполнять. Однако главная проблема системного синтеза – это формализация процедуры идентификации ПП и Р и она все – таки остается не разрешимой для

многих задач биологии и медицины.

На сегодняшний день существуют несколько подходов к решению этой проблемы. В частности, для ряда режимов поведения БДС в лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем (ЛББСС) при Сургутском государственном университете (СурГУ) такая проблема уже решена в виде создания специальных алгоритмов, зарегистрированных программ ЭВМ и разработки специальной теории идентификации частичного или полного синергизма в БДС и идентификации интервалов устойчивости БДС. Такие методы и программные продукты обеспечивают идентификацию ПП и Р для БДС, находящихся в стационарных (или квазистационарных в биологическом смысле) режимах функционирования. Они пригодны для компартментного и кластерного анализа БДС при дискретности мониторинга БДС (в режиме “стоп-кадр”). Наконец, они сейчас успешно применяются для идентификации параметров аттракторов и диагностики различий между стохастикой и хаосом в любом режиме поведения БДС.

В настоящей работе представляется фрагмент одного из трех созданных подходов в клинической кибернетике (конкретно нейрокомпьютерный подход) для идентификации ПП и Р с использованием нейросетевых технологий.

Следует отметить некоторую парадоксальность постановки и решения использования нейро – ЭВМ для идентификации параметров порядка. Действительно, нейросети и нейро – ЭВМ – это уже порождения хаоса и синергетики. Можно сказать, что дитя хаоса за счет собственной самоорганизации решает задачи созданные хаосом и самоорганизацией. Последнее означает, что любой ВСОЧ, фактически, находится в хаотической динамике. И если его отдельные координаты по поведению стоят ближе к стохастике, то наиболее важные жизненные функции прибывают в аттракторах хаоса (по своим фазовым координатам).

Например, многие показатели кардио – респираторной системы (КРС) находятся в аттракторах хаотических состояний. Это и ЧСС, САД и ДАД, показатели сипатотонии (СИМ) и парасимпатотонии (ПАР) и др. Это же относится и к показателям нервно – мышечной системы (НМС), в частности, к показателям тремора при удержании суставного угла и др. Биохимические показатели крови (белки, углеводы, жиры и другие параметры) существенно зависят от приема пищи, экофакторов среды и других факторов (экофакторы, которые хаотичны по своей сути). Все это образует хаотическую динамику движения ВСОЧ, которую надо как-то описывать, диагностировать в ней ПП и Р.

Упомянутый выше парадокс заключается в том, что и структуры и функции (точнее сказать функциональные связи внутри естественной или искусственной нейросети) имеют чисто хаотический характер. Например, нейро – ЭВМ, настраиваясь на решение определенной задачи, уже устанавливает чисто хаотические связи. И каждый раз эти связи различны и неповторимы, нейросеть хаотична по своей природе, но при этом она способна самоорганизоваться и решать весьма сложные задачи. Вот именно с этого момента, с создания уже человеком, а не природой этих принципов самоорганизации и возникли нейро –

ЭВМ и человек стал Криэйтором (создателем с большой буквы). Началась эпоха нейрокомпьютинга и нейросетевых технологий.

Возможности нейросетевых технологий пока еще непознаны, так же, как и возможности нашего мозга. Но можно уже уверенно говорить, что теория хаоса и синергетика начали жить своей формальной жизнью в современном естествознании, т.к. заработал аппарат решения задач естествознания. Возможно в будущем мы вообще отойдем от алгоритмизации любых задач, а синергетические машины будут решать любые проблемы человечества.

В настоящее время мы уже можем с помощью нейро-ЭВМ решать весьма сложные задачи системного синтеза. Для этого необходимо изначально иметь набор x_i (диагностических признаков), т.е. координат ВСОЧ для конкретного человека и для группы симптоматично сходных людей. Это могут быть больные одним заболеванием или просто контрольная группа для сравнения. При этом очень важно выбрать квалифицированно обучающие выборки, у которых бы параметры x_i группировались внутри компактного аттрактора.

В целом, разработанные методы ранжирования диагностических признаков и идентификация параметров порядка и русел нами выполнена в трех вариантах. Во-первых, на базе программ ЭВМ, которые идентифицируют V и g_{xy} и позволяют методом исключения убирать те x_i из общего списка, которые не оказывают существенного влияния на значения параметров аттрактора. Во-вторых, для стационарных состояний БДС в режиме возмущающих воздействий можно получить выходные марковские параметры и по ним найти минимальную модель БДС (с ПП и Р).

Наконец, существует и третий подход, который основан на нейросетевых технологиях. Рассмотрим более подробно новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды.

Как уже указывалось выше, базовыми проблемами молодой науки синергетики являются проблемы идентификации параметров порядка и русел различных динамических систем и проблемы диагностики превалирования хаотических или стохастических режимов поведения u , например, биологических динамических систем (БДС). И если первая уже решена усилиями лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем (ЛББСС) СурГУ для БДС, находящихся в стационарных режимах, то второй блок проблем продолжает оставаться нерешенным на уровне формального (алгоритмизируемого) решения. Решению этих проблем и посвящается настоящая работа на примере параметров экосреды. Существенно, что разработанный подход может быть использован и для оценки состояния функциональных систем организма (ФСО) человека, других систем.

Известно, что сейчас теория хаоса и синергетики (ТХС) подошла к пониманию природных процессов в терминах русел и параметров порядка, когда вектор состояния биологической динамической системы описывается в некоторых подпространствах, меньшей размерности k . Например, для характеристики климата мы можем использовать три параметра, которые достаточно полно дают оценку экологического состояния территории и климата.

Обычно для этих целей используют три основных показателя: температуру воздуха T° (в градусах Кельвина), влажность R (обычно используют относительную влажность) и атмосферное давление P . Именно эти три параметра могут характеризовать любую территорию с экологической точки зрения или климатической и именно они могут задавать параметры порядка экосреды и влиять на динамику вектора состояния организма человека (ВСОЧ).

Так, например, для территории с низкой годовой температурой мы можем говорить об арктическом климате или о суровых зимах, жарком лете и т.д. В районах Земли, где низкая влажность, мы говорим об аридных зонах, а для больших R ($R \rightarrow 100\%$) мы говорим о тропических зонах с высокой влажностью и т.д. Если рассматривать эти показатели на больших интервалах времени (например, тысячелетия), то можно говорить о динамике климата (сухой и жаркий климат, или холодный и влажный и т.д.). Все эти характеристики приняты в экологии и широко используются для определения параметров отдельных территорий или даже целых континентов.

В рамках ТХС и с использованием компьютерных технологий в НИИ БМК был выполнен анализ динамики поведения вектора состояния экосреды в m -мерном (т.е. многомерном) пространстве состояний, на основе которого мы сделали обоснование и разработали критерии оценки различий между стохастической и хаотической динамиками поведения параметров метео- и экофакторов среды обитания на примере г. Сургута. При этом, были разработаны критерии оценки различий между стохастическими и хаотическими процессами в многомерном фазовом пространстве путем анализа параметров многомерного параллелепипеда (его объема V , его геометрического центра x_c). ЭВМ за счет специальной программы в настоящее время рассчитывает координаты x_{ci} этого центра, расстояние r между точкой центра стохастического (координаты x_s) и хаотического центра (координаты x_c). После апробирования на многочисленных данных по состоянию метеофакторов и экофакторов среды Югры (на примере г. Сургута) было установлено, что чем больше расстояние между геометрическим и среднестатистическим стохастическим центром в фазовом m -мерном пространстве, тем ярче выражена мера хаотичности в динамике поведения вектора состояния экофакторов среды. Аналогичные данные были получены и при анализе динамики поведения ВСОЧ (для разных ФСО человека на Севере, которые подвергаются действию хаотически изменяющихся параметров среды – метеофакторов, экофакторов урбанизированных территорий).

Известно, что существующая традиционная методология описания стохастических процессов основываются, как правило, на распределении Гаусса. Нами был введен определенный параметр r (расстояние r , см. выше), который находился по формуле:

$$r = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{si} - x_{ci})^2}$$

(2.7.1)

Рассмотрим алгоритм диагностики на некоторых гипотетических примерах,

поясняющих различие между реальными гистограммами и гипотетической хаотической гистограммой (в виде одного прямоугольника). На примерной гистограмме (рис.2.7.1) представлено k -число интервалов разбиения ($k=5$), по одной из координат $x_i(i=1,2,\dots,m)$. Причем, для каждого их этих интервалов находится свое значение P_{ij} – частоты попадания случайной величины в интервал Δx_{ij} (m_{ij} – число результатов измерений, попавших в Δx_{ij} , а $P_{ij}=m_{ij}/n_i$, где n_i – общее число измерений). Для фазовой координаты x_i будем иметь некоторое усредненное значение $\langle P_i \rangle$, которое соответствует гипотетическому хаотическому распределению (вида “белый шум”). Тогда $\langle P_i \rangle = 1/k$. Введем понятие центра каждого интервала Δx_{ij} для каждой i – й координаты и j -го интервала из k : $\langle x_{ij} \rangle$ – центр j -го интервала для каждой координаты x_i общего фазового пространства находится из уравнения:

$$(x_{ij+1} + x_{ij})/2 = \langle x_{ij} \rangle$$

(2.7.2)

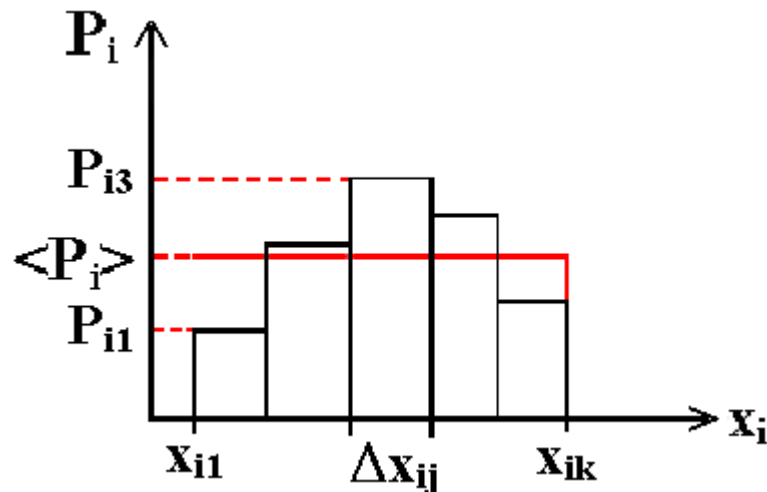


Рис.2.7.1. Пример соотношения между реальной (набор прямоугольников) гистограммой и гипотетической (характерной для хаоса в виде прямоугольника высотой $\langle P_i \rangle$).

Далее, если параметры изучаемой динамической системы (например, параметры ФСО или экофакторов ХМАО) в первом приближении могут укладываться в некоторый нормальный закон распределения вида:

$$f(x) = (1/\sqrt{2\pi}\sigma) * \exp[-(x - \bar{x})^2 / 2\sigma^2], \quad (2.7.3)$$

где D - дисперсия, σ – среднеквадратичное отклонение, $\sigma = \sqrt{D}$, $\bar{x} = \sum x_j / n$ - среднеарифметическая величина, то можно с помощью ЭВМ методом наименьших квадратов (МНК) рассчитать погрешность (т.е. переменную z_s) различий между функцией распределения Гаусса $f(x)$ и реальными гистограммами для всех координат x_{si} в m -мерном фазовом пространстве (по каждой координате x_{si} отдельно!). Полученные все m значений Z_s для всех погрешностей образуют некоторую характеристику отклонений $f(x)$ от реальных значений P_{ij} . При этом использовалась следующая формула (см. рис.2.7.1):

$$Z_{si} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (f(\langle x_{ij} \rangle) - P_{ij})^2},$$

(2.7.4)

где P_{ij} частота попадания случайной величины x_{is} в интервал Δx_{ij} , $\langle x_{ij} \rangle$ – центр интервала Δx_{ij} , k – число интервалов разбиения реальных интервалов изменения фазовых координат по каждой x_i , которые ограничены левыми и правыми значениями фазовых координат x_{imin} и x_{imax} . Они образуют некоторое множество, которое может быть стандартизовано (или откорректировано) в пределах всего m -мерного пространства. При этом $Z_s = \sqrt{\sum_{i=1}^m Z_{si}^2}$ дает общее

представление о различии между гистограммами и гипотетическим нормальным распределением во всем m – мерном пространстве.

Существенно, что нами составлена программа на ЭВМ, которая с помощью МНК позволяет подобрать такие минимальные (оптимальные) параметры (\bar{x}_i и σ_i) функции Гаусса, при которых погрешности по всем координатам фазового пространства Z_{si} будут минимальными и их средние значения тоже будут минимальными. При этом относительные погрешности по всем m координатам фазового пространства также минимизируются, т.е. $Z_{si} / [(x_i \min + x_i \max) / 2] = Z_{si}^0$

Если же система в своей динамике хаотична, то область (x_{i1}, x_{ik}) (см. рис. 2.7.1 – границы изменения фазовой координаты x_i для всех координат пространства) и всю гистограмму можно представить в виде прямоугольника (см. рис.2.7.1). Здесь средняя высота $\langle P_i \rangle$ определяется выражением:

$$\sum_{i=1}^k P_i = 1 \text{ и тогда } \langle P_i \rangle = 1/k$$

Далее, введем показатели:

$$\theta_{ci} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (1/k - P_{ij})^2} \text{ и } \theta_c^0 = \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_{ci}^2},$$

(2.7.5)

которые будут характеризовать меру различия между фактическим значением измеряемой величины (по конкретной координате x_i) и гипотетическим (предполагаемым) хаотическим значением (которому соответствует частота события $1/k$). Очевидно, чем меньше значение θ_c^0 , тем ближе истинный процесс попадает под определение хаотического процесса, который можно представлять, например, белым шумом с $P_i = const$.

Очевидно, что в хаосе гипотетическая гистограмма должна принять вид прямоугольника с основанием $x_{imax} - x_{imin} = \Delta x_i$ (т.е. каждое Δx_i состоит из Δx_{ij} , где $j=1, \dots, k$, а $i=1, \dots, m$) и одинаковой высотой $\langle P_i \rangle = const = 1/k$. Сама величина θ_{ci} дает абсолютную характеристику отличий фактического распределения СВ (т.е. реальной гистограммы) от гипотетического равномерного хаотического распределения (“белый шум”).

Отметим, что построение математических моделей суточных или сезонных

колебаний P , R , T обычно производится в рамках дифференциальных уравнений (ДУ) или разностных уравнений (РУ). В ряде случаев производится статистическая обработка результатов измерений, например, вычисляются мода, медиана, доверительный интервал, дисперсия, выполняется факторный анализ и т.д.

В рамках разрабатываемых в НИИ БМК новых подходов мы вынуждены работать с понятиями фазовых пространств и аттракторов, параметров порядка и русел, областей джокеров и кластеров устойчивости различных динамических систем. Новая трактовка получается и при оценке закономерностей в динамике метеофакторов и параметров климата.

Действительно, сейчас уже надо точно определять можем ли мы оценивать метеофакторы с традиционных позиций климата и периодики вращения Земли, или они представляют раздел хаотичной динамики? Однако постановка такой проблемы еще не означает ее решения. Это обусловлено в первую очередь тем, что синергетика и теория хаоса не выработали четких критериев деления процессов природы на стохастические или хаотические. Это значит, что в изучении метеофакторов с позиций стохастики или хаоса необходимо, прежде всего, определиться с методами идентификации хаоса или вероятностной оценкой любых динамических процессов.

В этой связи в НИИ БМК и разработали некоторые оценочные механизмы для классификации таких подходов и алгоритмы, которые позволили классифицировать любые динамические процессы. Отметим, что говорить о стохастике мы можем вполне однозначно, если на динамику природных процессов действуют некоторые факторы (одни или несколько) в рамках не синергических механизмов, направленных на достижение одного результата, единой цели управления. Примеров подобных процессов очень много в неживой природе и технике. Здесь мы можем говорить о жестких управляющих силах или о кооперации малых регуляторных систем, действующих в одном русле.

Например, свободное падение с ускорением g на Земле будет описываться в рамках распределения Гаусса с модой, дисперсией и доверительным интервалом. Можно сказать, что все законы физики, химии, ряд биологических законов протекают в условиях доминирования одного или нескольких синергических законов, а другие процессы (движение воздуха, флуктуации плотности и т.д. в свободном падении, например) оказывают весьма незначительное возмущение. Именно для таких процессов мы и имеем жесткое выполнение стохастических закономерностей.

Сейчас становится понятным, что если в системе действуют много законов (без доминантных), тем более если движущие силы процессов неоднородны и асинергичны, то говорить о стохастичности таких систем в их динамике нет смысла. Именно такие характерные объекты мы имеем в живой природе.

Любая живая система, отдельный организм и биосфера Земли в целом – это одна большая флуктуация, один большой хаос. Уже возникновение конкретного организма в данной точке пространства (например, рождение именно такого ребенка, именно у такой матери, именно в данное время) – это уже огромная

флуктуация, а точнее хаос. Сама жизнь на Земле – это гигантская флуктуация, которая существует в мире хаоса, в любой момент она может прекратить свое существование на нашей планете.

С другой стороны, любой организм и любое сообщество имеет такое огромное количество обратных связей, регулирующих устойчивость любой БДС, что говорить о превалировании чего-либо сейчас уже сомнительно. Мы понимаем, что это голый агностицизм, который противостоит современной детерминистско – стохастической науке. Ведь любая наука изучает, описывает и прогнозирует именно такие системы регуляции, базирующиеся на связях и взаимосвязях. На их основе возникают законы и закономерности, создаются методы лечения, поддерживается саногенез организма человека и т.д. И это все правильно за общим исключением: все это имеет место в среднем, статистически на небольшом промежутке времени, пока функционирует биосистема в пределах своего аттрактора саногенеза.

Как только организм отдельного человека, или популяция, или целая экосистема выходит за границы аттрактора нормы (попадают в области джокеров, выходят за границы устойчивости и русел), так сразу действуют другие законы или начинается хаос. В последнем случае мы не можем дать на будущее никаких прогнозов, новый аттрактор состояния БДС требует нового изучения, а о хаотичности таких процессов вообще говорить бессмысленно. Более того, число систем регулирования при этом может резко возрасти, а их законы могут быть вообще не установлены или их идентификация потребует огромных сил и временных затрат. Можно сказать, что БДС в точке катастрофы резко изменяет размерности ФА (обычно $m \rightarrow m_1$, где $m_1 \gg m$ или k). Возрастает размерность m вектора состояния БДС (ВСОЧ в частности). На этом основан метод идентификации ТК для БДС.

Таким образом, переход в область джокеров непредсказуем для любой БДС, а число регуляторных систем, удерживающих любую БДС в аттракторах состояний, может быть чересчур велико (без выделения доминантных, главных регуляторных систем). С этих позиций можно однозначно утверждать, что на планете Земля никогда не было, нет, и не будет 2-х одинаковых организмов! И речь идет не о генетике, а об организме как целой системе. Нет одинаковых (морфологически!) людей и их невозможно вычислить. Даже если это будут клоны, однояйцевые близнецы (и т.д.!), у них будут разные фенотипы.

Морфогенез любого человека – это не изготовление детали на заводе и не сборка машины на конвейере! Все люди разные морфологически и по реализации конкретных функций отдельных клеток, органов, ФСО, организма в целом. Влияние хаоса еще более существенно, если учесть хаотическую динамику действующих на человека экофакторов среды, т.е. хаос нас преследует от рождения до старости (стареет хаотически) и смерти. При этом меняются аттракторы движения ВСОЧ в ФП.

Рассмотрим конкретные примеры применения ТХС в биологии и экологии. Как известно, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра часто определяют как природную экстремальную зону, предъявляющую повышенные требования к

приспособительным возможностям организма и вызывающую существенные изменения в работе всех его систем. Суровость климата характеризуется длительной и жесткой зимой с очень низкими температурами; коротким и холодным летом с высокой влажностью воздуха; резкими перепадами атмосферного давления, температуры и влажности воздуха; сильными и частыми ветрами; магнитными возмущениями; бедностью флоры и фауны, особенностями питания, связанными с возможностями развития гиповитаминозов и т.д.

Здоровье людей, приехавших на север, очень часто отличается от нормы. Характерно особенное течение сердечно-сосудистых заболеваний, что связано с перестройкой и истощением регуляторных механизмов и функциональных систем (нарушением равновесия в вегетативной нервной системе в сторону ее парасимпатического отдела). В условиях севера человек вынужден, прежде всего, адаптироваться к холоду. В холодный период года организм жителей севера находится в состоянии напряжения, что связано с необходимостью поддерживать температурный гомеостаз на должном уровне. Состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) жителей севера в холодный период года характеризуется склонностью к усилению тонического напряжения периферических сосудов, повышением артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов. Сдвиги в деятельности ССС могут проявляться и развитием артериальной гипертензии.

В целом, воздействие погоды на организм человека осуществляется через формирование приспособительных реакций на уровне ЦНС и ВНС, через закрепление условно рефлекторного влияния. Отмечена корреляционная связь между изменениями температуры воздуха, относительной влажностью воздуха, атмосферного давления, магнитного поля Земли и психофизиологическими показателями – повышением максимального и пульсового давления, частотой сердечных сокращений, состоянием тревожности.

Среди климатических факторов одно из первых мест по степени воздействия на организм человека, прежде всего, сердечно-сосудистую систему (ССС), занимают непериодические, резкие сезонные, внутри и межсуточные перепады атмосферного давления и температуры воздуха. Установлено, что люди реагируют на изменение погоды не только в этот день, но и за 1 – 2 дня до и после перемены погоды. Хотя метеотропные факторы, стимулирующие ухудшение физиологического состояния людей, еще не изучены до конца, все же можно говорить о том, что действие погоды имеет сигнальный, а не прямой характер. Причем, необходимо учитывать влияние климатических факторов не по отдельности, а в их взаимодействии.

В современной трактовке естествознания оценке метеорологических факторов с точки зрения их биологического действия на организм человека и на ряд связанных с ними процессов уделяется большое и пристальное внимание. Однако остаются дискуссионными вопросы, которые связаны с методологией выполнения оценки изменения параметров. В частности, продолжаются дискуссии по методам оценки параметров экосреды с позиций теории хаоса с одной стороны и традиционных подходов в рамках теории вероятности и

математической статистики.

Динамика естественных явлений часто носит флуктуационный характер и единственной моделью их до недавнего времени считали случайные, вероятностные процессы. Предполагалось, что исследуемый процесс есть решение системы стохастических уравнений, которые содержат источник случайности, так называемый белый шум. И решения эти, как результат фильтрации этого шума, тем более хаотичны и непредсказуемы, чем выше его дисперсия. Однако уже давно наблюдались эффекты возникновения причудливых, неповторяющихся колебаний в автономных системах, не имеющих внешних возбудителей (например, в некоторых электронных приборах с обратными связями, в нелинейных оптических и механических системах).

Действительно, известно, что поведение природных хаотических систем протекает в рамках аттракторов состояний. Именно в таких аттракторах находятся показатели метеофакторов - температуры (Т), давления атмосферного воздуха (Р), и влажности (R) что весьма убедительно иллюстрируется в ряде наших примеров.

Таким образом, организм северян функционирует под воздействием довольно жестких климатических факторов, оказывающих влияние на состояние здоровья в силу того, что часть резервов кардио-респираторной системы задействованы в процессах адаптации и направлены на формирование приспособительных реакций гомеостаза. Работа ряда систем организма в таких условиях не может не приводить к более частому возникновению предпатологических и патологических сдвигов, особенно в тех системах и органах, в которых наиболее полно задействованы резервы и выражены адаптивные перестройки.

Объектом изучения НИИ БМК являлся п.г. Федоровский Сургутского района ХМАО с населением 18400 человек в аспекте исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы (анализ количества обращений за скорой медицинской помощью жителей по поводу артериальной гипертензии) на фоне динамики погодных условий в период 2005- 2004 гг.

Методы исследования основывались как на использовании ЭВМ и применении запатентованных авторских программ, разработанных в лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем при Сургутском государственном университете, так и традиционных подходов и методологий математической статистики. В рамках теории хаоса и синергетики был выполнен анализ динамики поведения вектора состояния организма ВСОЧ (частота случаев обращения по поводу артериальной гипертензии) человека для m -мерного фазового пространства состояний.

Для выявления оценки различий динамики поведения вектора состояния экосреды и обращаемости населения в 3-мерном фазовом пространстве состояний была выполнена обработка данных с использованием разработанного алгоритма - «Программы идентификации параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве».

В качестве системы рассматривалась модель 3-мерного фазового пространства, параллелепипед, внутри которого находится аттрактор поведения

параметров метеосреды и показатель частоты случаев обращения населения п.г. Федоровский по поводу артериальной гипертензии.

Далее, в рамках традиционных подходов и методов математической статистики был проведен анализ динамики погодных условий на примере п.г. Федоровский в период 2004 – 2005 гг. с расчетом индексов изменчивости погоды (ИИП) по данным температуры атмосферного воздуха ($K_{(t)}$) или атмосферного давления ($K_{(p)}$) для каждого месяца, а также корреляционный анализ между показателями индексов изменчивости температуры воздуха ($K_{(t)}$), атмосферного давления ($K_{(p)}$) и количеством обращений в скорую медицинскую помощь $N(a.g.)$ по поводу артериальной гипертензии с помощью программ DOV_INT.BAS и NCORREL.BAS.

За период 2004-2005гг год было зарегистрировано 1254 случая обращений жителей за скорой медицинской помощью по поводу артериальной гипертензии; рассчитаны индексы изменчивости погодных условий (по температуре ($K_{(t)}$) и атмосферному давлению ($K_{(p)}$)); определены устойчивые корреляционные зависимости частоты обращений жителей по поводу артериальной гипертензии ($N(a.g.)$) с метеопараметрами среды. Наибольшее количество обращений жителей г.п. Федоровский за медицинской помощью по поводу артериальной гипертензии наблюдалось в зимние и осенние месяцы года, что соответствует высоким значениям рассчитанных индексов ИИП.

Таблица 2.7.1

Значение индексов изменчивости погоды по температуре ($K_{(t)}$), атмосферному давлению ($K_{(p)}$) и количество обращений жителей г.п. Федоровский за неотложной медицинской помощью по поводу артериальной гипертензии ($N(a.g.)$) за 2004, 2005 гг.

Месяц	2004			2005		
	$K_{(t)}$	$K_{(p)}$	$N(a.g.)$	$K_{(t)}$	$K_{(p)}$	$N(a.g.)$
Январь	59	45	88	71	77	80
Февраль	62	69	79	36	68	83
Март	77	52	78	42	39	79
Апрель	23	43	67	57	27	76
Май	52	32	68	48	42	49
Июнь	47	20	52	20	43	54
Июль	6	16	27	26	23	53
Август	3	29	49	16	45	56
Сентябрь	17	47	55	23	43	65
Октябрь	39	45	44	29	45	53
Ноябрь	33	47	74	23	50	59
Декабрь	32	45	69	48	39	67

Здесь: $N(a.g.)$ - количество обращений жителей за медицинской помощью по поводу артериальной гипертензии; $K_{(t)}$ - индекс изменчивости погодных условий по температуре; $K_{(p)}$ - индекс изменчивости погодных условий по атмосферному давлению.

Находились значения индексов изменчивости погоды по температуре ($K_{(t)}$) и атмосферному давлению ($K_{(p)}$) на фоне обращений жителей по поводу артериальной гипертензии за период 2004-2005 гг., а в таблице 2 - установленные коэффициенты корреляции частоты обращения в зависимости от рассчитанных индексов изменчивости погодных условий ($K_{(t)}$, $K_{(p)}$). Большие значения индексов $K_{(t)}$ и $K_{(p)}$ отражают неблагоприятные для человека погодные условия и указывают на высокую вероятность ухудшения его самочувствия, а полученные значения коэффициентов корреляции $r_{(K(P),N(a.g.))}$ и $r_{(K(t),N(a.g.))}$ отражают устойчивую, высокую зависимость с погодными факторами.

Таблица 2.7.2

Значения коэффициентов корреляции частоты обращений жителей ($N(a.g.)$) г.п. Федоровский за неотложной медицинской помощью с индексом изменчивости погодных условий по температуре ($r(K_{(t)})$) и атмосферному давлению ($r(K_{(p)})$) в период 2004-2005 гг.

2004 г.			2005 г.		
N (а.г.)	$r_{(K(t),N(a.g.))}$	$r_{(K(p),N(a.g.))}$	N (а.г.)	$r_{(K(t),N(a.g.))}$	$r_{(K(p),N(a.g.))}$
750	0,6	0,7	774	0,5	0,6

Здесь: $N(a.g.)$ - количество обращений жителей за медицинской помощью по поводу артериальной гипертензии; $r_{(K(t),N(a.g.))}$ - коэффициент корреляции частоты обращений с индексом изменчивости погодных условий по температуре; $r_{(K(p),N(a.g.))}$ - коэффициент корреляции частоты обращений с индексом изменчивости погодных условий по атмосферному давлению.

Полученные результаты убедительно иллюстрируют тот факт, что в определении влияния экологического, в данном случае абиотического фактора (температура атмосферного воздуха и атмосферное давление) на организм человека необходимо определять не только его величину (абсолютное значение), но и режим, в котором он воздействует на организм (особенно параметры изменчивости).

Метод обработки данных (частота обращений жителей за медицинской помощью по поводу артериальной гипертензии на фоне влияния метеопараметров среды) с использованием авторской программы «Идентификации параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве» позволил увидеть траекторию вектора состояния исследуемой системы, визуализацию скорости изменения и амплитуды параметра, оценить меру стохастической и хаотической динамики метеотропных реакций человека на фоне влияния погодных факторов, а также определить размеры аттракторов состояний путем анализа параметров трехмерного параллелепипеда - его объема V , геометрического центра gx_i и хаотического центра (координаты x_c) всех его переменных (N , T , P) в 3-мерном фазовом пространстве состояний.

В качестве примера на рис. 2.7.2, 2.7.3 мы приводим некоторые фазовые портреты движения вектора состояний биологической системы (оценивается

обращение населения) в 3–мерном фазовом пространстве состояний в соответствующих координатах переменных для сезонов года с наибольшей (рис.2.7.2) и наименьшей частотой случаев обращения жителей (рис.2.7.3).

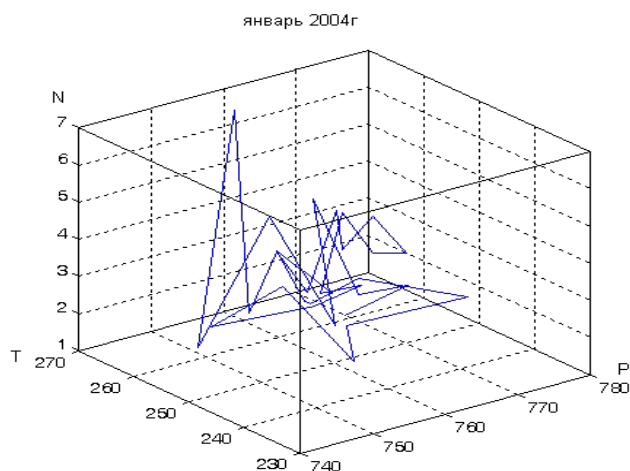


Рис.2.7.2. Суммарный аттрактор фазового пространства состояний, иллюстрирующий траекторию вектора обращаемости жителей г.п. Федоровский (N) по поводу артериальной гипертензии в сочетании с метеопараметрами окружающей среды (Т°К-температура, Р-атмосферное давление) для января 2004 г.

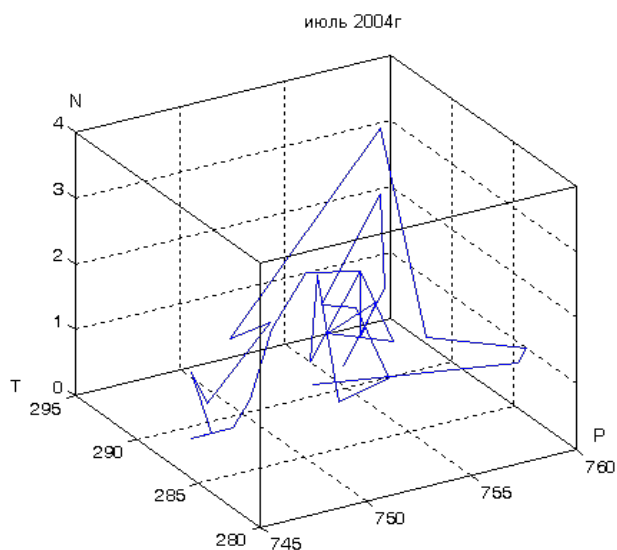


Рис.2.7.3. Суммарный аттрактор фазового пространства состояний, иллюстрирующий траекторию вектора обращаемости жителей г.п. Федоровский (N) по поводу артериальной гипертензии в сочетании с метеопараметрами окружающей среды (Т°К- температура, Р-атмосферное давление) для июля 2004г.

На рис.2.7.4-2.7.6. мы представляем гистограммы распределения значений переменных, а также коэффициент асимметрии выбранных фазовых параметров

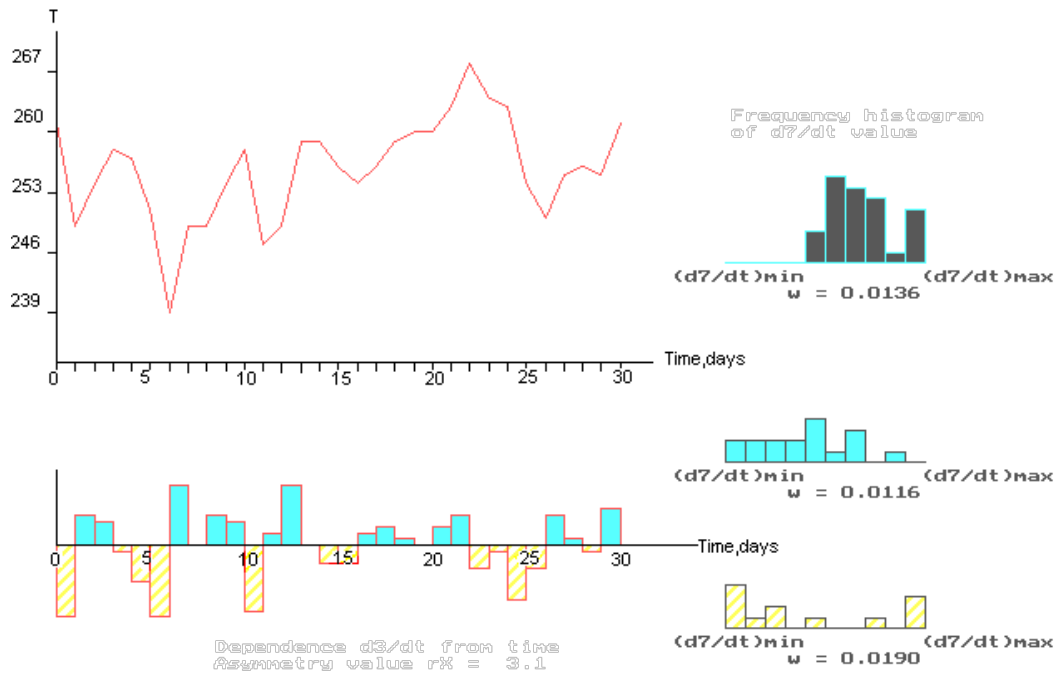


Рис.2.7.4. Иллюстрация суточных перепадов одной фазовой переменной ($T^{\circ}K$ -температура) по выборке месячной усредненной регистрации за январь 2004 г.

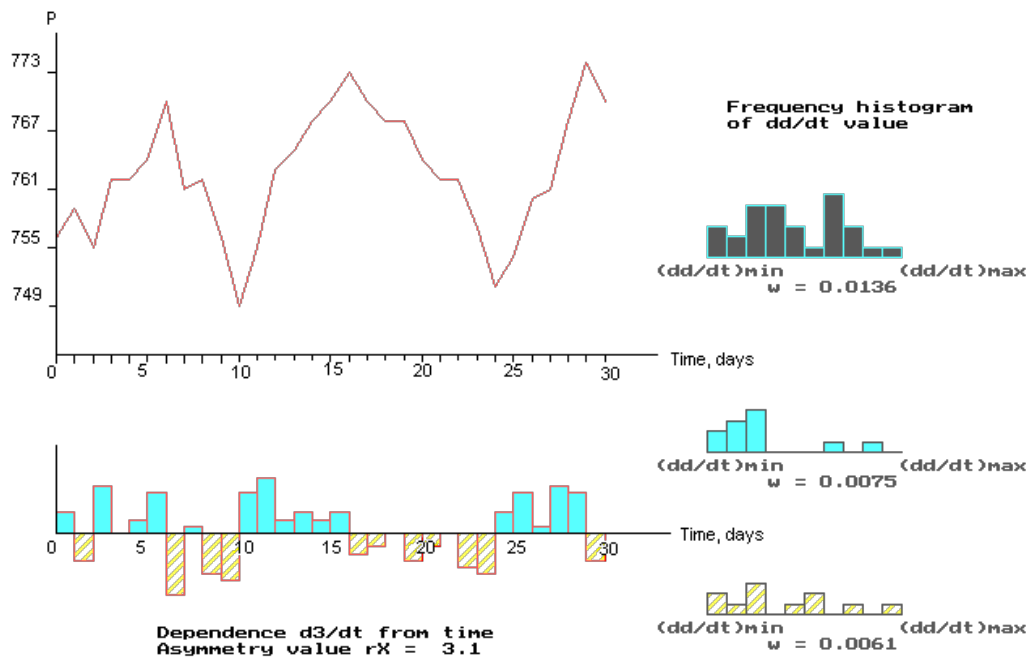


Рис.2.7.5. Иллюстрация суточных перепадов одной фазовой переменной (P - атмосферное давление) по выборке месячной усредненной регистрации за январь 2004г.

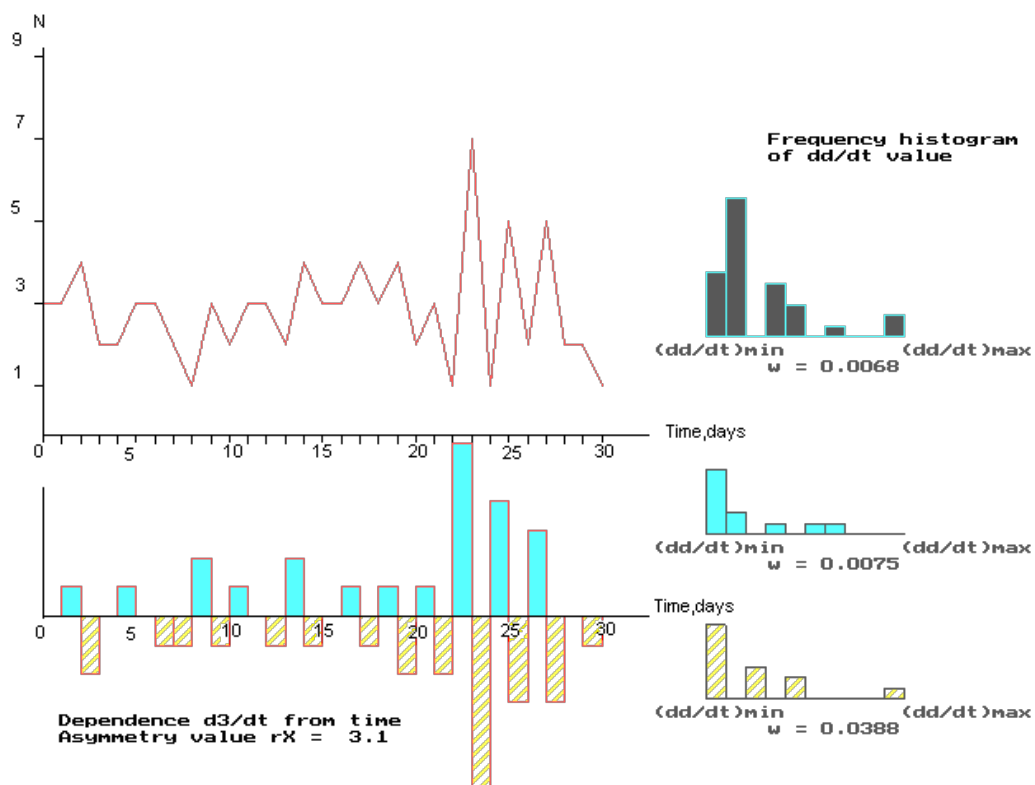


Рис.2.7.6. Иллюстрация суточных перепадов одной фазовой переменной (N-обращаемости жителей по поводу артериальной гипертензии) по выборке месячной усредненной регистрации за январь 2004г.

Студентам предлагается получить результаты количественной обработки параметров аттракторов состояния системы и ряд значений, характеризующих хаотическую динамику поведения каждого из этих параметров для 2004 и 2005гг (записать в отдельные таблицы) и сделать выводы о сравнении параметров аттракторов (зима, лето, осень).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения III этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради. Обратите особое внимание на параметры аттракторов метеофакторов Югры.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОТОСИНТЕЗА ЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Механизмы поглощения света и трансформации энергии фотонов в химическую энергию биоструктур.
2. Основные этапы фотосинтеза световой и темновой фазы. Основные процессы, протекающие на мембранах гран хлоропластов.
3. Общебиологическое значение фотосинтеза в развитии биосферы на Земле.

Обучаемый должен уметь:

1. Экспериментально регистрировать процесс фотолиза воды.
2. Изучать влияние абиотических факторов (температуры и освещенности) на скорость фотосинтеза зеленых растений.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ.

Процесс фотосинтеза обеспечивает усвоение солнечной энергии для синтеза органических соединений растений. Животные способны использовать только энергию, уже связанную в органические соединения, т.е. процесс фотосинтеза обеспечивает все энергетические потребности всех живых организмов Земли. Кроме того, кислород, выделяющийся при фотосинтезе, поддерживает состав атмосферы Земли.

Оборудование: лабораторная посуда, химические реактивы: растворы $\text{Ba}(\text{OH})_2$, HCl , 4% CuSO_4 , 1% $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KMnO_4 , раствор фенолфталеина, часы, листы черной бумаги.

Объект исследования: веточки комнатных зеленых растений, веточки аквариумных растений – элодеи или валиснерии.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 4 часов, из них 2 часа лабораторные занятия и 2 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубин А.В. Биофизика: В 2 кн.- М.: Высш. шк., 1987.- Кн. 2
2. Страйер Л. Биохимия: В 3 т.- М.: Мир, 1985.- Том 2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ “САМОПОДГОТОВКА”

Цель этапа.

Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы. Проверить качество усвоения новой информации (понятия и законы) перед выполнением работы.

I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить:

1. Понятие фотосинтеза растительного и бактериального типа.

2. Понятие электронно-транспортной цепи.

II. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся для самоконтроля должен ответить на следующие вопросы:

1. Дайте характеристику процессу фотосинтеза.

2. Объясните роль фотосинтеза в глобальных преобразованиях биосферы.

3. Какие факторы регулируют интенсивность и продуктивность фотосинтеза?

4. Каковы особенности фотосинтеза различных растений (водные и наземные)?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ:

“Выполнение лабораторной работы”

Цель этапа.

Изучить зависимость интенсивности процессов фотосинтеза от различных факторов окружающей среды (освещенность, спектральный состав света).

Для достижения цели необходимо:

I. *Исследование влияния различной освещенности на интенсивность фотосинтеза.*

Возьмите две конические колбы, предварительно выдержанные открытыми в течение 20- 30 минут в одинаковых условиях для заполнения воздухом. Срежьте веточку комнатного зеленого растения и поставьте ее в пробирку с водой, эту пробирку опустите в первую колбу (назовем ее опытной), а вторую колбу (назовем ее контрольной) оставьте пустой, затем обе колбы практически одновременно плотно закройте пробкой. Выставьте колбы на хорошо освещенное и теплое место. Время экспозиции 60 минут.

По окончании опыта извлеките растения из обеих колб одновременно, быстро закройте каждую колбу вновь пробкой с трубочкой. Налейте в каждую колбу по 20 мл раствора $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и добавьте по 2 капли раствора фенолфталеина. Оттитруйте полученные растворы в колбах раствором HCl . Интенсивность фотосинтеза определите по формуле:

$$F = \frac{(A - B) \cdot K \cdot 0.55 \cdot 60}{S_x t},$$

где А- количество HCl в опытной колбе, В - количество HCl в контрольной колбе, К- поправка к титру HCl , 0,55- стандартная величина, S_x - площадь листа, t - продолжительность опыта в минутах, 60 - коэффициент перевода минут в часы.

Повторите опыт, но задайте иные условия освещенности. Например: поместите колбы в плохо освещенное, холодное место. Сравните полученные результаты и сделайте вывод о влиянии освещенности на интенсивность фотосинтеза.

II. *Изучение влияния света на возможность фотосинтеза.*

Возьмите три пробирки. В каждую налейте по 2 мл баритовой воды подкрашенной фенолфталеином. В две пробирки поместите веточку комнатного зеленого растения, третью оставьте контрольной. Все пробирки плотно закройте

пробками. Одну изолируйте от света, плотно завернув в черную бумагу.

Время экспозиции 40 минут. По истечении времени возьмите пробирки в руку и хорошо встряхните их до тех пор, пока станут заметными изменения окраски раствора. Какие изменения произошли в двух опытных пробирках? Опишите эти изменения в тетради и объясните возможные причины этих событий.

III. Изучение влияния внешних условий на интенсивность фотосинтеза водных растений.

Привяжите веточку живой элодеи или валлиснерии ниткой к стеклянной палочке и поместите ее в пробирку с водой. Добавьте в воду щепотку соды. Из срезанного листа водного растения начнут выделяться пузырьки воздуха, при подсчете которых судите об интенсивности фотосинтеза за определенный интервал времени. Подсчитайте количество пузырьков, выделившихся за 30 минут и запишите эти сведения в тетрадь.

Повторите опыт, но задайте при этом иные условия. Например, поместите пробирку в плохо или в хорошо освещенное место, подкрасьте воду 4% раствором CuSO_4 в синий цвет или в красно-розовый 1% раствором дихромата или перманганата калия. Сравните полученные результаты и дайте им грамотное объяснение.

Блок информации

Первоисточником энергии для экосистем Земли служит Солнце. Эта энергия распространяется в космическом пространстве в виде электромагнитных волн, и небольшая часть ее, составляющая примерно $70,3 \cdot 10^5$ кДж/м² в год, захватывается Землей. Около 40% отражается обратно от облаков, атмосферной пыли и поверхности Земли. Еще 15% поглощается атмосферой и превращается в тепловую энергию или расходуется на испарение воды. Оставшиеся 45% поглощаются зелеными растениями или земной поверхностью. Ежегодно в процессе фотосинтеза связывается около $8 \cdot 10^{10}$ т углерода, образуется примерно $1,8 \cdot 10^{11}$ т сухой биомассы растениями суши и почти столько же растениями Мирового океана. Именно фотосинтез является исключительным источником кислорода в атмосфере Земли, только протекание его в зеленых растениях поддерживает постоянство состава атмосферы. Развитие фотосинтетического аппарата растений сделало возможным нынешнее направление эволюционного развития и стало причиной самой глобальной революции в развитии Земли: смена бескислородной (восстановительной) атмосферы Земли на кислородсодержащую (окислительную) стало причиной появления и доминирования на Земле аэробных организмов, анаэробный путь синтеза биовещества (хемосинтез) может обеспечить жизнедеятельность только отдельных микроорганизмов.

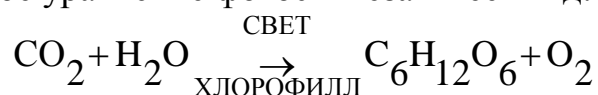
Не менее глобальным следствием появления кислородной атмосферы Земли стал выход жизни из океана на сушу: пока в атмосфере не появился озон (O_3 , аллотропное соединение кислорода), жесткий ультрафиолет достигал поверхности Земли беспрепятственно и сохранял способность повреждать органические молекулы. Защитное действие озона определяется совпадением

диапазона максимального поглощения (230- 290 нм) с таковым для клеток живых организмов и повреждающее действие УФ на клеточный метаболизм сводится к минимуму.

Зеленым растениям свет нужен для осуществления процесса фотосинтеза, благодаря которому энергия солнечного излучения улавливается, превращается и аккумулируется на Земле. Только связанная растениями солнечная энергия становится доступной для потребления остальными организмами.

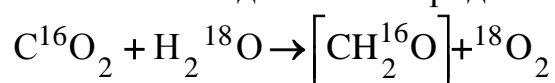
Фотосинтез может протекать не только в растениях, но и некоторых бактериях. Бактериальный фотосинтез связан с более сильными восстановителями, чем вода (H_2S , SO_2), и может использовать ближнее ИК-излучение (до 1000 нм). Он не вносит существенного вклада в общий процесс запасаения солнечной энергии, но локально может оказаться очень важен: в Черном море на многих участках количества хлорофилла и бактериохлорофилла в столбе воды вполне сравнимы.

Фотосинтез- уникальный процесс образования богатых энергией органических веществ в клетках зеленых растений под действием видимого света (400- 700 нм). Суммарное уравнение фотосинтеза имеет вид:



Процессы фотосинтеза пространственно и во времени можно разделить на 2 сравнительно самостоятельных процесса: световую стадию окисления воды и темновую стадию восстановления углекислого газа. Обе стадии протекают у высших растений и водорослей в специализированных органеллах клеток-хлоропластах (исключение синезеленные бактерии (цианобактерии), у которых аппарат фотосинтеза не обособлен от цитоплазматических мембран).

Первый этап фотосинтеза- это поглощение энергии света молекулами пигментов: различных видов хлорофилла. Молекулы пигментов упакованы в мембраны тиллакоидов хлоропластов. Свет, поглощенный молекулами хлорофилла, поднимает их электроны на более высокий энергетический уровень. Энергия, выделяемая в световых реакциях, запасается в виде молекул АТФ, НАДФ- H_2 , побочным продуктом световых реакций фотосинтеза является молекулярный кислород, свободно диффундирующий в окружающую среду. Не все фотосинтетические реакции требуют света. Серия реакций протекает без участия света- темновая стадия фотосинтеза. Темновые реакции осуществляются в жидком содержимом (строме) хлоропласта. Их результатом является восстановление двуокиси углерода через цикл промежуточных углеводородных форм до молекулы углевода- глюкозы. С использованием изотопных меток показано, что источником всего свободного кислорода является вода



Для фотосинтетических реакций растения используют только видимую часть спектра света. Причем водные и наземные растения в процессе эволюции приспособились улавливать различные излучения видимого света. Так глубоководные растения способны улавливать длинноволновую часть спектра-

красный свет, растения поверхностных слоев океана улавливают коротковолновый синий свет.

Исход фотосинтеза, его продуктивность определяется условиями окружающей среды, в которых он осуществляется. Главную роль способны сыграть следующие факторы среды: уровень освещенности, температура, влажность воздуха и почвы. Немаловажную роль имеет общий уровень жизнеспособности самого растительного организма, особенности его метаболизма и морфологии.

Рассмотрим более подробно механизм фотосинтеза. Важнейшую роль играют электронно-конформационные взаимодействия (ЭКВ). Именно поэтому большая часть стадий процесса протекает практически необратимо. Можно выделить 3 основные фазы трансформации энергии: поглощение света фотосинтетическими пигментами и передача энергии на реакционные центры (РЦ) фотосинтеза; первичное разделение зарядов и трансформация энергии в РЦ; перенос электронов по электронно-транспортным цепям (ЭТЦ) и сопряженные процессы, приводящие к образованию первичных стабильных продуктов (НАДФ и АТФ), используемых в дальнейших темновых реакциях фиксации CO_2 и образования конечных продуктов фотосинтеза.

Поглощение света в листьях происходит на системе пигментов, основными из которых являются хлорофиллы **a** и **b**, различающиеся спектрами поглощения (рис. 2.8.1). Хлорофилл **a** служит основой 2 отдельных подсистем, способных утилизировать фотоэнергию: фотосистемы I (ФС I) и фотосистемы II (ФС II). Часть вспомогательных пигментов, спектрально близких хлорофиллу **a** (хлорофилл **b**, каротиноиды и т.д.), непосредственно окружают РЦ, образуя так называемые антенны. На одну молекулу фотоактивного хлорофилла работают несколько десятков молекул вспомогательных пигментов. Организация их в антенны позволяет максимально полно использовать энергию фотонов и перенос энергии со вспомогательных пигментов на хлорофилл РЦ подтверждается присутствием в спектре люминесценции неповрежденных зеленых клеток только линий хлорофилла **a**. Следует заметить, что свойства хлорофилла **a** зависят от того, входит он в состав РЦ или антенный набор пигментов. Фотосистемы различаются поглощаемым излучением: ФС I использует излучение с $\lambda \leq 710$ нм, а ФС II с $\lambda \leq 680$ нм. В мембранах тилакоида центры ФС I и ФС II пространственно разделены и сопряжение достигается последовательной передачей электрона в цепи различных молекул (ЭТЦ) (рис. 2.8.2).



Рис.2.8.1.

Усвоение энергии начинается с поглощения электрона в ФС II с образованием синглетно возбужденного хлорофилла **a** (P680*), который передает электрон через промежуточный акцептор молекуле феофитина (безмагниевого аналога хлорофилла), образуя его анион-радикал (F). Анион-радикал служит донором электрона для связанного пластохинона (PQ), координированного с ионом Fe³⁺. Далее электрон переходит к молекуле свободного пластохинона, присутствующего в избытке по отношению к прочим компонентам цепи, затем цитохромы *b₆* и *f* (Cyt_{b/f}), образующие комплекс с железосернистым центром, передают электрон через медьсодержащий белок пластоцианин (PC) к реакционному центру ФС I.

Центры P680* быстро восстанавливаются, принимая электроны через ряд переносчиков от воды. Образование O₂ требует четырехкратного возбуждения реакционного центра и катализируется мембранным комплексом, содержащим Mn. Очевидно, что эти центры- сильные окислители.

Хлорофилл в ФС I отдает электрон через цепь переносчиков растворимому белку ферредоксину (fd), восстанавливающему с помощью фермента ферредоксин- НАДФ- редуктазы НАДФ до НАДФН. Катион- радикал P700* восстанавливается пластоцианином. Центры ФС II- сильные восстановители.

В зрелых хлоропластах содержатся граны (стопки тиллакоидов), в мембранах которых содержится полный набор ЭТЦ, и так называемые агранальные тиллакоиды, содержащие только ФС I. Имеются различия биохимических их ролей.

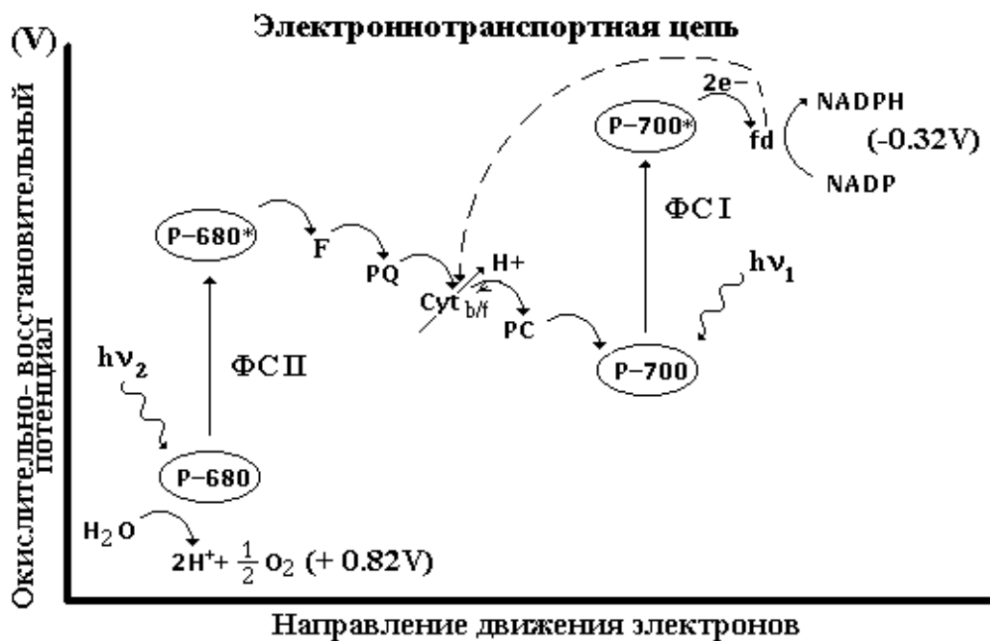


Рис.2.8.2.

В общем случае перенос электронов пластохиноном порождает разность потенциалов на мембране (плюс- внутри, минус- снаружи мембраны). Следствием этого становится движение протонов снаружи тиллакоида внутрь. Перенос протонов сопрягается синтезом АТФ из АДФ и неорганического

фосфата. Предполагают, что обратный транспорт протонов из тилакоидов в строму посредством белкового сопрягающего фактора (H^+ - АТФ- синтетазы) также сопровождается синтезом АТФ. Центры ФС I способны работать автономно, без контакта с ФС II (пунктир на рис.2.8.2.). В этом случае вся энергия запасается в виде АТФ.

Важность присутствия в растениях обоих ФС становится понятна на основании эффектов Эмерсона. Первый состоит в резком падении интенсивности фотосинтеза при $\lambda \geq 700$ нм (красное падение), второй состоит в неаддитивном усилении фотосинтеза при добавлении света низкой интенсивности $\lambda = 650$ нм к дальнему красному свету (эффект усиления). Таким образом, показано существование двух отдельно организованных, но взаимосвязанных ФС и иницирующая роль в фотосинтезе ФС, использующей коротковолновое излучение (ФС II, $\lambda \leq 680$ нм).

Из сказанного, видна прочная и взаимообусловленная связь всех участников процесса связывания солнечной энергии. Уже первые стадии (поглощение фотона с образованием возбужденных молекул) без участия следующих участников (пластохинонов), способных эффективно снять возбуждение и передающих энергию дальше в цепь, были бы практически полностью обратимыми или же, что значительно хуже, возбужденные молекулы повреждались. Белки, включенные в ЭТЦ, выполняют роль электронных насосов, причем перекачка идет не за счет движения молекул, как целого, а за счет конформационных движений внутри молекул (мгновенный заряд образуется в одной части молекулы и переходит в другую за счет изгибов и колебаний внутренних связей), присутствие в них металлов легко меняющих валентность (Fe и Cu) и облегчает подобный перенос.

Описанные процессы составляют световые стадии запасания энергии. Темновые стадии энергию потребляют: за счет АТФ и НАДФН связывается углекислый газ в глюкозу и далее, а АДФ возвращается в цикл запасания энергии.

Связывание CO_2 происходит в так называемом цикле Кальвина (рис.2.8.3). Начинается он с фосфорилированного сахара пентозы рибулозо-1,5- дифосфата. К нему присоединяется молекула углекислого газа, а полученная молекула распадается на две молекулы 3- фосфоглицериновой кислоты. Каждая из них реагирует с молекулой АТФ, получаются две молекулы 3- фосфоглицерофосфата, которые в свою очередь реагируют с НАДФН и восстанавливаются до глицеральдегид- 3-фосфата. Образовавшийся трехуглеродный альдегид ферментативно вовлекается в цепь реакций, где из гексозы и триоз получают три пентозы ксилулозо- 5-фосфатов. Они изомеризуются в рибулозо- 5-фосфат, который реагирует с АТФ, давая рибулозо-1,5-дифосфат и замыкая цикл. Таким образом на фиксацию одного углеродного атома уходит 3 молекулы АТФ и 2 НАДФН. Посчитав энергию фотонов и образованных связей, получаем к.п.д. фотосинтеза около 30%.

Глицеральдегид- 3-фосфат далее может быть превращен в глюкозо- 6-фосфат и далее превратиться в крахмал или в 3-глицерофосфат и далее в липиды.

Несмотря на формальную независимость протекания реакций световой и темновой стадий, существуют механизмы их взаимовлияния. Фермент, катализирующий стадию превращения рибулозодифосфата в фосфоглицериновую кислоту, сильно увеличивает свою активность на свету. Установлены следующие механизмы влияния:

1. НАДФН образуется в световых стадиях процесса и служит аллостерическим активатором фермента.

2. Скорость реакции растет при защелачивании среды. На свету идет перекачка протонов из стромы в полость тиллакоидов и pH стромы, где и происходит фиксация углерода.

3. Фермент активизируется в присутствии Mg^{2+} . На свету ионы Mg^{2+} выбрасываются из полостей тиллакоидов в строму взамен H^+ по механизму антипорта.

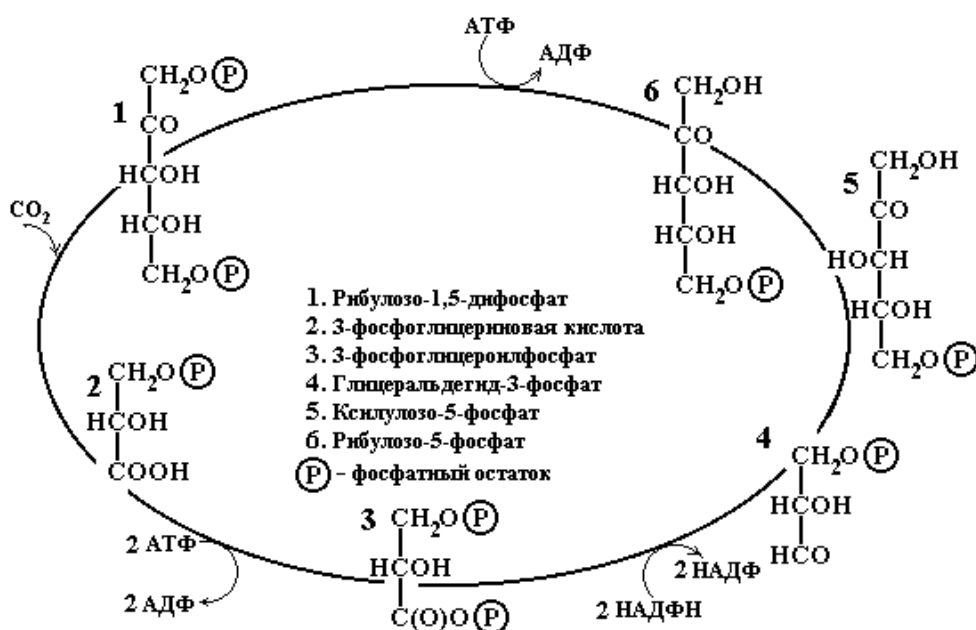


Рис.2.8.3. Цикл Кальвина. Пояснения в тексте.

Кроме основного цикла Кальвина в тропических растениях углерод связывается по так называемому C_4 -пути. Прежде чем попасть в цикл синтеза сахаров и далее, углерод накапливается в четырехуглеродных кислотных аспарагинат $((COO-C(NH_2)H-CH_2-COO)^2-$ и малат $((COO-C(OH)H-CH_2-COO)^2-$ остатках. Для условий избытка солнечной энергии именно концентрация CO_2 становится лимитирующей полную скорость фотосинтеза и промежуточное связывание, даже с затратой энергии, окупается повышением общей интенсивности процесса.

Так можно описать фиксацию углерода в фотосинтезе в самом общем виде. Рассмотрим организацию процессов в связи с прочими системами, присутствующими в живых организмах.

Все компоненты фотосинтетических систем присутствуют в мембране тиллакоида (рис.2.8.4). Обозначения II и I означают соответствующие

фотосистемы, интересен блок обозначенный III. Обнаружено, что он во многих деталях повторяет дыхательные цепи в дыхательных митохондриях растительных и животных клеток. В его состав входят электронтранспортные белки: цитохромы (содержат гемовые группировки) и негемовые белки, обозначаемые FeS. Цитохромы- белки очень древнего происхождения, многие из них с минимальными вариациями состава присутствуют в различных растительных и животных клетках, цитохромы c, возникнув почти 1,5 млрд. лет назад, входят в различные эукариотические клетки, не изменившись, и реагируют в качественных реакциях абсолютно стандартно. Сходны их спектры и окислительно-восстановительные потенциалы. Таким образом видно, что выполнение сходной функции (фосфорилирование) в разных организмах обеспечивает стандартный набор качеств и состава. Кроме того, доказано что и фото- и окислительное фосфорилирование процесс запускается созданием градиента рН.

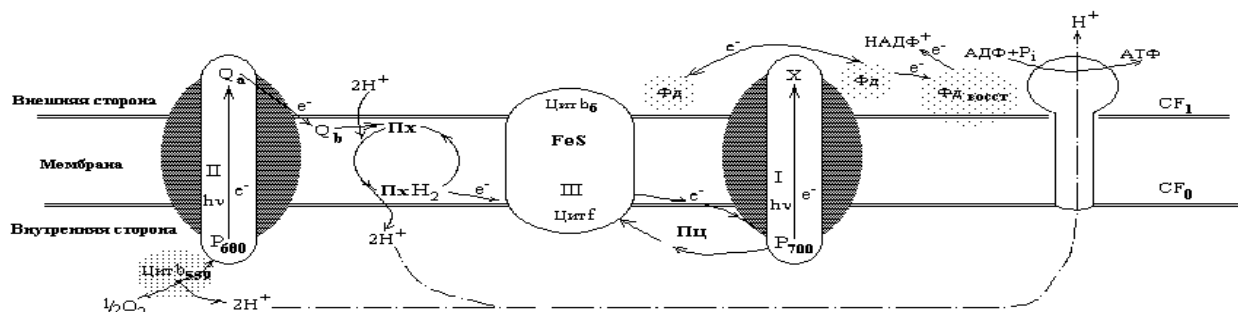


Рис.2.8.4. Размещение компонентов фотосинтетической цепи в мембране тиллакоида.

Изучение других природных фотопроцессов (зрение, фоточувствительность галофильных бактерий) показывает тоже сходство базовых комплексов с фотосинтезом. В этих процессах светочувствительность обеспечивают белки родопсин и бактериородопсин, соответственно. В молекулах выделяют две составные части: белок опсин и полиненасыщенный альдегид ретиналь. При фотовозбуждении бактериородопсина образуются несколько форм молекул и с течением времени практически все могут быть переведены в исходную, но образование одной из них, обозначаемой M₄₁₂ (по полосе поглощения), сопровождается переносом протона через мембрану и это делает процесс необратимым. Процесс включает цис- транс- изомеризацию и образование депротонированной формы молекул. Для родопсина стадии процесса в основном подобны, но одной из стадий является фотораспад на опсин и транс- ретиналь, для замыкания цикла требуется поставка ретиналя уже в форме 11- цис. Процесс зрения информационный, ретиналь уходит, но белок остается и происходит фиксация каждого фотона. Для более полной фиксации фотоэнергии все фотосистемы, кроме непосредственно фиксирующих энергию молекул, обязательно включают молекулы- сенсibilizаторы, повышающие чувствительность. У фотосинтетических систем это каротины и прочие

пигменты, в фоторецепции- транс- ретиналь. Таким образом очевиден общий план организации систем со сходными функциями.

В настоящей работе Вы можете пронаблюдать самые основные закономерности процесса фотосинтеза в различных условиях окружающей среды. Произведя все необходимые наблюдения и расчеты, сделайте выводы из наблюдаемых фактов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы из раздела “Самоподготовка”. После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради. Обратите особое внимание на влияние различных параметров на интенсивность фотосинтеза. Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

БИОФИЗИКА ИЗЛУЧЕНИЙ. МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ АКТИВНЫХ РАДИОНУКЛИДОВ.

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Основные методы регистрации радиоактивных излучений (РИ) и частиц. Классификацию этих излучений.
2. Методы защиты биообъектов от радиоизлучения. Основные единицы и дозы облучения и поглощения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ:

"Самоподготовка"

I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить:

1. Постулаты Бора, модель водородоподобного атома по Бору, вычисление энергии, необходимой для перехода электрона с одного уровня на другой и энергии, необходимой для ионизации атома, т.е. полного отрыва электрона от атома, виды разрядов в газах;
2. Движение заряженных частиц в перпендикулярных электрических и магнитных полях, сила Лоренца. Для самоконтроля решить следующие задачи для проверки исходного уровня знаний:
3. Какова величина энергии электрона, находящихся на уровне с $n=2$ в водородоподобном атоме с зарядом ядра $+2e$? Каков радиус этой орбиты?
4. Расстояние между плоскими электродами в ионизационной камере $d=2\text{см}$, разность потенциалов 200 В , диаметр молекул газа $s=2\cdot 10^{-8}\text{см}$, $n_0=10^{18}$ молекул/см³. Найти кинетическую энергию образовавшегося при ионизации электрона. Возможна ли ударная ионизация молекулы газа, если энергию получает электрон, находящийся в состоянии $2p$ (L-слой)?
5. По данным предыдущей задачи рассчитать необходимую разность потенциалов U для начала ударной ионизации.
6. β -частицы в камере Вильсона отклонились на $\Delta y=2\text{ мм}$ в перпендикулярном направлении, пройдя путь по горизонтали $x=10\text{ см}$. Напряженность электрического поля, перпендикулярного вектору скорости \vec{v} равна $E=10^4\text{ в/м}$. Найти горизонтальную (собственную) скорость β -частиц.
7. Радиус кривизны траектории α -частицы в пузырьковой камере R , скорость её движения v . Найти массу частицы m , если величина магнитной индукции B , а $\sin\alpha=1$.

II. Вопросы для самоконтроля к данной работе (новый материал):

1. Где используются элементы ядерной биофизики в биологии и медицине?
2. Каковы основные принципы классификации элементарных частиц?

3. Объяснить принцип работы ионизационной камеры.
4. Каково устройство и принцип работы СГМ?
5. Что такое фоновая активность и как она определяется в данном исследовании?
6. Что такое счетная характеристика СГМ?
7. Каков принцип работы камеры Вильсона?
8. Для чего используются толстослойные пластинки и пузырьковые камеры? Каков принцип их работы?
9. В чем сущность теории "мишени"?
10. Каковы основные механизмы патогенного и лечебного действия РИ на организм животных и растений?
11. Каковы основные методы защиты от радиоизлучений?
12. Как идентифицировать кривую роста численности дрожжевых клеток с помощью математических моделей?
13. Составьте дифференциальное уравнение, описывающее процесс поглощения веществом электромагнитного излучения. Каково его решение?
14. Как определяется x - толщина слоя вещества, который ослабляет интенсивность излучения в n раз?
15. Какие виды взаимодействия электромагнитного излучения с веществом Вы знаете?
16. Что такое внутренний фотоэффект?
17. Может ли фотон поглощаться свободным электроном?
18. Что такое Комpton- эффект?
19. Каковы условия рождения электронно- позитронных пар?
20. Вычислите значение ν_{\min} - минимальной частоты γ -кванта, при которой рождается позитрон?
21. От чего зависит интенсивность комптоновского рассеяния?
22. Что такое поглощенная доза? Какова единица измерения этой дозы?
23. Что такое доза излучения и в каких единицах она измеряется?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: "Выполнение работы"

Цель этапа.

1. Снятие радиоактивной характеристики ряда технических и пищевых продуктов.
2. Определение фона счетчика Гейгера- Мюллера.
3. Изучить количественные характеристики действия жесткого УФ-излучения на дрожжевые клетки.

Порядок выполнения

1. Проверить правильность работы основных элементов блок- схемы (рис.2.9.1), составляющих устройство для измерения радиоактивности.

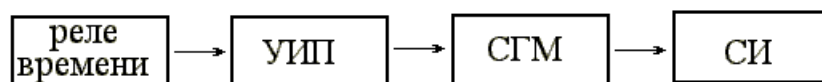


Рис.2.9.1. Блок- схема измерительной установки:

УИП- универсальный источник питания, СГМ- счетчик Гейгера- Мюллера, СИ- счетчик импульсов.

Для этого надо включить универсальный источник питания (УИП) со счетчиком импульсов (СИ). Выждать 1 мин. для прогрева прибора. Открыть радиоактивный препарат. Внимание! Реле времени установлено в положение, соответствующее времени измерения $t=1$ мин. Сделать пробный пуск. Убедиться в нормальной работе схемы. Перед началом пуска нажать кнопку "Сброс" на панели СИ.

Измерить 5 раз значение фона РИ. Результаты занести в таблицу 2.9.1 и провести статобработку результатов для доверительного интервала

Таблица 2.9.1.

	№ измерения					$\bar{N}_\phi \pm \Delta N_\phi$
	1	2	3	4	5	
Результат						

2. Открыть свинцовую крышку радиоактивного препарата. Измерить 5 раз значение активности препарата (N_Π). Произвести первичную статистическую обработку результатов измерений (найти $\bar{N}_\Pi \pm \Delta N_\Pi$). Сделать заключение об активности препарата.

Блок информации

Знание основных понятий радиационной биофизики в настоящее время необходимы любому специалисту медико-биологического профиля. Достаточно перечислить только несколько основных методов и технических устройств, используемых в биологии и медицине, что бы понять важность изучаемой темы. Это использование установок для облучения семян растений перед посадкой (радиация, как мутагенный фактор), при длительном хранении сельскохозяйственной продукции, с целью повышения сроков хранения, стерилизации вредителей с/х посевов с целью подавления их популяций, различные изотопные методы для изучения распределения веществ в организмах или особях на некоторой территории, лучевая терапия и т.д. (см. графологическую схему темы). Во всех этих случаях необходимо знать методы измерения и регистрации радиоактивного излучения, принципы работы используемых технических устройств с целью обеспечения правильной их эксплуатации и безопасной работы обслуживающего персонала, а так же возможности таких устройств для терапевтического и мутагенного воздействия.

В настоящее время существует большой спектр специальных устройств

регистрации различных частиц, которые получаются как при радиоактивном распаде атомов, так и при действии внешнего, космического излучения. Все эти частицы различаются наличием или отсутствием спина (собственного спинового момента), заряда, массы, энергии. Частицы с полуцелым спином (фермионы) подчиняются статистике Ферми- Дирака, для них справедливо правило Паули- в системе фермионов не может быть одинаковых частиц. Частицы с целым спином (бозоны) подчиняются статистике Бозе- Энштейна, их число в данном состоянии произвольно. Из всех известных науке элементарных частиц (их число свыше 6 тысяч) пока только фотоны (γ -кванты) являются представителями устойчивых природных бозонов, остальные частицы- фермионы с разными зарядами, массами, энергиями.

Различные регистрирующие устройства позволяют изучать в основном заряженные частицы, которые вызывают ионизацию среды, т.е. при соударении вырывают электрон из атомов частиц среды, сообщая ему энергию ионизации E_i . Однако незаряженные частицы, особенно с большой энергией также могут взаимодействовать с электронами атомов или ядрами и, в конечном итоге, могут быть зарегистрированы.

Рассмотрим основные методы и устройства регистрации частиц.

Ионизационная камера. Это герметичный сосуд с двумя электродами, заполненный газом (воздух, водород, азот и др.) при пониженном давлении (рис.2.9.2). Между электродами создается разность потенциалов в пределах 100-1500 В. *Регистрируемая частица*, попадая в счетчик, вызывает ионизацию газа и появление тока в цепи. Камера работает в режиме насыщения- все электроны и ионы, образуемые частицей, достигают электродов, поэтому величина тока I пропорциональна числу частиц (интенсивности излучения) N , т.е. $I=kN$. Кроме того, различные частицы могут образовывать разное число пар ионов (α -частица

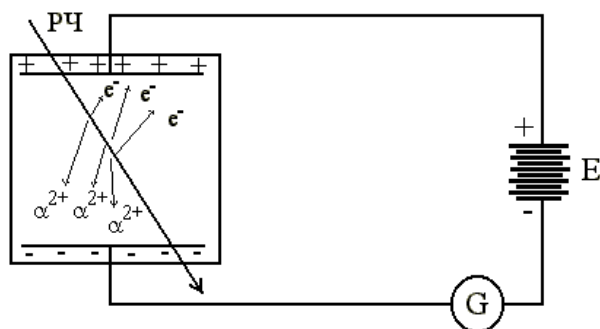


Рис.2.9.2 Схема с ионизационной камерой: G- гальванометр, E- источник питания, РЧ- регистрируемая частица

создает десятки тысяч пар ионов, быстрая космическая частица- несколько пар), поэтому при одинаковом числе N ток I зависит и от вида частиц. Это явление используют для идентификации частиц.

Если увеличить межэлектродный потенциал, то образовавшиеся ионы и электроны ускоряются внешним полем E и на длине свободного пробега λ (которая определяется диаметром молекул σ и их числом в единице объема n_0 по

формуле $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 n_0^2}}$) приобретают энергию

$$\frac{mv^2}{2} = qU = qE\lambda,$$

где E - напряженность электрического поля между электродами. Этой энергии может быть достаточно для вторичной ионизации молекул газа, в результате вместо образовавшихся m ионов получим $m \cdot n$ ионов, где n - коэффициент газового усиления ($n \leq 10^7$).

Отсутствие или наличие ударной ионизации влияет только на величину тока I , которая в любом случае зависит от количества частиц N . Однако если и дальше увеличивать разность потенциалов, то мы попадаем в область самостоятельного разряда, который вызывается внешней частицей, но не прекращается при последующем отсутствии частиц и нужны специальные устройства для его гашения.

Счетчик Гейгера- Мюллера (СГМ). В основе его работы- самостоятельный газовый разряд. Конструктивно СГМ выполнен в виде стеклянной трубки, покрытой изнутри тонким слоем меди (катод) и центральной вольфрамовой нити (анод) (рис.2.9.3).

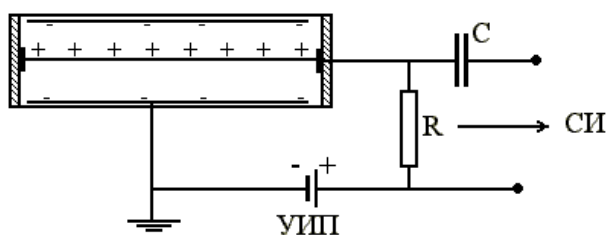


Рис.2.9.3. Схема со счетчиком Гейгера- Мюллера: СИ- счетчик импульсов, УИП- универсальный источник питания.

Частицы высоких энергий (β - , γ - и др.) проникают через стенку датчика, для α -частиц в торце счетчика делают окошко из алюминиевой фольги или слюды. Возникающий самостоятельный разряд кратковременный, т.к. разрядный ток создает падение напряжения на сопротивлении R , которое велико ($R \sim 10^9$ Ом) и напряжение между электродами счетчика (соответственно и E) уменьшается настолько, что энергии электронов или ионов $qE\lambda$ уже недостаточно для ионизации встречных молекул. Происходит быстрая рекомбинация электронов и ионов, газовый разряд прекращается. Счетчик приходит в исходное состояние и может регистрировать следующую частицу. Таким образом каждая частица, попадая в счетчик, дает импульс тока и скачок напряжения на R , который можно регистрировать любым счетчиком импульсов. Длительность импульса напряжения исчисляется $\tau = 10^{-4} - 10^{-6}$ с, следовательно, за 1 сек можно зарегистрировать до 10^6 импульсов (это максимально возможное число). Если мощность излучения больше, то счетчик не успевает срабатывать и надо воспользоваться ионизационной камерой, в которой $I = kN$. Следует отметить, что величина τ зависит от наличия добавок (этилена, паров эфира) в среде счетчика,

которые ускоряют гашение разрядов и уменьшают τ .

При измерении числа импульсов (частиц) в минуту N с помощью счетчика Гейгера- Мюллера необходимо учитывать наличие фона, который обусловлен космическим излучением, радиоактивным загрязнением среды. Поэтому получаемое значение $N=N_{и}+N_{ф}$, где N - измеренное число импульсов в единицу времени, $N_{и}$ - активность источника, $N_{ф}$ - фоновая активность. Если источник отсутствует, то $N=N_{ф}$. Величина $N_{ф}$ зависит от времени года, места нахождения установки и т.д. и должна определяться каждый раз перед измерениями.

Следует отметить, что при постоянных $N_{и}$ и $N_{ф}$ величина N будет зависеть от приложенного напряжения U между электродами.

График зависимости $N(U)$ называется счетной характеристикой счетчика Гейгера- Мюллера (рис.2.9.4).

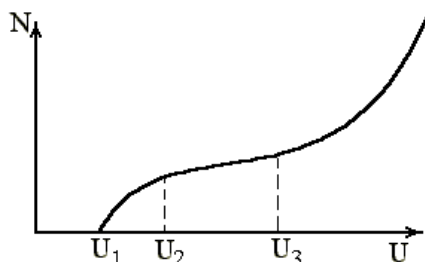


Рис.2.9.4. Счетная характеристика счетчика Гейгера- Мюллера.

Напряжение U_1 соответствует началу ударной ионизации, переходящей в самостоятельный разряд, но не для всех частиц, попадающих в счетчик. В интервале U_2 - U_3 (участок плато) практически любая частица, попавшая в счетчик будет зарегистрирована. Эта область относительной независимости числа импульсов от напряжения соответствует устойчивому режиму работы счетчика и в центре этой области рекомендуется работать. При увеличении $U > U_3$ в счетчике начинается непрерывный газовый разряд, соответствующий пробоем диэлектрика и счетчик становится непригодным для работы, поэтому в эту область желательно не попадать, в противном случае необходимо немедленно отключить питание СГМ.

Камера Вильсона. Принцип её работы основан на конденсации пересыщенных паров воды или спирта на цепочке ионов, образующихся вдоль траектории движения регистрируемых частиц. Чаще всего камера выполнена в виде цилиндра с черным подвижным дном и стеклянным верхом. Внутри её находятся пары спирта или воды в смеси с аргоном или другим инертным газом. При резком сжатии пары становятся пересыщенными и образующийся трек снимают на черном фоне. Действуя электрическими или магнитными полями в перпендикулярном вектору скорости частиц \vec{v} направлении ($\vec{v} \perp (\vec{E}, \vec{B})$), можно изменить траекторию и по её радиусу судить о скорости движения частиц, их массе. В этом случае центробежной силой может являться сила Лоренца ($F_{л} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$) или сила электростатического взаимодействия ($F_{э} = q \cdot E$).

Толстослойные пластинки. Способ регистрации основан на действии заряженных частиц или их продуктов распада (взаимодействия с веществом

подобно квантам света) при попадании в фотоэмульсию. Так как плотность последней велика, то длина треков частиц невелика (около 1 мм) и обычно такие пластинки обследуют при поперечном срезе под микроскопом.

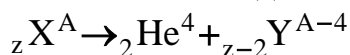
Пузырьковая камера. Рабочее тело- перегретый жидкий водород (или другое тело), в котором регистрируемые частицы создают центры парообразования в виде треков. Как и в камере Вильсона возможно действие поперечных магнитных (В) и электрических (Е) полей.

В настоящее время существует целый ряд других специальных методов регистрации и изучения частиц, получаемых при ядерных реакциях или космического происхождения, которые мы не изучаем в данной работе.

Изучив методы регистрации радиоизлучений, важно теперь понять причины возникновения радиации на Земле. Они бывают эндогенные (земного происхождения) и экзогенные (например, космической природы). Для нас (с учетом возросшего числа атомных станций и ядерных ракет) особый интерес представляют источники радиации земного происхождения. Следует отметить, что радиоизотопы буквально окружают нас. Это и тяжелая вода (D₂O), и изотопы К и Na в пищевой соли, и газ радон в бытовых помещениях и т.д. Важно только, какова их концентрация и активность. На этом и следует сейчас остановить своё внимание обучаемому.

В современной физике под радиоактивностью понимают спонтанное (самопроизвольное) превращение неустойчивого изотопа химического элемента в другой изотоп, при этом самопроизвольно изменяется состав атомного ядра, сопровождаемый испусканием ядрами элементарных частиц или других ядер (например, ядер He- α-частиц). Эти процессы являются результатом либо *сильных взаимодействий* (ядерных сил), для которых характерно наличие потенциальных барьеров (кулоновского и центробежного), либо *слабых взаимодействий* (например, для β-распада). Испускание ядром *гамма-излучения* обусловлено квантовыми переходами между различными состояниями одного и того же ядра и не приводит к изменению состава ядер, поэтому его не относят к числу радиоактивных превращений.

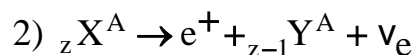
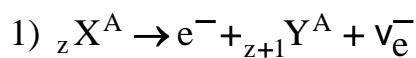
При α-распаде из ядра X вылетает α-частица (двукратно ионизированный атом He- ${}^4_2\text{He}$) при этом образуется новое ядро Y с зарядом z меньшим на 2 единицы и массовым числом A меньшим на 4 единицы, т.е.



Образуется ядро химического элемента, расположенного в таблице Менделеева левее на 2 клетки от исходного X (смещение влево). Кинетическая энергия вылетающей α-частицы определяется массами ядер X, Y и α-частицы, при этом энергетический спектр α-частицы дискретный. Известно более 200 α-активных ядер, в основном, в конце периодической таблицы и 20 α-активных изотопов редкоземельных элементов, которые дают α-частицы с энергиями 4-9 Мэв и 2-4,5 Мэв соответственно.

При β-распаде происходит самопроизвольное испускание или поглощение электронов (e⁻) или позитронов (e⁺), нейтрино (ν_e) или антинейтрино (ν̄_e),

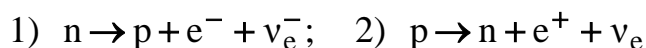
обусловленное взаимным превращением нейтронов и протонов внутри ядра. При этом образуется новое ядро Y химического элемента, расположенное в таблице Менделеева на одну клетку правее исходного или левее (позитронный распад), т.е.



Например:



Так как масса β -частицы много меньше массы составных частиц ядра протонов (p) и нейтронов (n), то мы ее не учитываем в наших реакциях. Далее, появление нейтрино при β -распаде было предсказано теоретически на основании закона сохранения энергии и спина, и только в 1956 г. удалось экспериментально зарегистрировать эту частицу, которая не имеет заряда, с массой покоя равной нулю, но обладает полуцелым спином, как все фермионы. При β -распаде массовое число A не изменяется, поэтому общее число протонов и нейтронов тоже сохраняется, значит должны происходить превращения $n \rightarrow p$ и $p \rightarrow n$ согласно реакциям:



Энергетический спектр образующихся β частиц непрерывный с выраженным максимумом, характерным для данного радиоактивного ядра. На рис.2.9.5 по вертикали отложено число частиц, образовавшихся при радиоактивном распаде за некоторый интервал t , по горизонтали-энергия этих частиц

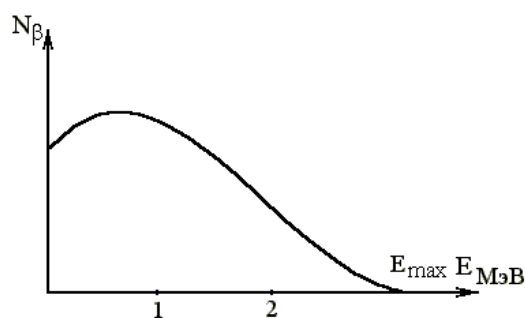


Рис.2.9.5.

Гамма-лучи испускаются ядрами в возбужденном состоянии. В этих состояниях (метастабильных) ядра могут существовать, в зависимости от свойств данного энергетического уровня и уровня, на который переходит ядро после излучения (спин, четность, энергия), от 10^{-10} сек. до нескольких лет. Довольно часто возбужденное ядро, не излучая γ -квантов, передает свою избыточную энергию электронной оболочке при этом вылетает один электрон из атома и возникает вторичное излучение рентгеновского или оптического диапазонов. Такой процесс называется внутренней электронной конверсией.

Во всех рассмотренных случаях ядерные процессы и последующие излучения

являются случайными (стохастическими) процессами, описываемые законами теории вероятности. Если для данного числа ядер процесс распада в интервале $(t, t+\Delta t)$ не зависит от предшествующих событий, а вероятность процесса за малый интервал времени dt пропорциональна этому интервалу и равна λdt , где λ - некоторая величина, равная среднему числу распадов ядер за время dt при общем количестве ядер N к моменту времени t , то такой процесс подчиняется закону Пуассона. При этом мы считаем вероятность наступления 2-х и более событий (распадов) за dt близкой к нулю (практически невозможное событие).

Тогда вероятность того, что за время от 0 до $t+dt$ не произойдет ни одного распада ($m=0$) определится из дифференциального уравнения следующего вида:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) \quad (\text{см. примечание})^2$$

Его решением является:

$$P(t) = P_0 e^{-\lambda t}$$

В общем случае вероятность наступления m событий за интервал $(0, t)$ равна

$$P_m(t) = \frac{\lambda t^m}{m!} e^{-\lambda t}.$$

У этого распределения математическое ожидание равно дисперсии и имеет вид :

$$M[X] = \lambda t = D[X]$$

Для определения константы λ можно взять малый промежуток времени Δt , в течение которого происходит 3-5 распадов (в среднем) и построить статистическую функцию распределения Пуассона $P_m^*(\Delta t) = k/n$, где k - число испытаний, в которых за Δt зарегистрировано m распадов, n - общее число испытаний. Для большей точности n берут побольше, тогда $P_m^*(\Delta t) \rightarrow P_m(t)$. Значение λ определяем из формулы

$$\lambda \Delta t = M^*[X] = \sum_{i=1} m_i P_{m_i}^*(\Delta t) = \sum_{i=1} m_i \frac{k_i}{n}$$

В нашей работе $n=20$, $\Delta t=10$ сек, а Δm изменяется от 0 до некоторого максимального числа, которое определяется обучающимся практически.

Однако вычисленное значение λ определяет среднее значение распадов данного числа ядер за Δt для данного вещества. Это значит, что для разных моментов времени t_1 и t_2 среднее число распавшихся ядер за dt ($dN(t_1)$ и $dN(t_2)$)

² Примечание: Вероятность того, что за интервал $(0, t)$ не произойдет ни одного распада $P_0(t)$, а вероятность $P_0(t+dt)$ отсутствия распада в интервале $(0, t+dt)$ равна произведению: $P_0(t+dt) = P_0(t) \cdot (1-\lambda dt)$ (второй сомножитель равен вероятности того, что за dt не будет распада). Отсюда

$$\frac{P_0(t+dt) - P_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) = \frac{dP_0(t)}{dt}$$

соответственно) будет различным. Конкретно, это число должно с течением времени уменьшаться вследствие уменьшения числа оставшихся ядер $N=N(t)$ (не распавшихся). Тогда можно аппроксимировать зависимость $\lambda=\lambda(N)$ линейно- $\lambda=\lambda_0N$ и среднее число распавшихся ядер dN за интервал dt определяется из уравнения $dN=-\lambda_0Ndt$, где λ_0 - физическая константа, которая не зависит от N , а определяется внутренними физическими процессами (устойчивость ядер). Для некоторых видов изотопов, используемых в биологии, значения приведены в таблице 2.9.1 (см. приложение).

Знак "-" соответствует тому, что общее число оставшихся ядер с течением времени уменьшается, тогда

$$\frac{dN}{N} = -\lambda_0 dt \Rightarrow N = N_0 e^{-\lambda_0 t},$$

где N_0 - число ядер в начальный момент времени $t=0$.

Величину λ_0 для данного вещества можно определить различными способами. Простейший из них заключается в знании λ (см. выше) и N - числа нераспавшихся ядер ко времени t , тогда $\lambda_0=\lambda/N$. Обычно N определяют из массы навески радиопрепарата M и процентного содержания радиоактивных ядер C_x %

$$N = \frac{M \cdot C_x \%}{A \cdot 100\%} N_A,$$

где A - атомная масса исследуемого элемента, а N_A - число Авогадро.

Для вещества, используемого в работе, $M=0,1$ г. ($C_x=?\%$, $A=235?$), C_x и A задается преподавателем.

Второй способ требует знания

$$dN(t_1) = -\lambda_0 N_0 e^{-\lambda t_1} dt \quad \text{и} \quad dN(t_2) = -\lambda_0 N_0 e^{-\lambda t_2} dt,$$

тогда

$$\frac{dN(t_1)}{dN(t_2)} = e^{\lambda(t_2-t_1)} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln dN(t_1) - \ln dN(t_2)}{t_2 - t_1}$$

Значение $dN(t_1)$ задается преподавателем из данных предыдущих исследований, а $dN(t_2)$ вычисляется в настоящей работе экспериментатором.

Однако, если мы имеем дело с изотопом, у которого *период полураспада* (время T , за которое половина ядер от исходного числа распадается, т.е. $N(T)=N_0/2=N_0e^{-\lambda T}$, отсюда $T=\ln 2/\lambda$) велик (например, U_{235}), то использовать указанный метод на практике сложно (t_2-t_1 очень велико!). Тем не менее, для короткоживущих изотопов он вполне применим.

В заключение заметим, что в биологии и медицине для различных целей используют различные изотопы, в основном короткоживущие (почему?). Количество таких веществ принято характеризовать не весом, а активностью (количеством превращений за единицу времени). В настоящее время приняты две единицы измерения активности:

1) кюри- такое количество вещества, которое испытывает в секунду $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов, т.е. 1 кюри= $3,7 \cdot 10^{10}$ распад/сек (такова активность 1г. радия);

2) резерфорд- 1 Рд=10⁶распад/сек.

Зная λ_0 и активность препарата можно определить его количество в данный момент времени (как?).

Представленные в этой части исследования можно использовать на практике для идентификации активности изотопов, которые используются в радиологии (медицине) и как мутагенный фактор в генетике. Однако в учебных целях такую процедуру мы проводить не будем и эту часть материала каждый обучаемый изучает только теоретически.

Особенный интерес для биофизики представляют возможные механизмы взаимодействия излучения с веществом. Изучение этих механизмов- одна из базовых задач радиационной биофизики. Особые проблемы возникают при изучении взаимодействия фотонов с различными биомолекулярными комплексами. Однако эти проблемы лежат в общем контексте радиационной биофизики. Ознакомимся с ними.

Как известно, при радиоактивном распаде образуются различные продукты распада (γ -кванты, электроны, позитроны, нейтроны, протоны и т.д.), которые могут в дальнейшем взаимодействовать с окружающим веществом. Характер взаимодействия может быть различным (о чем мы скажем ниже), однако для этих взаимодействий существует общий математический закон- закон взаимодействия излучения с веществом. Пусть интенсивность излучения, прошедшего через вещество, первоначально равна I_0 . Будем считать, что слой вещества толщиной dx уменьшает интенсивность излучения на dI вследствие взаимодействия, т.е.

$$dI = -\mu I dx ,$$

где μ -физическая константа, коэффициент поглощения веществом данного излучения, а I - интенсивность излучения, падающего на слой толщиной dx . После разделения переменных и интегрирования с выбором константы интегрирования I_0 , получим следующее решение:

$$I = I_0 e^{-\mu x} .$$

Легко видеть, что при $x=0$ у нас $I=I_0$ (начальные условия).

Этот экспоненциальный закон поглощения хорошо описывает взаимодействие, например, рентгеновского или γ -излучения с веществом.

Из этой формулы можно определить толщину слоя вещества x , который ослабляет интенсивность излучения в n раз:

$$n = \frac{I_0}{I} = e^{\mu x} \Rightarrow \ln(n) = \mu x \Rightarrow x = \frac{\ln(n)}{\mu} .$$

Отсюда, зная активности препарата I_1 и I_2 при накрывании его пластинами толщиной x_1 и x_2 , можно найти коэффициент поглощения данного вещества μ

$$I_1 = I_0 e^{-\mu x_1} , \quad I_2 = I_0 e^{-\mu x_2} , \quad \frac{I_1}{I_2} = e^{\mu(x_2 - x_1)} \Rightarrow \mu = \frac{\ln \frac{I_1}{I_2}}{x_2 - x_1}$$

В настоящей работе ставится задача определения коэффициентов поглощения неизвестного вещества и свинца и их сравнение ($\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_1}{N_2}$) путем теоретического обсчета уже полученных ранее экспериментальных кривых.

Математическая зависимость $I=I(x)$ определяет только количественные характеристики взаимодействия излучения с веществом, не объясняя качественную, физическую сторону процесса. Следует отметить, что характер взаимодействия чрезвычайно разнообразен. Это и взаимодействие β -излучения с электронами и ядрами атомов, приводящее к выбиванию электронов из ядер (ионизация атомов), и образование вторичного рентгеновского или светового излучения или захват электрона ядром с последующей ядерной реакцией. Однако β -излучение сильно поглощается веществом (см. таблицу 6) и защита от него несложная. Из других видов радиоизлучения особый интерес представляют потоки γ -квантов и нейтронов. Последние обладают большой проникающей способностью (из-за отсутствия заряда и большой массы) и взаимодействуют, в основном, с ядрами, порождая ядерные реакции (имеет место и соударения с электронами атомов, приводящие к ионизации).

Большой проникающей способностью обладают γ -кванты. Причем в зависимости от их энергии можно выделить три основные компоненты коэффициента поглощения μ , это коэффициенты поглощения, обусловленные потерей энергии квантами в явлениях фотоэффекта, комптон-эффекта и образования пар, т.е.

$$\mu = \mu_{\text{фот}} + \mu_{\text{Комп}} + \mu_{\text{пар}}$$

Как известно, *фотоэффект*- это испускание электронов веществом под действием электромагнитного излучения. Свободный электрон не может поглотить фотон, так как соблюдение законов сохранения энергии и количества движения не может иметь место одновременно. Поэтому γ -кванты взаимодействуют с электронами в атоме, приводя к ионизации атома (выбивание электрона с орбиты), при этом затрагивается энергия ионизации или совершению работы выхода в конденсированных средах (например, в твердом теле), где энергия поглощается электронами проводимости (в металлах) или валентными электронами (в диэлектриках и полупроводниках).

В конденсированных средах может наблюдаться фотоэлектронная эмиссия (внешний фотоэффект) или внутренний фотоэффект (изменение проводимости вещества за счет образования электронов проводимости или дырок).

Для фотоэффекта справедливо соотношение Эйнштейна

$$E = h\nu - E_{\text{и}} (E_{\text{и}} \text{ или } A_{\text{вых}})$$

где E - кинетическая энергия фотоэлектрона, $h\nu$ - энергия фотона, h - постоянная Планка, $E_{\text{и}}$ - энергия ионизации, $A_{\text{вых}}$ - работа выхода электрона из вещества. Если $h\nu < E_{\text{и}}$, то фотоэффект невозможен.

Возможен также ядерный фотоэффект- поглощение γ -кванта атомным ядром, приводящее к перестройке последнего (так называемые ядерные реакции). Явление такого фотоэффекта наблюдается при значениях $h\nu$ соизмеримых с

атомными энергиями связи (электронов и ядер). При больших энергиях γ -кванта главенствующую роль играет эффект Комптона- упругое рассеяние электромагнитного излучения на свободных электронах, сопровождающееся увеличением длины волны.

Классическая электродинамика не могла объяснить увеличения λ , т.к. электроны

среды при взаимодействии должны колебаться с частотой электромагнитной волны

и давать такое же вторичное излучение. Наблюдая впервые в 1922г. рассеянные в парафине рентгеновские лучи, американский физик А.Комптон дал следующее объяснение этому явлению. Каждый фотон обладает энергией

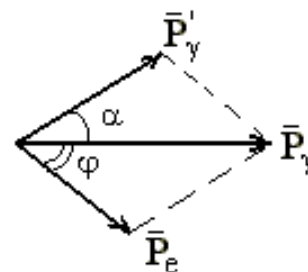


Рис.2.9.6.

$h\nu=hc/\lambda$ и импульсом P_γ ; при упругом столкновении γ -кванта с покоящимся электроном, в соответствии с законом сохранения энергии и импульса, имеет место следующая векторная диаграмма (рис.2.9.6). Здесь \bar{P}_γ и \bar{P}'_γ импульсы налетающего и рассеянного фотонов,

$$\bar{P}_e = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

импульс электрона отдачи, α - угол рассеяния фотона, ϕ - угол вылета электрона отдачи относительно направления падающего фотона.

Решение уравнения для суммарной энергии и импульса дает значение сдвига длины электромагнитной волны $\Delta\lambda$

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_0(1 - \cos\alpha)$$

где $\lambda_0 = \frac{h}{mc} = 2,426 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ - комптоновская длина волны электрона (m - масса

электрона). Энергия электрона отдачи существенно зависит от угла ϕ , причем было получено очень хорошее опытное подтверждение теоретическим расчетам.

В реальных условиях электроны не свободны, а связаны в атомах и движутся, поэтому, если $h\nu$ больше энергии связи электронов в атоме (рентгеновское и γ -излучение), то наблюдается вылет электронов отдачи из атома. В этом случае говорят о рассеянии фотонов, как на свободных электронах. В противном случае (при меньших $h\nu$) фотон обменивается энергией со всем атомом, а так как масса последнего велика, то отдача практически отсутствует и фотон не изменяет свою энергию а, следовательно, и длину волны. В этом случае говорят о когерентном рассеянии γ -квантов.

В тяжелых атомах энергия связи периферических электронов мала, поэтому в рассеянном излучении имеются комптоновские излучения ($\lambda' > \lambda$) и когерентные.

Кроме того, движение электронов в атоме приводит появлению эффекта Доплера, что накладывает дополнительные ограничения на величину λ . Эффект

Комптона вносит основной вклад в рассеяние энергии γ -квантов при прохождении излучения через вещество при энергиях порядка 1-10 МэВ для тяжелых элементов (например, свинца) и в больших интервалах энергий 0,1-30 МэВ для легких элементов (алюминия).

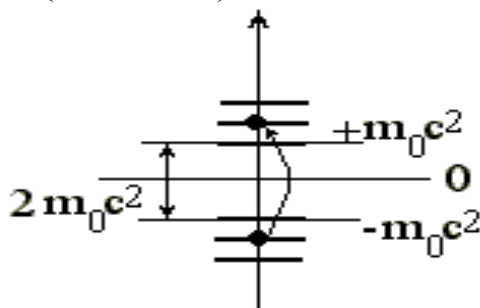


Рис. 2.9.7.

При больших значениях энергий γ -квантов (свыше 10 МэВ) имеет место новый вид взаимодействия излучения с веществом-рождение пар. Теоретическое предсказание такого эффекта было впервые сделано П.Дираком. Из решения уравнения релятивистской квантовой механики Поль Дирак получил значения энергии электрона в пределах от $-\infty$ до $-m_0c^2$ и от $+m_0c^2$ до $+\infty$ (в силу симметрии уравнений), где m_0 - масса покоя электрона, а c - скорость света. В то время не были известны электроны с отрицательной энергией и Дирак предположил, что отрицательные уровни

энергии полностью заполнены свободными электронами, однако обнаружить их в обычных условиях невозможно. Под действием возбуждения (γ -кванта с большой энергией) возможен переход электрона с отрицательного уровня энергии на положительный, при этом необходима энергия перехода $h\nu \geq m_0c^2$, которая превышает энергетический барьер (рис.2.9.7). При таком переходе в области отрицательных значений энергии обнаруживается недостаток, например, одного электрона- дырка, которая воспринимается как положительная частица-позитрон. Эта частица подобна электрону по свойствам (кроме заряда) и является его античастицей (аналогично для протона и антипротона).

Экспериментально эффект поглощения жестких γ - квантов вблизи ядра вещества, сопровождающийся появлением пары электрон-позитрон, наблюдался значительно позже. Следует отметить, что образовавшаяся дырка- позитрон- в области отрицательных значений энергии очень быстро ($\tau \leq 10^{-6}$ с) заполняется электроном из области положительных энергий, при этом электрон и дырка аннигилируют (исчезают с образованием γ - квантов и последующим возбуждением атомов вещества).

В настоящее время экспериментально обнаружены очень многие античастицы, которые подтвердили теорию Дирака.

Из всего сказанного видно то многообразие видов взаимодействия изучение с веществом, приводящее, в конечном счете, к рассеянию энергии и ее поглощению. Для энергетической характеристики этого взаимодействия вводят понятие поглощенной дозы- энергии изучения, поглощенной единицей массы

облучаемой среды, которая измеряется в радах. Поглощенной дозе в один рад соответствует количество поглощенной энергии в 0,01 Дж/кг.

Кроме того, существует понятия дозы облучения, которая определяется по ионизации воздуха. Для электромагнитного излучения эта доза измеряется рентгенах. Один рентген соответствует поглощению такого количества излучения, при котором образовавшееся вторичное корпускулярное излучение (электроны) производит в 1 см³ (при нормальных условиях) такое число ионов, что суммарный заряд их равен одной единице СГСЕ ($3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл). Предполагается, что энергия вторичного излучения полностью идет на ионизацию. Этой дозе соответствует образование $2,08 \cdot 10^9$ пар ионов в 1 см³ воздуха. В СИ единицей измерения экспозиционной дозы (облучение) является 1 кулон на килограмм. Между этими единицами измерения существует соотношение $1р = 2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг. Для других видов излучений существует единица измерения – физический эквивалент рентгена – ФЭР.

При действии радиоизлучения на биологические объекты, также возникает вторичное излучение, приводящее к образованию ионов и свободных радикалов с последующим образованием перекисных соединений. Последние оказывают неблагоприятное воздействие на биологическую клетку. Для количественной оценки дозы облучения биологических объектов вводят биологический эквивалент рентгена – БЭР. Существуют определенные нормы (санитарные нормы) дозы облучения предельно допустимые в различных производствах.

Доза облучения в 500 Р и выше считается смертельной для человека. Специалистам по эксплуатации и настройке аппаратуры, в которой используются радиоактивное излучения, необходимо знать предельно допустимые дозы облучения. Для медиков и биологов важно знать методы биологической защиты от радиации. Дело в том, что наряду с физическим методом защиты (используются вещества, сильно поглощающие РИ, в частности, Ва, В, Рb), используются вещества (антидоты), которые активно связывают перекисные соединения и выступают в качестве протекторов мембран. Таких веществ синтезировано уже значительное количество, но это все экзогенные (внешние) факторы. К эндогенным факторам следует отнести уровень витамина С в организме. Последний сильно улучшает свойства мембран и является сильным протектором не только от негативных последствий РИ, но и эффективен при заболеваниях, для задержки старения, при стрессах.

Таким образом биологическая защита от РИ (своевременно примененная) может значительно увеличить LD₁₀₀ для млекопитающих (например человек может выдержать 1000-1500 рентген и остаться живым) и это надо учитывать при возможности действия РИ.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ

"Получение зачета по лабораторной работе"

После выполнения контрольных заданий и самоподготовки обучаемый должен выполнить практическую часть: определить значения активности

препарата при накрывании различными пластинами, построить на миллиметровой бумаге график и сделать вывод о сравнительных характеристиках активности N и N_0 . Выполнив отчет по теории и практической части, обучаемый получает зачет по лабораторной работе.

Графологическая структура темы: АТОМНАЯ БИОФИЗИКА

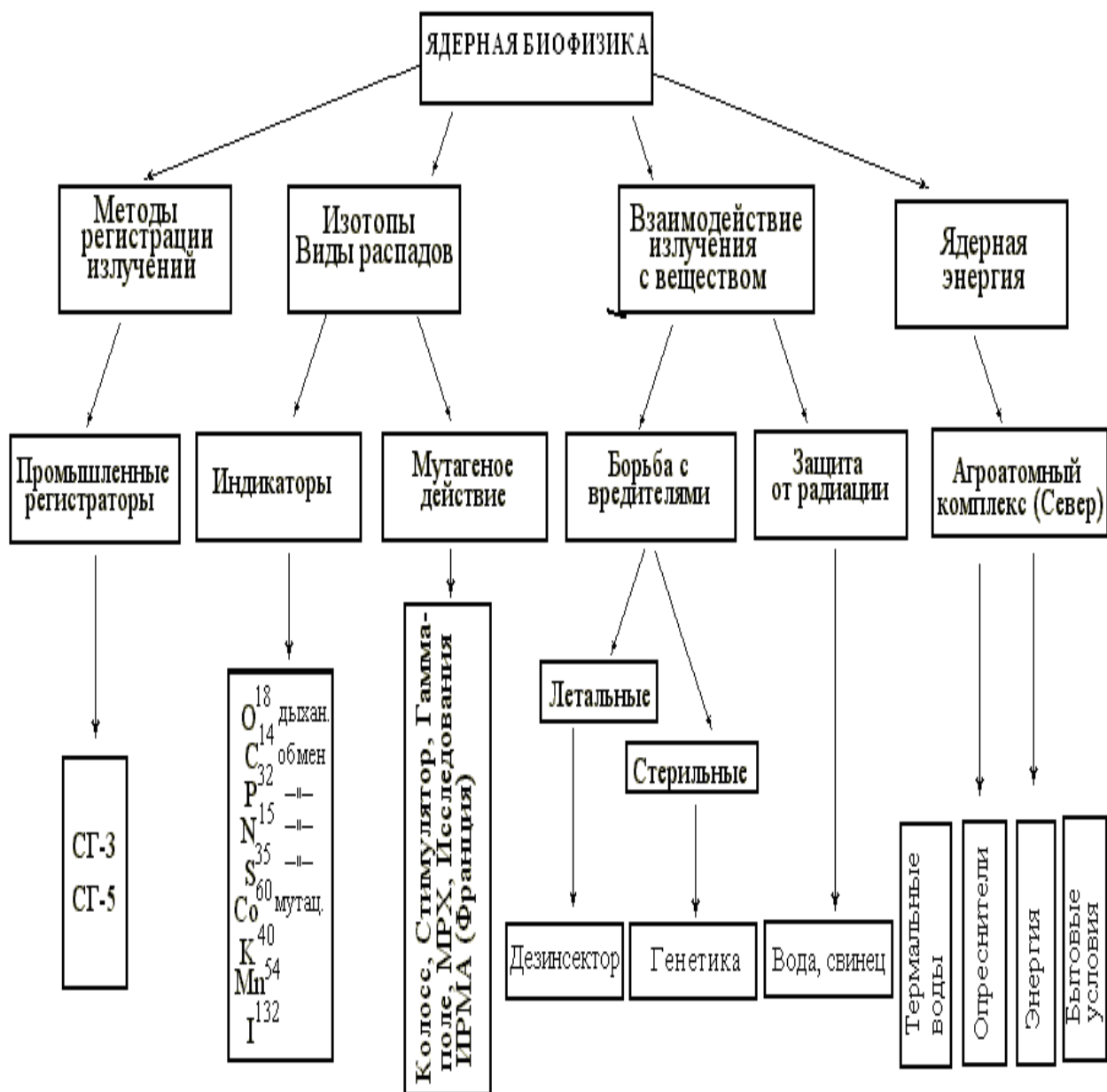


Таблица 2.9.1

Периоды полураспада радиоактивных изотопов

Элемент	Изотоп	Период полураспада
Галлий	$_{31}\text{Ga}^{72}$	14,2 часа
Полоний	$_{84}\text{Po}^{212}$	45 сек
Торий	$_{90}\text{Th}^{232}$	$1,41 \cdot 10^{10}$ лет
Уран	$_{92}\text{U}^{235}$	$7,13 \cdot 10^8$ лет
	$_{92}\text{U}^{238}$	$4,51 \cdot 10^9$ лет
Нептуний	$_{93}\text{Np}^{237}$	$2,14 \cdot 10^6$ лет
Магний	$_{12}\text{Mg}^{27}$	10 мин
Фосфор	$_{15}\text{P}^{32}$	14,3 суток
Кобальт	$_{27}\text{Co}^{60}$	5,3 года
Стронций	$_{38}\text{Sr}^{90}$	27 лет
Иод	$_{53}\text{I}^{131}$	8 суток
Церий	$_{58}\text{Ce}^{144}$	285 суток
Радон	$_{86}\text{Rn}^{222}$	3,8 суток
Радий	$_{88}\text{Ra}^{226}$	1620 лет
Актиний	$_{89}\text{Ac}^{225}$	10 суток

Таблица 2.9.2

Зависимость максимального пробега β -частиц R_β от энергии E_β макс.в алюминии, биологической ткани (или воде) и воздухе

Энергия β - частиц E_β , МэВ	Алюминий		Ткань или вода, мм	Воздух, см
	мг/см ²	Мм		
0,01	0,16	0,0006	0,002	0,13
0,02	0,70	0,0026	0,008	0,52
0,03	1,50	0,0056	0,018	1,12
0,04	2,60	0,0096	0,030	1,94
0,05	3,90	0,0144	0,046	2,91
0,06	5,40	0,0200	0,063	4,03
0,07	7,10	0,0263	0,083	5,29
0,08	9,30	0,0344	0,109	6,93
0,09	11,00	0,0407	0,129	8,20
0,10	14	0,050	0,158	10,1
0,20	42	0,155	0,491	31,3
0,30	76	0,281	0,889	56,7
0,40	115	0,426	0,8	85,7
0,50	160	0,593	1,87	119
0,60	220	0,778	2,46	157
0,70	250	0,926	2,92	186
0,80	310	1,15	3,63	231
0,90	350	1,30	4,10	261
1,00	410	1,52	4,80	306
1,25	540	2,02	6,32	406
1,50	670	2,47	7,80	494
1,75	800	3,01	9,50	610
2,00	950	3,51	11,1	710
2,50	1220	4,52	14,3	910
3,00	1500	5,50	17,4	1100
3,50	1750	6,48	20,4	1300
4,00	2000	7,46	23,6	1500
4,50	2280	8,44	26,7	1700
5	2540	9,42	29,8	1900
6	3080	11,4	36,0	2300
7	3600	13,3	42,0	2700
8	4100	15,3	48,4	3100
9	4650	17,3	54,6	3500
10	5200	19,2	60,8	3900
20	10500	39,0	123	7800

Значение коэффициента нормированных отклонений (Стьюдента) $T_{k\beta}$

Число степеней свободы $k=n-1$	Доверительная вероятность β			
	0,9	0,95	0,99	0,999
1	6,31	12,7	63,66	»
2	2,92	4,3	9,93	31,60
3	2,35	3,18	5,84	12,94
4	2,13	2,78	4,60	8,61
5	2,02	2,57	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,71	5,96
7	1,90	2,37	3,50	5,41
8	1,86	2,31	3,36	5,04
9	1,83	2,26	3,25	4,78
10	1,81	2,23	3,17	4,59
11	1,80	2,20	3,11	4,44
12	1,78	2,18	3,06	4,32
13	1,77	2,16	3,01	4,22
14	1,76	2,15	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,86	3,88
20	1,73	2,09	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,80	3,75
25	1,71	2,06	2,79	3,73
26	1,71	2,06	2,78	3,71
27	1,70	2,05	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,76	3,67
29	1,70	2,05	2,76	3,66
30	1,70	2,04	2,75	3,65
31	1,64	1,96	2,68	3,29

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

В. М. Еськов, В. А. Папшев, В.А. Цейтлин

БИОФИЗИКА

**Учебное пособие для студентов заочной и очной формы
обучения биологических и медицинских факультетов
университетов к лабораторно-практическим занятиям
(часть 1)**

Сургут, 2002 г.

УДК 376.5
ББК 74.212
Е 873

**Е 873 Еськов В.М., Папшев В.А., Цейтлин В.А. Биофизика:
Учебное пособие.**

Книга предназначена для студентов биологических и медицинских факультетов университетов, изучающих курс биофизики с использованием лабораторно-практических занятий. Содержит основные разделы биофизики сложных систем и молекулярной биофизики. Может быть использована как учебное пособие для учителей школ при разработке элективных курсов биологии и физики в двенадцатилетней школе.

Рецензенты: д.п.н., профессор З.Ф. Мазур
д.б.н., профессор В.И. Попченко

© Еськов В.М., Папшев В.А., Цейтлин В.А., 2002

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.1
БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ РОСТА И РАЗВИТИЯ
ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА – ПРИМЕР ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ
В ПРИРОДЕ

Цель работы:

1. Обучающийся должен знать: процессы ассимиляции и диссимиляции в клетке, примеры таких процессов в природе, вид уравнений, описывающих лимитирование процессов роста и развития, программы на ЭВМ, реализующие решения этих уравнений.

2. Обучающийся должен уметь: записать уравнение лимитирования развития популяции и динамики изменения массы отдельной сферической клетки и организма человека в целом, составить модель на ЭВМ и проанализировать получаемые результаты, уметь масштабировать графики, представляющие динамику процессов.

Практическое значение работы:

Практически все процессы в живой природе имеют лимитирующие факторы (возбуждение в нейронных сетях, численность популяций и т.д.). Каковы механизмы такого лимитирования, что такое отрицательная и положительная связь, каковы основные закономерности динамики таких процессов. Ответы на эти вопросы находятся в данной работе. Этот формализованный подход должен знать каждый биолог и медик, независимо от профиля будущей специальности, ибо это общие законы живой природы, а конкретные механизмы отрицательных обратных связей – это объект изучения исследователей в области медицины и биологии.

Оборудование: ЭВМ с принтером, карандаши, бумага

Бюджет времени: выполнение практической работы - 2 часа, самоподготовка- 2 часа, лекция- 2 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зотин А.И. Количественные теории роста.// Количественные аспекты роста.- М.: Наука, 1975.- С.267- 272.
2. Зотина Р.С., Зотин А.И. Объединенные уравнения роста.// Журнал общей биологии.- 1973.- Т. 34, №4.- С. 606- 616.
3. Рубин А.Б. Биофизика.- М.: Высшая школа.- 1987.
4. Еськов В.М., Филатова О.Е., Рачковская В.А. Лекции по экологии.- Сургут, 2000.
5. Ханин М.А. и др. Экстремальные принципы в биологии и физиологии. М.: Наука, 1978.- С.128- 146.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ “САМОПОДГОТОВКА”

Цель этапа: 1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.

2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.

I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить понятие лимитирования в биосистемах, основные закономерности роста и развития организмов в онто- и филогенезе, понятие математических моделей процессов, происходящих в развивающихся биологических системах.

II. Изучив блок информации и учебную литературу, обучаемый должен ответить на следующие вопросы и решить задачи:

1. Приведите пример ассимиляции в клетке (химическая реакция).

2. Приведите пример процесса диссимиляции (глюкозы, АТФ).

3. Опишите количественно процессы ассимиляции и диссимиляции веществ и объясните уравнение изменения массы клетки.

4. Приведите примеры лимитирования в природе (например, в экологии).

5. Поясните программу расчета динамики популяции с лимитированием.

6. Как осуществляется масштабирование графиков в этой работе?

7. Исходный организм (яйцо) имел размеры $R = 3$ см (сфера). После деления клеток при той же массе ($\rho = 1,1$ г/см³) средний

размер клеток стал $R = 0,01$ мм. На сколько увеличилась поверхностная энергия такого организма после деления клеток, если $\sigma = 73 \cdot 10^3$ Н/м.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: “ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ”

1. Наберите представленную программу на ЭВМ. Задайте следующие начальные условия: $Z_0 = 25$ (допустимая ошибка модели); $d_2 = 0.0001$ (начальное приближение параметра лимитирования); $S = 20 - 50$ (масштаб ось y , растяжка графика на экране); $DT = 0.01$ (масштаб времени, ось x); $K = 20000$ (параметр цикла).

2. Определите для себя значения параметров N_0, \dots, N_M , с помощью программы NEIGH1.BAS идентифицируйте параметры A и B модели динамики собственного роста. Пронаблюдайте процесс построения графиков последовательного приближения, итоговый график срисуйте в тетрадь. Убедитесь в возможностях масштабирования по осям X и Y вашего графика.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ: “ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ”.

До получения зачета по работе обучаемый должен изучить все методические указания, ответить на вопросы и решить задачи из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения второго этапа необходимо оформить протокол работы и подписать его у преподавателя, а затем приступить к оформлению отчета в тетради.

Лабораторная работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы. Особое внимание следует обратить на теоретическое объяснение результатов исследований.

Блок информации

Мальтус формально был прав в 1798 году, когда говорил о возможности перенаселения планеты Земля. Однако в природе всегда существует масса лимитирующих (ограничивающих) факторов. На это еще в 19-м веке указывали ученые Ферхюльст и Пирл, предложив функциональную зависимость коэффициента скорости роста A численности X от переменной X , т.е. $A = A(X)$.

Известно, что любую функцию можно разложить в ряд по аргументу X и (если ограничиться линейным членом) получим в нашем случае $A=A_0-BX$ (знак "-" соответствует отрицательной обратной связи). Тогда простейшая модель экспоненциального роста вида

$$\frac{DX}{DT} = AX \quad (1)$$

примет вид:

$$\frac{DX}{DT} = (A_0 - BX)X \quad (2)$$

Легко видеть, что с ростом X величина A убывает и при $A_0 - BX^* = 0$ или $X^* = A_0/B$ имеем $\frac{DX}{DT} = 0$, т.е. скорость прироста численности равна "0". В этом случае численность популяции стабилизируется за счет отрицательных обратных связей вблизи значения X^* .

В природе роль этих обратных связей играют трофические взаимоотношения (мало пищи и A уменьшается). В популяции человека такое бывает только в слаборазвитых странах, где гибнут дети от голода и болезней в раннем возрасте. В более развитых странах роли лимитирующих факторов играют социальные условия. К ним относятся: законы государства, ограничивающие рождаемость (например, Китай); социально не престижно иметь много детей, феминистское движение, когда женщины вступают в брак и не желают иметь детей. В целом, сейчас в обществе существует масса лимитирующих факторов, обеспечивающих появление "- BX " в моделях численности популяции человека, поэтому в реальной ситуации теория Мальтуса неверна и кривая роста численности популяции человека будет иметь вид кривой с насыщением (рис.1).

Это так называемая логистическая кривая Ферхюльста- Пирла, причем для планеты Земля $X^* \cong 9$ млрд.человек. Получить этот график Вы можете на ЭВМ, если положить в (2) $\frac{DX}{DT} = XN - XS$ и тогда

$$XN = XS + (A_0 - B * XS) * XS * DT, \quad (3)$$

где знак "*" означает умножение, а XN выражается через предыдущие (старые) значения численности XS из уравнения (3). В приложении 1 приводится программа для построения и исследования графика (рис.1) зависимости $X = X(T)$ в случае действия лимитирующих факторов внешней среды.

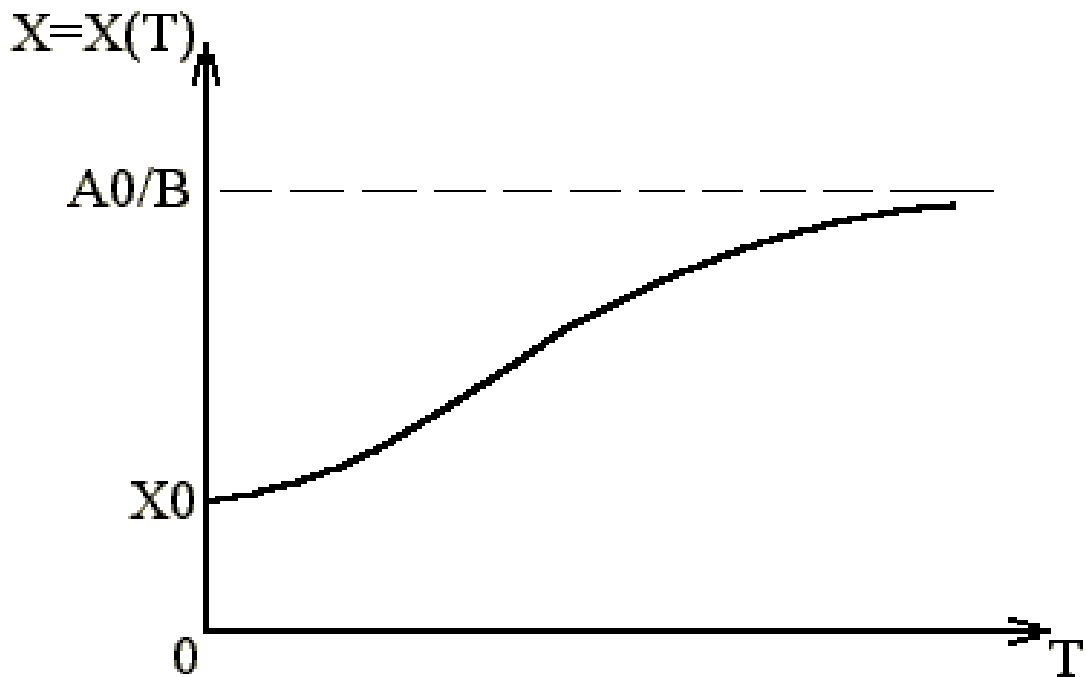


Рис. 1. Модель динамики популяции с лимитированием.

Важно отметить, что аналогичные механизмы отрицательной обратной связи функционируют и в организме человека. Действительно, человек это совокупность клеток, численность которых может быть лимитирована генетически или трофически. Следует подчеркнуть, что механизмы отрицательной обратной связи работают уже на клеточном уровне, т.к. они не дают клетке возможности расти неограниченно. Рассмотрим самый простейший случай со сферической клеткой. Известно, что поступление питательных веществ в клетку (ассимиляция веществ) происходит через её поверхность $S=4\pi R^2$, где R - радиус клетки. Ассимиляция этих веществ способствует росту клетки, увеличению её массы (и объёма) M . Одновременно с ассимиляцией происходит диссимиляция (распад) веществ. Этот процесс протекает внутри объёма клетки $V=\frac{4}{3}\pi R^3$ и он способствует уменьшению массы вещества, т.к. побочные продукты выводятся через мембрану клетки наружу.

Таким образом динамика изменения массы (и объёма соответственно) системы зависит от двух взаимно противоположных процессов- ассимиляции и диссимиляции, т.е. можно представить, что скорость изменения M зависит от R следующим образом

$$\frac{dM}{dt} = AR^2 - BR^3. \quad (4)$$

Если вспомнить, что $\rho = M/V$ (ρ - средняя плотность клетки, $\rho \approx \text{const}$), то

$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{M}{\rho}$ и $R^3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{M}{\rho\pi}$. Тогда окончательно имеем, что $R^2 = \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{M}{\rho\pi}\right)^{2/3}$ и с точностью до постоянных получим

$$\frac{dM}{dt} = AM^{2/3} - BM. \quad (5)$$

Уравнение (5) доказывает, что накопление (прибавка массы M) должно зависеть от M меньшей степени, чем диссипация (убыль массы M). Это же уравнение обосновывает и правомочность применения уравнения (2) для описания динамики массы человека, т.е.

$$\frac{dM}{dt} = AM - BM^2. \quad (6)$$

Легко видеть, что показатель степени $2/3$ перешел в 1, а 1- в 2. Изменив количественно показатели, мы не изменили качественно динамику процесса- диссипация более быстрый процесс, чем ассимиляция!

Отметим, что с возрастом B может увеличиваться (постепенно), т.е. процесс распада усиливается и точка покоя M^* ($dM/dt=0$) уравнения (6) может уменьшить свою величину. Такая модель описывает процесс развития и старения организма человека. Отметим, что в среднем рост человека и его масса связаны приблизительно линейно ($M \sim H$), поэтому модель для роста имеет вид уравнения (6).

В настоящей работе Вам необходимо, используя уже готовую программу, произвести идентификацию модели (найти параметры A и B) своего собственного развития. Для этого, например, надо ввести начальный рост (при рождении) H_0 (спросите у родителей), H_5 (рост в 5 лет), H_{10} (рост в 10 лет), H_{15} (рост в 15 лет) и H_M (текущее значение роста). Отмеченная связь роста и веса позволяет моделировать процесс исходя из величин веса в соответствующем возрасте. Рост вводим в сантиметрах, вес в килограммах. Если точной информации нет, введите данные приблизительно. Программа реализует итерационный подбор параметров модели, исходя из первичного приближения d_2 (параметр лимитирования),

пока расхождение между модельными данными и точками H_0, \dots, H_M не станет меньше ошибки Z_0 .

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Для системы с лимитированием, описываемой уравнением

$$DX / DT = (A_0 - BX) X, \quad (\text{см.}(3))$$

можно получить рекуррентное соотношение

$$X_N = X_S + (A_0 - B * X_S) * X_S * DT \quad (7)$$

Программа на ЭВМ, реализующая подбор параметров этого уравнения, будет иметь вид:

```
CLS : SCREEN 9, 1, 0
INPUT "H0=", H0
INPUT "H05=", H10
INPUT "H10=", H20
INPUT "H15=", H30
INPUT "HM=", HM
INPUT "Z0=", Z0
INPUT "d2=", d2
INPUT "S=", S
INPUT "K=", K
INPUT "DT=", DT
CLS : LINE (40, 250)-(40, 30), 15: LINE (40, 250)-(600, 250),
15
LOCATE 3, 4: PRINT "H"
LOCATE 19, 62: PRINT "Реальное время";
10 d1 = d2 * HM
HS = H0 + (d1 - d2 * H0) * H0 * DT
FOR i = 1 TO K
HN = HS + (d1 - d2 * HS) * HS * DT
T1 = DT * i
T = 40 + i * DT * S
Y = 250 - HN * .5
PSET (T, Y), 14
IF T1 = 10 THEN P = HN
IF T1 = 20 THEN Q = HN
IF T1 = 30 THEN O = HN
IF K = 19999 THEN GOTO 100
```

```

HS = HN
NEXT i
100 Z1 = (P - H10) ^ 2 + (Q - H20) ^ 2 + (O - H30) ^ 2
Z = SQR(Z1)
IF Z > Z0 THEN d2 = d2 + .0001: GOTO 10
200 LOCATE 21, 15
PRINT "Окончательные параметры модели"
LOCATE 22, 15
PRINT "d2=", d2
LOCATE 23, 15
PRINT "d1=", d1

```

Программа реализует итерационный процесс расчета значений из модели и сравнения их с реальными точками H0, H05, H10, H15, HМ. Сначала задается приближение параметра лимитирования d2 достаточно малым и рассчитываются модельные результаты. В строчке 100 происходит расчет отклонения модельных данных от реального значения и сравнение с допустимой ошибкой Z0. Если отклонение больше ошибки, происходит увеличение d2 и данные рассчитываются заново с последующим сравнением; процесс идет до тех пор, пока ошибка Z0 не превысит отклонение модели. Тогда на экран выдаются параметры модели d1 (аналог А) и d2 (аналог В).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.2 **ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОКОЯ БДС.** **ИДЕНТИФИКАЦИЯ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ** **РАБОТЫ** **СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ (ССС) ЧЕЛОВЕКА.**

Цель работы:

1. Обучающийся должен знать: биологическую и математическую трактовку понятия покоя биологических динамических систем (БДС), основные методы идентификации стационарных режимов динамических систем (метод наименьших квадратов, метод минимальной реализации - ММР), основные методы определения параметров ССС (частота пульса, САД и ДАД, скорость пульсовой волны).
2. Обучающийся должен уметь: измерять параметры ССС с помощью лабораторной установки, строить модели системы регуляции пульса с помощью ЭВМ и программы.

Практическое значение работы:

Стационарные режимы БДС (удержание параметров биологической системы в фиксированных значениях)- весьма важный режим их функционирования. Особое значение при этом имеет проблема идентификации БДС в режиме "черного ящика", когда внешние (наблюдаемые) параметры БДС как бы не меняются, но внутри система может испытывать существенные структурные перестройки, которые в ряде случаев могут закончиться гибелью БДС (вспомним синдром внезапной смерти при дезритмии в ССС). В этой связи использование методов идентификации БДС позволяет предсказывать изменение порядка модельной системы, возникновение бифуркаций или даже хаоса в ней. Одному из методов (ММР) идентификации моделей БДС и посвящена данная работа

Бюджет времени: на изучение теории (самоподготовка)- 4 часа, выполнение работы- 2 часа, лекции- 2 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П.К.
2. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце.- Киев, 1989г.,214 с.
3. Еськов В.М., Филатова О.Е. Компьютерная идентификация респираторных нейронных сетей. Пушино., 1994. 94 с.
4. Косицкий Г.И. Цивилизация и сердце. Москва 1977 г., 183 с.
5. Скупченко В.В., Милюдин Е.С. Фазотонный гомеостаз и врачевание.- Самара, 1994 г. 256с.
6. Судаков К.В., Надирашвили С.А., Швыркова Н.А. и др. Теория системогенеза, Москва 1997 г., 566 с.
7. Сливинских В., Шимоните В. Минимальная реализация и формантный анализ динамических систем и сигналов. Вильнюс: Мошлас,1990. 230 с.
8. Чазов Е.И. Руководство по кардиологии. Москва 1982, 4 т.
9. Kalman R.E. On minimal partial realization of linear input/output map in aspects of network and system theory//Kalman R.E. and Claris N.D., Holt, Rinehart and Winstont. New York, 1971.
10. Lindquist A., Gragg W.B. On the partial realization problem.// Linear Algebra Appl. 1983. 50. p.277- 319.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ “САМОПОДГОТОВКА”

I. Перед изучением работы необходимо повторить понятия модели и математической модели (ММ), понятия вектора состояния, дифференциальные и разностные уравнения, метод наименьших квадратов, основные элементы регуляции ССС (симпатическая и парасимпатическая регуляция сердца, роль гормонов), понятия работы и мощности, выполняемой человеком в результате физических упражнений.

II. Для самоконтроля новых знаний необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Как измеряется систолическое и диастолическое давления, какова их природа?
2. Что такое быстрая и медленные компоненты в регуляции частоты сердечных сокращений (ЧСС)?
3. За счет чего изменяется АД и ЧСС в результате короткой физической нагрузки?
4. В чем сущность метода "черного ящика"- основы метода минимальной реализации (ММР)?
5. Как правильно выполнить измерения и идентификацию БДС в данной исследовательской работе?
6. Охарактеризуйте основные типы реакции ССС в ответ на дозированные нагрузки.
7. Что такое дистонический и ступенчатый тип реакции? Можно ли их идентифицировать с помощью ММР?
8. Как характеризуют собственные значения матрицы линейного приближения изучаемую БДС?
9. Что такое Перронов корень и как он характеризует БДС?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: “ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ”

1. Перед началом опытов у испытуемого измеряют ЧСС, САД, ДАД.

2. Испытуемый выполняет 30 приседаний (если абсолютно здоров) за 30 сек или (если имеется легкое недомогание, девушки) за 1 мин по метроному. Затем каждые 30 сек (или 1 мин) измеряют ЧСС, САД, ДАД и заносят их в таблицу. Желательно измерения провести не меньше 16 раз (8 раз во втором случае) за восстановительный период. Существенно, что бы нагрузка не

ощущалась как предельная, в противном случае испытания следует прекратить. Желательно испытания проводить на спортсменах.

3. Полученную таблицу данных сравнивают с исходными (до нагрузки – испытаний) данными и разницу между полученными и исходными результатами заносят как марковские параметры (поочередно для ЧСС, ДАД, САД) в ЭВМ (во 2-м разделе mra.exe). С помощью ЭВМ вычисляют матрицу A , C и собственные значения матрицы A . Результаты вносят в таблицу 2 (таблица 1- результаты измерений). Делают выводы о значениях собственных значений A и о наличии Перронова корня (или отсутствии!)

Таблица 1

	ЧСС	dx	САД	dy	ДАД	dz
Исходн.		0		0		0
1 мин						
2 мин						
...						
8 мин						

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы и решить задачи из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Блок информации

Стационарные режимы функциональных систем организма.

Организм человека – это совокупность многих функциональных систем. Эти системы испытывают постоянные возмущения со стороны внешней и внутренней среды. Центральная нервная система (ЦНС) обеспечивает некоторую стабильность работы всех этих функциональных систем. Например, работа сердца, частота дыхания в норме приблизительно находятся около некоторого стационарного состояния. Математически это выглядит так, что

скорости изменения параметров x этих систем (dx/dt) приблизительно равны нулю (т. е. $dx/dt=0$ или $x=const$).

Однако внешние возмущения приводят к $dx/dt \neq 0$. Возникает вопрос: как оценить момент, когда мы переходим от $x=const$ к $x=x(t)$, т.е. $x \neq const$? Ответ на этот вопрос представлен в данной работе.

1. Понятие динамических систем в живой и неживой природе.

Любая техническая или биологическая система может быть описана некоторыми переменными величинами, которые можно трактовать как координаты некоторого вектора состояния x данной БДС, т.е.

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

где x – вектор-столбец, x^T – вектор-строка, $x_i = x_i(t)$.

Координаты $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ такого вектора могут иметь различный смысл. Например, для движущегося механизма x_i – это его координаты в пространстве (X, Y, Z) и во времени t , а так же величины изменения переменных (x, y, z) во времени, т.е. скорости $dx/dt = V_x$, $dy/dt = V_y$, $dz/dt = V_z$. Зная эти семь переменных мы можем характеризовать полностью движение любого тела в пространстве.

Отметим, что в этом примере $x_1=x$, $x_2=y$, $x_3=z$, $x_4=V_x$, $x_5=V_y$, $x_6=V_z$ являются функциями (переменными) от аргумента t , т.е. вектор $x=(x_1, x_2, \dots, x_6)$ состоит из 6-ти компонент. Его можно представить в виде вектора в 6-ти мерном пространстве, но графически это сделать трудно. Тем не менее мы будем говорить в дальнейшем о задании любого вектора x состояния БДС в n -мерном пространстве, которое будем называть фазовым пространством. Например, если мы имеем дело с функциональной системой (ФС) организма (по П. К. Анохину ФС – это комплекс взаимодействующих компонентов для получения полезного для организма результата), то она описывается своими переменными величинами. Одной из основных ФС человека является кардиореспираторная система (КРС), которая обеспечивает адаптивную реакцию организма на увеличение физической нагрузки или при эмоциональных стрессах. В этих случаях компонентами вектора

состояния x ФС будут величины частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление (АД), показатели электрокардиографии (ЭКГ), частоты и глубины дыхания и т.д. Все эти компоненты x_i характеризуют КРС как в покое, так и при нагрузках. Понятно, что в покое $x_i \approx \text{const}$, т.е. $dx/dt \approx 0$ [3].

2. Стационарные режимы биологических динамических систем (БДС).

Их классификация.

Описание динамики поведения ФС может быть представлено в виде системы дифференциальных или разностных уравнений (ДУ и РУ), например, в виде

$$\begin{aligned} dx_1/dt &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) + U_1 \\ dx_2/dt &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) + U_2 \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ dx_i/dt &= f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) + U_i \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ dx_n/dt &= f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) + U_n \end{aligned} \quad , \quad (1)$$

где $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - некоторые функции, а U_i - учитывает внешние воздействия на ФС.

Отметим, что (1) можно записать в векторной форме $dx/dt = Ax + U$, где A является некоторой матрицей, элементы a_{ij} , которой представляют величины воздействия j -й компоненты вектора x на i -й компоненту. Например, модель вида

$$\begin{aligned} dx_1/dt &= a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + U_1 \\ dx_2/dt &= a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + U_2 \end{aligned} \quad (2)$$

имеет матрицу $A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$, вектор $x^T = (x_1, x_2)$, вектор $U^T = (U_1, U_2)$.

Она может описывать реципрокные взаимодействия в ЦНС или мышечной системе (между мышцами- агонистами, т.е. флексорами- экстензорами). Модель (2) использовалась Н.Рашевским для моделирования поведения водителя за рулем автомобиля. Важно отметить, что в стационарном состоянии ($dx/dt=0$) система (1) переходит в систему обыкновенных (алгебраических) уравнений, из которой можно определить координаты (x_{0i}) точки покоя (ТП) x_0 .

Очевидно, что в биологии может быть $x_0=0$ (полный покой, если внешние возмущения $U_i=0$) или $x_0>0$. Например, если человек не

испытывает нагрузки, то ЧСС (n) и АД (P) могут быть ($x_1=n$, $x_2=P$) постоянными, т.е. $x_{01}=C_1$, $x_{02}=C_2$.

Итак, возможны нулевые и ненулевые значения x_0 . Для модели (2) $x_0 > 0$ всегда, если $U > 0$ (докажите!). Это значит, что для открытых (с внешним драйвом) систем их стационарные состояния ненулевые. Полное описание точек покоя модели (2) и их представление на фазовой плоскости (возможны ТП типа узла, фокуса, седла и др.) представлено в приложении 1 и демонстрируется в специальном файле TRF.exe. Важно отметить, что эти ТП могут быть устойчивыми и неустойчивыми. В первом случае внешние возмущения в БДС выводят её из состояния равновесия, в которое БДС возвращается спустя некоторое время (например, устойчивый фокус). Во втором случае траектория на фазовой плоскости с течением времени уходит в бесконечность-система неустойчива.

3. Методы идентификации БДС в стационарных режимах (СР).

Итак, в стационарных режимах БДС имеет значение вектора состояний $x_0 = \text{const}$, что очень легко идентифицировать по наблюдениям компонент x , т.е. величин x_i . Однако сама БДС может находиться в разных (внутренних) состояниях, которые можно исследовать путем предъявления на вход БДС некоторых внешних (возмущающих) стимулов (например, $U_i = U_i(t)$). Мы будем использовать подход "черный ящик", когда по анализу входных (U_i) и выходных (y) величин для неизвестной БДС можно построить некоторую адекватную математическую модель вида (1) или (3):

$$\begin{aligned} x(t+1) &= Ax(t) + BU(t) \\ y(t) &= c^T x(t) = c_1 x_1(t) + \dots + c_n x_n(t) \end{aligned} \quad (3)$$

Модель (3)- это модель в виде разностных уравнений, где $U(t)$ - величина входных воздействий, B - вектор оценки $U(t)$, c^T - вектор-строка вклада (влияния) переменных $x_i(t)$ на величину выхода БДС- $y(t)$, а $x(t+1)$ и $x(t)$ - последующие и предыдущие значения вектора x , взятые через шаг (и интервал времени) равный 1.

В настоящей работе используется метод минимальной реализации (ММР), когда находятся модели (1) или (3) с минимальным порядком (размером вектора x) n и минимальной погрешностью P (в процентах, практически, мы требуем $P < 5\%$). Последнее означает, что отклонение теоретических значений y_i (вычисленных из (1) или (3)) не должно превышать 5% от полученных на практике y (фактически, набор выходных величин

y_i), которые называются марковскими параметрами. Используется разработанная программа, реализующая ММР для данной БДС, которая находится в линейном (или квазилинейном) состоянии. Проверить такое состояние легко. Для этого надо кратно увеличить входной стимул U и убедиться, что так же кратно увеличился сигнал $y(t)$. Во многих случаях линейность БДС можно просто постулировать. Например, мы можем считать, что ССС в покое является линейной системой. Тогда даем нагрузку испытуемому (например, 30 приседаний за 30 сек!) и наблюдаем ответную реакцию (изменение ЧСС, АД) в течение 6 минут, регистрируя каждые 30 сек измеряемые величины. Полученные y_i (12 измерений) и будут марковскими параметрами, используя которые можно построить модели (1) или (3), т.е. получить адекватную математическую модель исследуемого "черного ящика".

Итак, установив соотношение между входными (U) и выходными (y_i) величинами, мы получаем метод изучения БДС в СР с использованием ММР [2,3]. Динамика поведения БДС после возмущающего воздействия при условии исходного нахождения в стационарном режиме может исследоваться и методом наименьших квадратов, когда находится не ДУ, а сразу выходная функция $y=y(x)$. Метод наименьших квадратов подробно описан в работе [3].

Остановимся более подробно на особенностях выполнения работы. В качестве конкретных БДС выбираем ССС (тест описан выше) и респираторную систему (РС) [2]. Для последней в качестве U_i задаем гиперкапический стимул (дыхание 1% смесью CO_2 и воздуха - в течение 10 сек - 5 вдохов). Наблюдаемые y_i - это ЧСС, АД (max и min), частота дыхания. По регистрируемым y_i строится модель ССС и РС в виде дифференциальных уравнений и производится сравнение результатов вычисления собственных значений матрицы A линейных приближений для разных испытуемых [1]. Делается вывод об идентичности или различии в системах регуляции ЧСС, АД и РС для разных моделей.

Желательно обследовать пять человек по методике представленной выше. В качестве примера приведем результаты опытов с испытуемым N. После нагрузки в период восстановления ЧСС были получены данные (см. табл.2), которые обрабатывались с использованием программы ММР. Конкретный пример такой обработки приведен в таблице 3.

Анализ результатов производился с учетом следующих замечаний: реакцию на пробу определяют по самочувствию пациента, ЧСС, АД, дыханию и данным ЭКГ как во время нагрузки, так и в восстановительный период. В институте сердечно-сосудистой хирургии АМН СССР выделены следующие типы реакции АД и ЧСС при фиксированной физической нагрузке (см. табл. 4).

Нормальной реакцией считается увеличение систолического АД на 15-30% и уменьшение диастолического АД на 10-30% или его неизменность по сравнению с исходным. Увеличение пульсового давления должно быть в тех же пределах, что и ускорение пульса. Уменьшение пульсового давления считается неадекватной реакцией АД на физическую нагрузку.

Таблица 4

ТИП РЕАКЦИИ	ИЗМЕНЕНИЯ ЧСС И АД
НОРМОТОНИЧЕСКИЙ	Увеличение ЧСС соответствует приросту пульсового давления, при этом диастолическое АД не меняется.
ГИПОТОНИЧЕСКИЙ	Увеличение ЧСС может достигать 120-150%, а пульсовое давление возрастает лишь на 12-25% или уменьшается
ГИПЕРТОНИЧЕСКИЙ	Резкое повышение систолического АД до 160-180 мм рт.ст., диастолического АД до 90-100 мм рт.ст., увеличение ЧСС
ДИСТОНИЧЕСКИЙ	Большие сдвиги систолического и диастолического АД (появление "бесконечного тона"), резкое увеличение ЧСС
СТУПЕНЧАТЫЙ	На 2-3-й минуте восстановительного периода систолическое АД выше, чем на 1-й минуте

Таким образом, тест с 30-ю приседаниями является наиболее простым, физиологичным, доступным для обследуемых любого возраста и любой трудоспособности. Он не требует специальных навыков, дорогостоящего оборудования, его интенсивность легко регулируется скоростью приседаний.

В группу лиц с повышенным АД входят дети с САД или ДАД, превышающими значения 95% от исходных точек распределения (о тенденции можно говорить при значениях выше 50-75%), в группу с пониженным АД-с САД, попадающим в нижние 5% кривой распределения (тенденция- ниже 25%). Отметим, что в норме на плечевых артериях разница АД не должна быть более 10 мм рт.ст.; на ногах АД на 20-30 мм рт. ст. выше, чем на руках.

Восстановительный период после физической нагрузки оценивают по времени и характеру восстановления ЧСС и АД. У здоровых детей пульс должен восстановиться на 5-7-й минуте, систолическое АД- на 4-5-й минуте, диастолическое АД- на 2-4-й минуте. По комплексу показателей выделяют типы реакции: а) хорошая (адекватная)- без жалоб на изменения ЧСС и АД, восстановительный период до 5 мин; б) удовлетворительная (неадекватная)- возрастание ЧСС и АД выше допустимого уровня, увеличение числа дыханий, восстановительный период до 7 мин; в)неудовлетворительная (патологическая) -выраженные отклонения ЧСС и АД, тахипноэ, ишемические изменения на ЭКГ, жалобы, восстановительный период до 10 мин и больше.

Исследования в рамках National Health Examination [2] показали, что важное прогностическое значение в отношении повышения АД у взрослых имеет масса тела в детстве (Harlan W. et al.,1979). Авторы приходят к выводу, что снижение массы тела в детстве может обеспечить надежное и эффективное предупреждение гипертензии у взрослых [2].

Многофакторный анализ, проведенный на основании данных Международного кооперативного исследования по ювениальной артериальной гипертонии, показал, что длина, масса тела и ЧСС являются наиболее значимыми независимыми переменными, вносящими вклад около 20% в вариацию уровня САД как у мальчиков, так и у девочек.

Анализируя экспериментальные данные можно наблюдать изменения в СР ССС и РС у одних и тех же людей в зависимости от эмоционального состояние или динамики рабочего дня.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Для изучения устойчивости стационарных состояний без оценки в явном виде функциональных зависимостей измеряемых величин от времени широко применяется изображение зависимостей вход-выход на фазовой плоскости (ФП). Записывают функциональную

зависимость от времени измеряемых величин, а потом проводят преобразование уравнений с целью получения прямых зависимостей входных величин от выходных, например, разделив одно уравнение на другое. Если первоначально мы имели пару уравнений

$$\begin{cases} dx/dt = f(x, y) \\ dy/dt = \varphi(x, y) \end{cases}$$



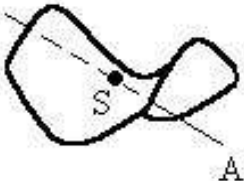
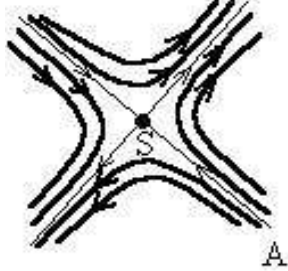
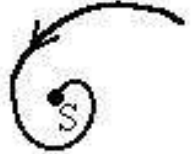


то после деления, мы получим уравнение $dy/dx = \varphi(x, y)/f(x, y)$. Такая обработка особенно удобна, когда приходится анализировать зависимости, выраженные нелинейными дифференциальными уравнениями.

Состоянию системы соответствует точка на фазовой плоскости, которую называют изображающей. Любая динамическая система может быть приведена в состояние покоя, в котором она может находиться достаточно продолжительное время; тогда на фазовой плоскости ей соответствует особая точка. Процесс движения на фазовой плоскости изображается фазовой траекторией. Вопрос при исследовании ОТ обычно ставится так: насколько состояние покоя устойчиво и естественно для этой системы. Если существует сколь угодно малая окрестность точки покоя, что бы в ответ на возмущения в системе запускались процессы возвращающие систему в точку покоя, говорят об устойчивой точке покоя (фазовые траектории входят в особую точку). Наоборот, если при сколь угодно малых отклонениях все процессы в системе приводят у увеличению этих отклонений, то точка неустойчива (фазовые траектории выходят из особой точки).

Все процессы на фазовой плоскости могут изображаться следующими траекториями, в зависимости от значения собственных значений матрицы для данной системы.

1. *Узел.* Собственные значения вещественны и имеют один знак: если они положительны, то узел неустойчивый, если отрицательны-узел устойчивый. Если имеем пару равных корней, то говорят о звездообразных узлах. Фазовые траектории в общем случае представляют собой кривые входящие или выходящие из особой точки, звездообразные узлы состояются пересечением двух прямых.

Таблица 5
ОСОБЫЕ ТОЧКИ И ТРАЕКТОРИИ НА ФАЗОВОЙ ПЛОСКОСТИ

Тип точки	Собственные значения $\lambda_{1,2} = A_{1,2} + iB_{1,2}$				Фазовая траектория
	A_1	B_1	A_2	B_2	
Неустойчивый узел	+	0	+	0	
Устойчивый узел	-	0	-	0	
Седловая точка	+	0	-	0	
	-	0	+	0	
Устойчивый фокус	-	+	-	-	
Неустойчивый фокус	+	+	+	-	
Центр	0	+	0	-	

2. *Седло*. Собственные значения вещественны, но имеют различные знаки. Фазовые траектории представляют собой гиперболические кривые с двумя асимптотами, проходящими через особую точку. Асимптоты называют сепаратрисами фазовой плоскости. При движении вдоль одной из сепаратрис (AS) изображающая точка будет возвращаться в особую, все другие траектории будут уводить систему от особой точки. В таблице 5

показана трехмерная оболочка, соответствующая процессу и траектории на плоскости.

3. *Фокус*. Собственные значения комплексные, т.е. имеют вид $I=A\pm iB$. Если $A<0$, то фокус устойчивый; если $A>0$, то фокус неустойчивый. Фазовые траектории представляют собой спирали начинающиеся (неустойчивый) или заканчивающиеся (устойчивый) в особой точке.

4. *Центр*. Если корни чисто мнимые ($I= \pm iB$), то фазовые траектории представляют собой замкнутые кривые окружающие особую точку. Движение почти устойчиво, воздействие переводит изображающую точку на соседнюю траекторию, по которой она может двигаться устойчиво до следующего воздействия.

Типы особых точек и характеристики порождающих их собственных значений перечислены в таблице 5.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭПИЗОТИЙ В ЭКОСИСТЕМАХ. УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ "ХИЩНИК- ЖЕРТВА", "ПАРАЗИТ- ХОЗЯИН"

Цель работы:

1. Обучающийся должен знать:

понятия популяционного взрыва, виды лимитирования в популяциях, внутривидовую и межвидовую конкуренцию, вопросы динамики распространения эпизоотий. Знать причины возникновения этих процессов и примеры из живой природы.

2. Обучающийся должен уметь:

составить и объяснить математическую модель указанных процессов, набрать программу на ЭВМ и смоделировать любой из этих процессов на ЭВМ. Сделать вывод о влиянии параметров модели на динамику процессов на основании компьютерного моделирования. Вычислять точку покоя двухвидовой модели и давать её классификацию по типу устойчивости.

Оборудование: ЭВМ с принтером, карандаши, бумага.

Практическое значение работы:

Многие процессы в биологическом мире имеют колебательный характер: работа сердца, дыхание, фотолиз, генерация потенциалов на мембранах клеток и т.д. Эти процессы требуют количественного и качественного описания. В основе теории этих процессов часто лежат простейшие 2-х видовые (двухпуловые) нелинейные модели Лотка- Вольтерра. Исследование этих моделей, стационарных режимов их функционирования, динамики этих процессов на фазовой плоскости- основные задачи этой работы.

Бюджет времени: выполнение практической работы – 2 часа, время для самоподготовки – 4 часа, лекции – 2 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Динамическая теория популяций./ А.А. Гимельфарб, Л.Б. Гинзбург, Р.А. Полуэктов и др.; под редакцией Р.А. Полуэктова.- М.: Наука, 1974.- 456 с.

2. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: Практический курс.- М.: ФАИР- ПРЕСС, 1999.- 720 с.: ил.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ "САМОПОДГОТОВКА"

Цель этапа: 1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.

2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.

I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить основные понятия экологии, методы компьютерного моделирования экосистем, понятие фазовой плоскости и особых точек моделируемой системы

II. Изучив блок информации и учебную литературу, обучаемый должен ответить на следующие вопросы и решить задачи.

1. Что такое экспоненциальный рост раковых клеток? Чем он обусловлен? Что такое экспоненциальная зависимость?

2. Что такое системы "хищник- жертва", "паразит- хозяин". Поясните примерами.

3. Как в 2-х видовых системах реализуется принцип обратных связей в биосистемах? Поясните примером.

4. Расскажите программу модели экспоненциального роста раковых клеток.

5. От чего зависит частота колебаний численности x и y в модели "паразит- хозяин"? Как можно изменить амплитуду колебаний x и y в модели на ЭВМ? Как находится стационарная точка в этих моделях?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: “ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ”

Цель этапа: Исследовать методами математического моделирования динамику систем "хищник- жертва" и "хозяин- паразит" в зависимости от введенных кинетических констант. Для достижения цели необходимо экспериментально проверить (и доказать!), что частота колебаний ω зависит от значений параметров A_1 и A_2 примерно по формуле $\omega = \sqrt{A_1 \times A_2}$. Проверить, как зависит от A_1 и A_2 , B_1 и B_2 амплитуды колебаний и координаты точки покоя. Рассчитать эти координаты теоретически и сравнить с экспериментом.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ: “ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ”

Перед выполнением работы обучаемый должен изучить все методические указания, ответить на вопросы и решить задачи из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Блок информации

Исследование природных экосистем- длительная и трудоемкая работа. Ее сложность еще заключается и в том, что ставить эксперименты на экосистемах опасная задача с возможностью очень тяжелых последствий для природы. Один из таких экспериментов ставит сейчас все человечество и результаты пока весьма плачевны. Вместе с тем имеется возможность реализовать желания любого исследователя- эколога не затрагивая природу. Это реализуется с помощью ЭВМ и математических моделей. В этой связи компьютерное моделирование-это весьма перспективное и

безопасное направление в экспериментальной экологии и биофизике.

В рамках такого подхода уже решены многие задачи оптимального сбора урожая (отстрела животных и т. д.) в эксплуатируемых экосистемах; задачи устойчивости экосистем к неблагоприятным антропогенным воздействиям, устойчивости экологических сообществ к эпизоотиям и многие другие задачи устойчивости прикладного характера. В целом, математическая экология и теория эпидемий- весьма перспективное направление теоретической и экспериментальной биофизики популяций, а знакомство с ее методами и возможностями- необходимый элемент познания биофизики и экологии в целом.

Вместе с тем математическая экология (МЭ)- это отдельная наука со своим аппаратом, методами и обеспечением, которая использует все биологические понятия из экологии, но дает им свою специфическую трактовку. Фактически МЭ- это популяционная биофизика (ПБ) по методам исследования.

Наука начинается там, где есть математика- этот афоризм весьма уместен здесь, при изучении ПБ или математической экологии. Рассмотрение этой науки начнем с ряда задач.

1. Модель популяционного взрыва.

В природе известны эффекты резкого возрастания численности отдельных популяций, приводящие к глобальным изменениям не только экосистем, но и эколандшафтов с геологическими изменениями. Это примеры популяционных взрывов численностей леммингов на севере Скандинавии, саранчи в Африке, кроликов в Австралии и, наконец, фантастическая ситуация с “вечным хлебом” у писателя Беляева в его известном произведении. Как протекают эти процессы и каковы их закономерности? Попробуем ответить на эти вопросы с помощью математических моделей.

Пусть численность некоторого вида описывается функцией времени $X=X(T)$. Тогда, если предположить, что скорость DX/DT прироста численности особей $X=X(T)$ будет зависеть от численности особей $X(T)$ в данный момент времени, т.е.

$$DX/DT=AX, \quad (1)$$

где A - коэффициент скорости прироста численности особей $X(T)$, то динамика процесса опишется функцией:

$$X = X(T) = X_0 \exp(AT) = X_0 e^{AT}, \quad (2)$$

где X_0 - начальная численность популяции в момент времени $T=T(0)$. Это означает экспоненциальный рост численности X со временем, т.е. X является показательной функцией от T . Посмотреть график этой зависимости на экране монитора ЭВМ Вы сможете очень просто, если воспользуетесь методом Эйлера, т.е. надо взять в качестве прироста численности $DX=XN-XS$ (разность между наращенным (новым) значением- XN и старым значением- XS). Тогда получим рекуррентное соотношение, по которому мы вычислим последующее значение численности популяции (XN) через предыдущее значение (XS). Отметим, что это приращение DX происходит за время DT . Таким образом, если "заставить" ЭВМ выполнить в цикле последовательные итерации (расчет новых значений через старые XS) и наносить получаемые точки на экран монитора, то мы увидим зависимость $X(T)$ в виде графика (экспоненциальной кривой), на который и указывал Мальтус в своей работе. В приложении 1 дается подробное описание программы расчета $X(T)$ на ЭВМ в Basic, которую Вам необходимо набрать и исследовать эту зависимость для разных начальных условий (к ним относится начальная численность X и константа скорости прироста популяции A). Внешний вид этой зависимости приведен на рис.1. Из рисунка видно, что, имея меньшую начальную численность (X_{0_2}), но большую скорость роста (A_2), можно быстро догнать (и перегнать) в численности другую популяцию (X_{0_1}). В любом случае численность нарастает неограниченно и быстро.

Процессы такого вида имеют место и при росте числа раковых клеток, когда их численность в организме ничем не ограничивается и динамика процесса будет определяться только величиной коэффициента A . Облучение опухоли может резко изменить A и даже сделать $A \rightarrow 0$, что ограничит процесс развития опухоли. При этом хирургические операции могут только снизить $X(T)$, что представляется моделью:

$$DX/DT = AX - M \quad (3)$$

Очевидно, что при оперировании опухоли важно сделать $X_0=0$, т.е. удалить все раковые клетки.

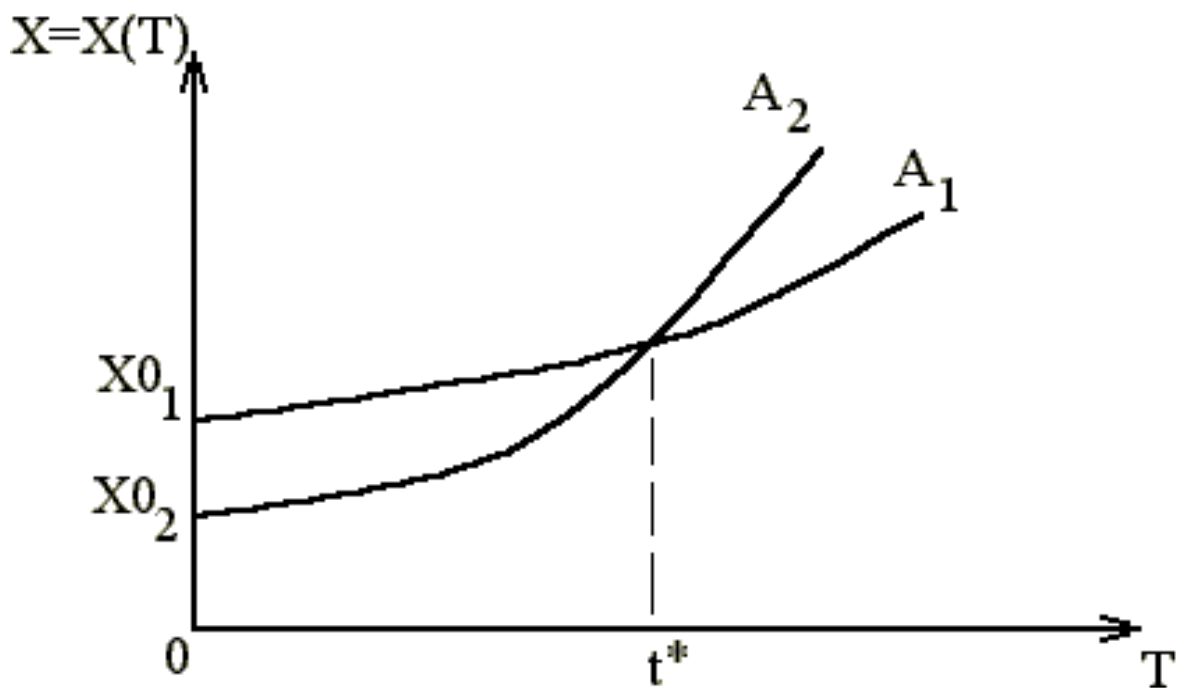


Рис. 1. Модель популяционного взрыва

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

В соответствии с формулой $DX/DT=AX$ имеем, что приращение численности DX за интервал времени DT равно

$$DX=XN-XS=A*XS*DT \quad (4)$$

Отсюда новое значение численности XN определяется через предыдущее значение XS по формуле

$$XN=XS+A*XS*DT, \quad (5)$$

где знак "*" означает умножение.

Всю программу расчета мы представим с описанием в Qbasic, при этом мы специально будем нумеровать строчки (хотя это делать и не обязательно). Итак вначале используем оператор очистки линий экрана CLS (clean line screen) и выберем тип экрана, что связано с размерами букв и числом точек, уместяющихся по горизонтали (например, 640 точек) и по вертикали (360- 380, в зависимости от типа монитора). Тогда первая строка (назовем ее числом 10) имеет вид:

10 CLS: SCREEN 9, 1, 0

Здесь знак ":" означает разделение двух разных операций (вместо двоеточия можно поставить новую строку). Цифра 9- означает функциональный тип экрана, а 1 и 0 означает, что на черном фоне будут белые линии (буквы).

В следующей (20- ой) строке сделаем ввод в ЭВМ начальных данных условий для расчета моделей популяционного взрыва. Начальные условия вводятся оператором INPUT (ввод) и к ним относятся: коэффициент скорости прироста численности A ; начальная численность популяции X_0 ; интервал дискретизации времени DT (чем он меньше тем точнее расчет) и общее число шагов счета K , которое связано с реальным текущим временем T по формуле

$$T=I*DT, T \text{ конечное} = K* DT.$$

Итак вводим начальные данные:

```
20 INPUT "A=",A: INPUT "X0=",X0: INPUT "DT=", DT: INPUT
"K=",K
```

Внимание! Очень внимательно относитесь к знакам препинания! Далее рассчитаем значение X_S из (4), считая, что $X_N=X_S$, а $X_S=X_0$, т. е.

$$30 X_S=X_0+A*X_0*DT,$$

т. е. мы сделали первую итерацию.

Для дальнейшего счета нужно организовать цикл с переменными индексами, например:

```
40 FOR I=2 TO K
50 XN=XS+A*Xs*DT: T=DT*I+100
```

При этом вычисляемые значения X_N надо наносить на график в виде точек, где ось аргументов представляет T , а ось ординат- X_N . Для этого мы введем, отступив на 100 точек вправо, реальное время T (его можно масштабировать), а построение по вертикали- задача немного сложнее. Дело в том, что отсчет на экране монитора производится не снизу вверх, а наоборот. Поэтому нам надо опуститься вниз (например на 200 точек) и потом от этого значения вычитать X_N , что реально будет соответствовать привычному подъему графика функции $X=X(T)$.

Тогда имеем реальное некоторое Y , представляющее искомое X :

$$60 Y= 200-X_N : PSET (T,Y), 14$$

Здесь оператор PSET устанавливает на экране некоторую точку цветом 14 (желтый цвет) с координатами T и Y . Множество таких точек образуют сплошную линию- график функции $X=X(T)$.

Для расчета в цикле нам надо каждый раз очищать старую ячейку памяти X_S и туда заносить новые значения X_N , полученные в каждой итерации, т. е.

$$70 X_S=X_N$$

После этого мы требуем смены индекса I (оператор NEXT) и процедура повторяется много раз, до тех пор пока станет I=K, тогда счет остановится сам или надо записать оператор STOP, т. е.

```
80 NEXT I
```

```
.....
```

```
120 STOP
```

Для того, что бы график имел классический вид надо начертить оси координат X и T и подписать их. Делается это оператором LINE и LOCATE, т. е.:

```
100 LINE (100, 200)- (100,10), 12 :LINE (100,200)-(500,200),12
```

```
110 LOCATE 3,4 : PRINT "X=X(T)" :
```

```
LOCATE 23, 62 : PRINT "реальное время T"
```

Итак Вы должны набрать все 120 строк последовательно, записать их в память ЭВМ и запустить программу нажатием клавиши F5 (run). Давайте будем брать значения $X_0=4$ (особям); $DT=0.01$; $A=0.1$ или 0.01 (сравните графики для этих 2-х разных A!) и $K=50000$. Обратите внимание, что уменьшая DT мы должны увеличивать K! Иначе график получится очень короткий на экране монитора.

Таким образом Вы можете моделировать процесс экспоненциального роста численности популяции X во времени и посмотреть, как меняется эта численность в зависимости от условий существования вида X.

Задание 1.

1. Наберите программу расчета $X=X(T)$ на ЭВМ;
2. Введите указанные значения A, DT, K, X_0 последовательно и зарисуйте с экрана монитора полученные графики;
3. Сделайте анализ и вывод о зависимости кривой от значений X_0 ($X_0=4$ и $X_0=2$) и коэффициента A;
4. Какая из популяций будет иметь большую численность в момент времени $T=100$, если у первой $X_0=4$ и $A=0,05$, а у второй $X_0=2$, но $A=0,08$? (Ответ проиллюстрируйте на ЭВМ.)

2. Моделирование внутривидовой и межвидовой конкуренции.

Реальные популяции в природе всегда существуют во взаимоотношениях (с другими популяциями). Эти взаимоотношения могут быть конкурентные или трофические (например, системы "хищник- жертва"). В случае конкуренции близко родственных видов коэффициенты скорости роста

численности каждой i -ой популяции должны зависеть от численности $X=X(T)$ другого вида, т.е.

$$A_i = A_{i0} - \sum_{j=1}^k B_j X_j \quad (6)$$

Например, для двух видов будем иметь следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} DX_1 / DT &= (A_{10} - B_1 * X_2) * X_1 \\ DX_2 / DT &= (A_{20} - B_2 * X_1) * X_2, \end{aligned} \quad (7)$$

т.е. здесь на численность 1-ой популяции влияет численность 2-й $(-B_1 * X_2)$, а на 2-ю - численность 1-й $(-B_2 * X_1)$. Такие системы уравнений будут представлять конкуренцию близко родственных видов, которые (как показывает исследование системы (7)) не могут устойчиво существовать в одной экологической нише. На это указывал еще Дарвин, который доказал, что конкуренция близко родственных видов - самая жестокая. Другое дело трофические взаимоотношения в системах "хищник-жертва" (или "паразит-хозяин"). Такие системы в природе довольно устойчивы, а их динамика в большинстве случаев должна иметь колебательный характер. Например, если численность жертвы X , а численность хищника $Y=Y(T)$, то их динамика будет описываться следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} DX / DT &= (A_1 - B_1 * Y) * X \\ DY / DT &= (-A_2 + B_2 * X) * Y \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь положительное A_1 показывает свободное размножение жертвы, а $"-B_1 * Y"$ - ее поедание хищником. Соответственно, хищник сам по себе вымирает $(-A_2)$, но за счет численности жертвы $(+B_2 X)$ может поддерживать свою численность. Уравнения (8) могут быть приведены к следующему рекуррентному виду:

$$\begin{aligned} XN &= XS + (A_1 - B_1 * YS) * XS * DT \\ YN &= YS + (-A_2 + B_2 * XS) * YS * DT \end{aligned} \quad (9)$$

которые можно решить с помощью ЭВМ (см. приложение 2). Здесь символ $"*"$, означает умножение сомножителей. Динамика поведения X и Y показана на рис. 3. Легко видеть, что существует сдвиг по фазе между кривыми.

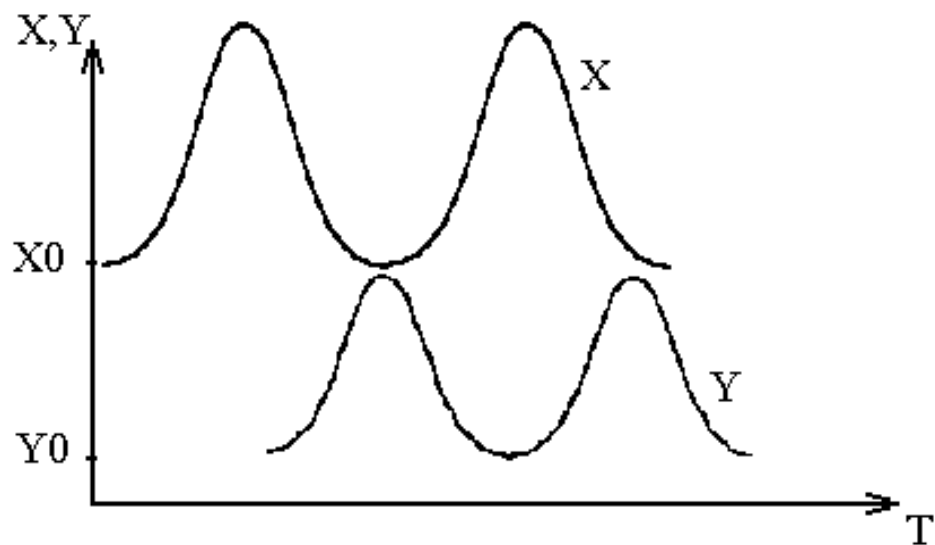


Рис. 2. Динамика поведения системы "хищник- жертва"
("паразит- хозяин").

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

Динамика поведение 2-х взаимодействующих видов типа "хищник- жертва" (или "паразит- хозяин") описывается уравнениями (8) и (9), т.е.

$$XN = XS + (A1 - B1 * YS) * XS * DT \quad (10)$$

$$YN = YS + (-A2 + B2 * XS) * YS * DT$$

Здесь жертва (XN) размножается со скоростью A1, но поедается со скоростью (-B1*YS) и наоборот, хищник (YN) сам вымирает (-A2) и стимулируется пищей (B2*XS). Программа, реализующая систему (10) на экране монитора имеет вид (с учетом замечаний в Приложении 1):

```

10 CLS: SCREEN 9, 1, 0
20 INPUT "A1=", A1: INPUT "A2=", A2: INPUT "B1=", B1:
  INPUT "B2=", B2
21 INPUT "X0=", X0: INPUT "Y0=", Y0: INPUT "DT=", DT:
  INPUT "K=", K
30 XS = X0 + (A1 - B1 * Y0) * X0 * DT:
  YS = Y0 + (-A2 + B2 * X0) * Y0 * DT
40 FOR I=2 TO K
50 XN=XS+(A1-B1*YS)*XS*DT: YN=YS+(-A2+B2*XS)*YS*DT:
  T=DT*I+50
60 X =200 - XN: PSET (T, X), 14: Y=200 -YN: PSET(T,Y), 12
70 XS=XN: YS=YN: NEXT I

```



```

80 LINE (50, 200) - (50, 20),12:LINE (50, 200) - (600, 200), 12
90 LOCATE 3,4: PRINT "численность X и Y":
LOCATE 23,62: PRINT "реальное время T"
100 LOCATE 24,4 : PRINT "Динамика численности хищника и
жертвы (X)"

```

Задание 2.

Наберите эту программу на ЭВМ. Задайте приблизительно (гипотетически) начальные условия модели (10): $A_1=0.3$, $B_1=0.006$, $X_0=50$, $Y_0=20$, $K=60000$, $DT=0.01$. Зарисуйте график с экрана монитора. Охарактеризуйте динамику жертвы (желтая линия) и хищника (красная). Измените несколько раз B_2 и охарактеризуйте процесс после изменений. Приведите примеры реальных двухвидовых экосистем.

3. Распространение заболеваний в популяциях. Построение эпидемической кривой.

В реальных экосистемах существует множество трофических уровней и внешний вид организации таких уровней довольно сложен. Однако нам надо еще указать на одно мощное лимитирование, которое широко распространено в природе. Речь идет о болезнях, которые могут резко ограничить численность X в модели (1) и ниспровергнуть теорию Мальтуса. Действительно, известно, что эпидемия чумы в 15-м веке в Европе, например, унесла 25% жизней всего населения Европы (т.е. умерло около 25 млн. человек, больше, чем в 1-й мировой войне). Это пример распространения инфекционных заболеваний, динамику которых в (1) можно представить так:

$$\begin{aligned}
 DX/DT &= AX - BXY \\
 DY/DT &= BXY
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Здесь производится учет появления численности заболевших ("заразных") особей, которые путем контакта со здоровыми особями (слагаемое $-BXY$) заражают последних, уменьшая их численность. Скорость процесса заражения DY/DT и соответственно прироста численности заболевших Y пропорциональна числу контактов X и Y . Причем, коэффициент B учитывает интенсивность контактов между здоровыми особями X и больными особями Y , т.е. со скоростью BXY здоровые X переходят в класс больных Y (скорость прироста последних растет пропорционально контактам X и Y). В реальной ситуации заболевание распространяется быстро и слагаемым AX

пренебрегаем, т.е. имеем следующее рекуррентное соотношение, которое используется в компьютерном моделировании динамики распространения заболеваний:

$$\begin{aligned} XN &= XS - B * XS * YS * DT \\ YN &= YS + B * XS * YS * DT \end{aligned} \quad (12)$$

В действительности интерес представляет не динамика изменения X и Y , а динамика $DY/DT = B * XN * YN$. Такая зависимость графически представляется эпидемической кривой-колоколообразной линией с максимумом. Именно эпидемическая кривая несет максимум прогноза для органов здравоохранения и ветнадзора, т.к. возможности борьбы с заболеванием ограничены (органы здравоохранения и ветнадзора за неделю, например, могут оказать помощь ограниченному количеству индивидуумов или особей). Внешний вид эпидемической кривой представлен на рис.3.

Ее расчет на ЭВМ представлен программой в приложении 3. Следует отметить, что в реальной ситуации заболевших изолируют, или они приобретают после болезни иммунитет и исключаются из процесса контакта с Y . В этом случае появляется численность изолированных Z , которые могут вымирать со скоростью GZ . Тогда общая модель примет вид:

$$\begin{aligned} DX/DT &= AX - BXY \\ DY/DT &= BXY - CY \\ DZ/DT &= CY - GZ \end{aligned} \quad (13)$$

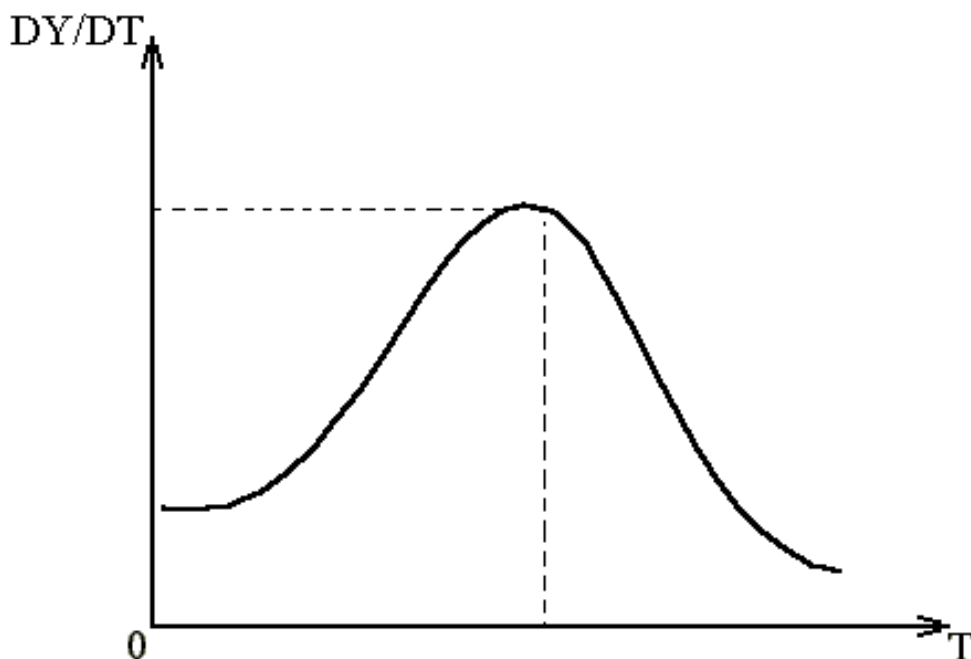


Рис.3. Эпидемическая кривая

и она наиболее полно представляет динамику развития инфекционного процесса в популяции.

При проведении противоэпидемических мероприятий можно иммунизировать восприимчивых X со скоростью D и в правой части первого уравнения из (13) появится слагаемое $-D$. В этой связи возникают задачи оптимального проведения противоэпидемических мероприятий с минимумом экологических потерь для общества. Однако, это отдельная большая проблема. Таким образом, используя модели (11), (12), (13) и Приложение 4, Вы можете смоделировать динамику эпидемии гриппа или другого инфекционного заболевания в растущей популяции или других заболеваний в различных других сообществах животных или растений. Такие прогнозы важны для принятия срочных мер по борьбе с этими заболеваниями в природе и обществе. Вместе с тем понятно, что непринятие эффективных мер чревато резким снижением общей численности X любой популяции. Следует отметить, что в этом вопросе должны быть некоторые разумные ограничения. Сказочная мечта человечества о победе над всеми болезнями- блеф, идиллия, т.к. болезни выполняют и эволюционные функции, функции естественного отбора. Сейчас можно уже утверждать, что накапливается груз генетических ошибок в популяции человека. Последствия этого явления могут быть катастрофическими.

Один из самых страшных и прогнозируемых сегодня эффектов-преодоление целым рядом патогенных микроорганизмов межвидового барьера. Свидетельство тому- вирус СПИДа (болезнь обезьян), коровье бешенство (болезнь БКЯ), гонконгский куриный грипп и т.д.

Опасность здесь заключается в быстроте развития инфекции и, практически, отсутствии противоэпидемических мероприятий (кроме снижения коэффициента B в (11) - изоляции здоровых от больных). Такое развитие процесса можно рассматривать как обычную отрицательную связь (лимитирующий фактор). Однако это лавинообразный процесс и останутся в живых только те особи, которые имеют малую восприимчивость или легко (с низким летальным исходом) переносят заболевания. В целом такой процесс можно рассматривать как некоторую генетическую чистку популяции человека или животных. В любом случае можно твердо

утверждать, что теория Мальтуса об экспоненциальном росте числа жителей Земли неверна, а использование математических (биофизических) методов в экологии и медицине значительно облегчает задачи прогноза динамики развития заболеваний в экосистемах, т.е. делает теорию эпидемий и экологию строгими формализованными науками.

Приложение 3

Простейшая модель распространения инфекционных заболеваний в растущей популяции имеет вид (11), которая при очень малых A и с учетом разностных определений DX и DY принимает вид (12):

$$\begin{aligned} XN &= XS - B * XS * YS * DT \\ YN &= YS + B * XS * YS * DT \end{aligned} \quad (12)$$

Поскольку, как указывалось выше, $DY = YN - YS = B * XS * YS * DT$, то мы будем считать сначала XN и YN а затем DY , но в модернизированном виде, т.е.

$$DY = M * B * XN * YN * DT.$$

Здесь M - некоторый масштабный множитель, который Вам придется подбирать экспериментально, т.е. изменения DY весьма малы в сравнение с X и Y . С учетом сказанных замечаний программа, реализующая систему (12), примет следующий вид:

```

10 CLS : SCREEN 9, 1, 0
20 INPUT "B=", B: INPUT "X0=", X0: INPUT "L=", L:
25 INPUT "Y0=", Y0: INPUT "DT=", DT: INPUT "K=", K:
   INPUT "M=", M
30 XS = X0 - B * X0 * Y0 * DT - L * X0: YS = Y0 + B * X0 *
   Y0 * DT:
35 DM = YS
40 FOR I = 2 TO K
50 XN = XS - B * XS * YS * DT - L * XS: YN = YS + B * XS *
   *YS * DT:
   DY = M * B * XN * YN * DT + 10: T = 30 * I * DT + 70
60 DYN = 200 - DY: PSET (T, DYN), 14
61 IF DY > DM THEN DY = DM: boln! = DM: vrem! = T ELSE
70 XS = XN: YS = YN: NEXT I
80 LINE (60, 200)-(60, 20), 12: LINE (60, 200)-(600, 200), 12
90 LOCATE 16, 54: PRINT " DY = DY(T) "
91 LOCATE 20, 14: PRINT "Максимальное
   значение и время"; boln!; vrem!

```

Задание 3.

Наберите эту программу на ЭВМ. Задайте некоторые гипотетические начальные условия модели (12): $V=0.01$, $X_0=150$, $Y_0=0.01$, $M=50$

Зарисуйте график эпидемической кривой с экрана монитора. Изменяя масштаб M в программе добейтесь, что бы кривая занимала половину экрана. Зачем надо вводить масштаб M ? Из графика определите в какой момент времени T_{\max} имеем максимум эпидемической кривой? Внимание! Вся линия T имеет 600 единиц! Почему 600?

Что будет, если в (11) $A \neq 0$? Как изменится эпидемическая кривая при прочих равных условиях, если в программе ввести $A=0.05$? Измените программу с учетом A и ответьте на поставленный вопрос. Произведите учет миграции MX в правой части уравнений (11) и (12). Как миграция MX влияет на эпидемическую кривую? Существенно, что миграция MX может рассматриваться и как специфическая (например, иммунизация) или неспецифическая (профилактика перед началом эпидемии или эпизоотии). При этом, используя такие мероприятия, можно управлять динамикой эпидемического процесса.

Проанализируйте последнее утверждение и докажите это экспериментально с использованием ЭВМ и видоизмененной программы с учетом MX . Выводы проиллюстрируйте полученными эпидемическими кривыми.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.4 ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА. ПОЛЯРИМЕТРИЯ

Цель работы:

1. Обучаемый должен знать:
 - а) свойства оптически активных веществ и их классификацию,
 - б) методы определения оптически активных веществ,
 - в) качественное объяснение явления вращения плоскости поляризации (теорию Френеля),
 - г) возможности практического использования рассматриваемого явления в производстве, в частности-устройство и принцип работы поляриметров.
2. Обучаемый должен уметь:

а) определить угол поворота плоскости поляризации с помощью поляриметра,

б) определить концентрацию неизвестного раствора оптически активного вещества методом сравнения (по известной концентрации вещества).

Практическое значение работы:

Поляризационные эффекты в живой природе весьма распространены. Известно специфическое действие такого света на человека (лазеротерапия). Явление поляризации эффективно используется в изучении структуры и функций работы мышц, процессов митотического деления и т.д. (с помощью поляризационных микроскопов). Знание всего этого необходимо биологу и медику.

Бюджет времени. На самостоятельную работу обучаемому отводится 2 часа. В аудиториях отводится 4 часа, из них: 2 часа лекции и 2 часа лабораторные занятия.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Зисман Г.А., Тодес О.М. Курс общей физики т. 3, М. 1970.
2. Фриш и Тимофеева. Курс общей физики т.3.
3. Конспект лекций по биофизике. СурГУ, 2002 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ 1-ГО ЭТАПА “САМОПОДГОТОВКА”

I. Повторительный раздел.

Для изучения настоящей темы обучаемый должен знать основные свойства света, как электромагнитной волны. В частности, свойства света, как поперечных электромагнитных колебаний, понятие поляризации света, ее виды и способы получения поляризованного света, систему поляризатор-анализатор, закон Малюса и закон Био.

ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ.

1. Какие свойства света проявляются в явлениях интерференции и дифракции?
2. Что такое поляризация света? Какие свойства света проявляются в этом явлении?
3. Какие виды поляризации света Вы знаете?
4. Какие способы получения поляризованного света вы знаете? Охарактеризуйте их.
5. Сформулируйте закон Малюса.

6. Угол между плоскостью поляризатора и анализатора составляет 60° . Как изменится интенсивность света на выходе системы по отношению к интенсивности света, прошедшего через поляризатор?

II. Изучение теории к работе.

Основные задачи при изучении теории определены в разделе “Цель работы” (см. выше).

После внимательного изучения раздела “Блок информации” и сознательного осмысливания и уяснения для себя целей работы, обучаемый должен ответить на следующие вопросы и решить задачи:

1. Что такое оптические активные вещества? На какие группы они делятся?
2. Что такое L-форма и D-форма? Каковы их физические и биологические свойства?
3. От чего зависит угол поворота плоскости поляризации оптически активным веществом?
4. Сформулируйте закон Био и какова область его применения?
5. Что такое удельное вращение растворенного вещества?
6. Расскажите основные положения теории Френеля.
7. Как устроен поляриметр?
8. Как определяется концентрация неизвестного вещества с помощью поляриметра?
9. Если пропустить белый свет через поляриметр, то что мы увидим при вращении анализатора по часовой стрелке и против часовой стрелки? Объясните.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВТОРОМУ ЭТАПУ.

“ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ”

Цель этапа: 1). Изучить устройство и принцип работы поляриметра.

2). Определить концентрацию неизвестного раствора сахара с помощью поляриметра.

Для достижения цели необходимо:

1. Установить поляриметр так, чтобы в окуляре наблюдалась максимальная равномерная освещенность поля.
2. Заполнить трубку поляриметра дистиллированной водой, при этом не допускать попадания воздушных пузырьков внутрь, а наружные стороны покровных стекол покрывать марлей. Далее, наполненную трубку вставить в прибор и вращением диска добиться равномерного освещения тройного поля, наблюдаемого в

окуляре. Отсчет производить по шкале и нониусу. Если нуль нониуса сдвинулся влево от нуля градусной шкалы, то отсчет производится по левому нониусу $\varphi_{л}^e$, если вправо, то по правому $\varphi_{п}^e$. Изменив освещенность зеркалом, опять настроить прибор и повторить измерение 3 раза, вычислив среднее значение $\varphi_{ср}^e$.

3. Вылить воду и налить раствор сахара известной концентрации. Произвести аналогичные измерения 3 раза и определить $\varphi_{ср}^c$. Учесть при этом, что в случае совпадения направления вращения плоскости поляризации для воды и раствора сахара (оба φ влево или вправо), то искомое $\varphi^c = \varphi_{ср}^c - \varphi_{ср}^B$, в противном случае $\varphi^c = \varphi_{ср}^c + \varphi_{ср}^B$.

4. Вылить раствор известной концентрации и промыть трубку раствором неизвестной концентрации, а затем заполнить ее этим же раствором. Определить путем 3-х измерений $\varphi_{ср}^x$ - угол поворота плоскости поляризации раствором неизвестной концентрации и аналогично пункту 3 вычислить $\varphi_{ср}^x$ с учетом значений $\varphi_{ср}^B$.

5. Зная, что $\varphi^c = \alpha l C_0$ и $\varphi^x = \alpha l C_x$, возьмем их отношение $\frac{\varphi^c}{\varphi^x} = \frac{C_0}{C_x}$ и

определим $C_x = C_0 \frac{\varphi^x}{\varphi^c}$ - концентрацию неизвестного раствора сахара.

N	φ_i^B	$\varphi_{ср}^B$	φ_i^c	$\varphi_{ср}^c$	$\varphi^c = \varphi_{ср}^c \pm \varphi_{ср}^B$	φ_i^x	$\varphi_{ср}^x$	$\varphi^x = \varphi_{ср}^x \pm \varphi_{ср}^B$	C_0	$C_x = C_0 \cdot \frac{\varphi^x}{\varphi^c}$

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ”

Перед выполнением работы обучаемый должен изучить все методические указания, ответить на вопросы и решить задачи из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Блок информации

Свет представляет собой электромагнитную волну, в которой векторы магнитного и электрического поля расположены в перпендикулярных плоскостях. В общем случае излучение некогерентно, т.е. колебания происходят в различных плоскостях и не синхронизировано по фазе. Для получения пучка с преимущественной плоскостью колебаний необходимо производить специальные действия, но именно такое излучение позволяет обнаружить и исследовать оптическую активность вещества, т.е. изменение ориентации плоскости колебаний при прохождении через слой вещества.

Некоторые вещества обладают способностью поворачивать плоскость колебаний светового вектора E , в этом случае говорят о вращении плоскости поляризации, а вещества называют оптически активными. Они подразделяются на две большие группы, а именно: оптически активные вещества в любом агрегатном состоянии и оптически активные вещества только в твердом состоянии. В первом случае активность определяется свойствами молекулы, наличием атома, вокруг которого расположены различные молекулярные группировки (радикалы). Такая пространственная анизотропия может иметь 2 оптически активные формы (например, для атома углерода с различными радикалами), которые различным образом взаимодействуют с поляризованным светом.

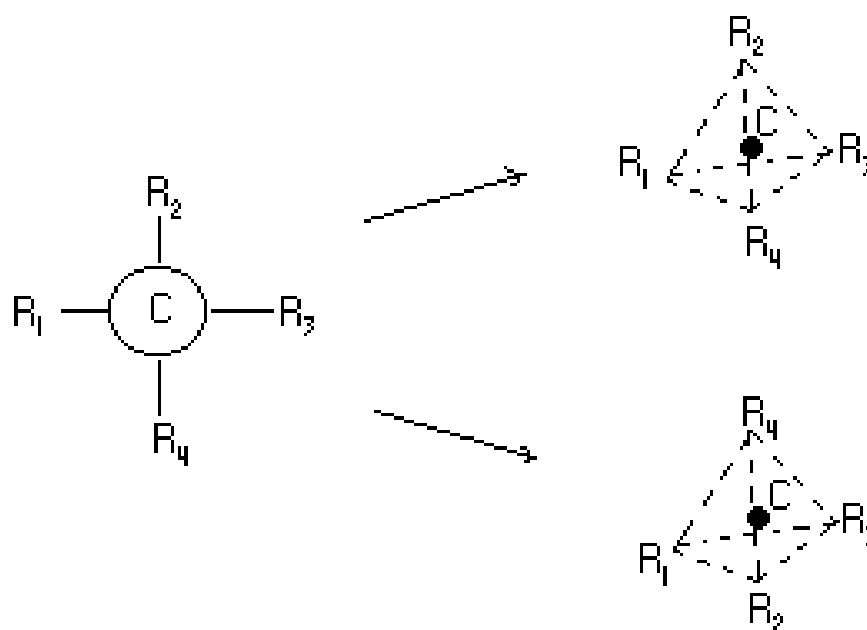


Рис.1. Оптическая анизотропия углеродных соединений.

Молекулы одной формы способны поворачивать плоскость поляризации вправо (по часовой стрелке), это D-форма, для второй формы характерно вращение плоскости поляризации влево (против часовой стрелки). Это L-форма (см. рис.1).

Различные оптические свойства веществ, обусловленные различным пространственным расположением одинаковых атомов в молекулах одного и того же вещества, оказывается, приводит к значительным различиям в биологическом отношении. Так, например, в белках животных обнаружены только L-аминокислоты, а D-формы либо совсем не усваиваются животными и растениями, либо усваиваются гораздо хуже. Для углеводов ситуация обратная, все природные сахара имеют D-структуру. L-формы веществ обладают свойствами отличными от D-форм (например, L-никотин в 2-3 раза более ядовит).

Особое место занимают высокомолекулярные вещества, обычные в живых организмах. Для них остается важным принцип ориентации групп в оптически активном центре, особенным становится то, что оптическая активность возникает при определенных внутримолекулярных конформациях, стабилизуемых Ван-дер-Ваальсовскими силами, такой вид оптической изомерии называется антропоизомерией. Могут сблизиться изначально удаленные друг от друга группировки, а сближенность объёмистых радикалов затрудняет вращение вокруг связей —C—C— и стабилизирует образовавшуюся конформацию. Биологически активные конформации в природе (см. рис.2) обычно термодинамически предпочтительней и, кроме того, достаточно маловероятно, чтобы в ходе конформационных изменений образовались структуры обладающие оптической активностью, равной по модулю, но направленной в другую сторону. Поэтому маловероятно образование пары оптических изомеров высокомолекулярных веществ, подобной паре низкомолекулярных, скорее будет образование единственного оптического изомера без напарника.

Для веществ второй группы характерна активность только в кристаллическом состоянии, она обусловлена пространственным расположением атомов в кристалле, его структурой. Примером таких веществ является кварц, киноварь и др.

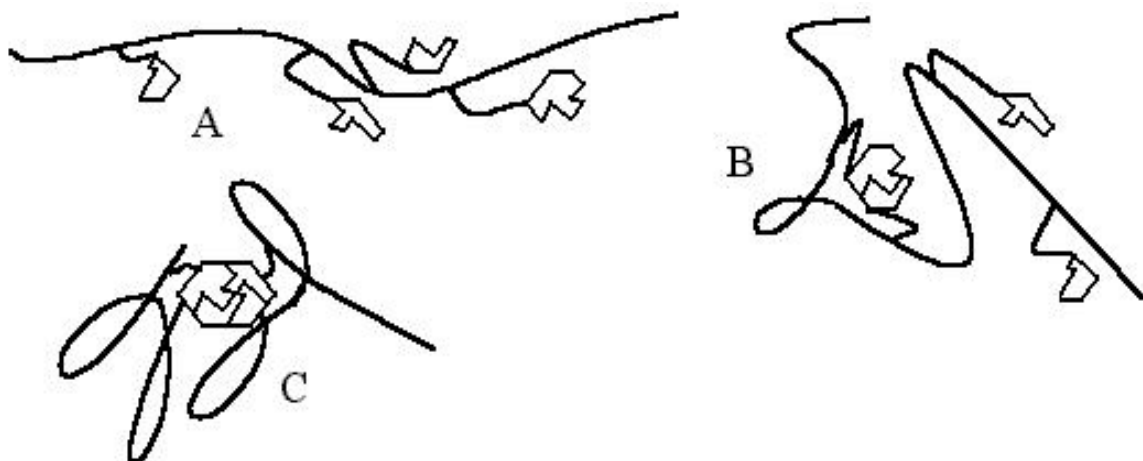


Рис. 2. Появление оптической активности у полимеров: А- первичная структура, оптически активного центра нет; В- в растворе происходят конформационные изменения, цепь изгибается и группировки составляющие оптический центр могут сблизиться; С- возникла стабильная конформация, обладающая оптической активностью

Обнаружить оптическую активность вещества можно с помощью системы поляризатор-анализатор. Как известно, интенсивность света, прошедшего через такую систему, зависит от угла между плоскостью анализатора и поляризатора φ , т.е. $J = J_0 \cos^2 \varphi$. Если при максимальной интенсивности света, прошедшего через анализатор ($\varphi = 0$) между анализатором и поляризатором поместить оптически активное вещество, то интенсивность света J изменится (может уменьшиться). Это объясняется тем, что плоскость поляризации света, прошедшего через вещество, повернулась на некоторый угол φ и $J = J_0 \cos^2 \varphi$. Для твердых веществ угол поворота плоскости поляризации φ пропорционален толщине вещества l , т.е. $\varphi = \alpha l$, где α - называется удельным вращением плоскости поляризации и для различных веществ он строго определен. Его измеряют в град/м или град/мм. По определению α равен углу, на который поворачивается плоскость поляризации слоем оптически активного вещества толщиной l м (или 1 мм). По закону Био удельное вращение α зависит от длины волны проходящего света, вдали от полос поглощения зависимость α от λ определяется формулой Био: $\varphi \sim \frac{1}{\lambda^2}$.

Для растворов, если растворитель нейтральный, угол поворота плоскости поляризации φ зависит от концентрации растворенного оптически активного вещества C : $\varphi = \beta C l$ т.е. $\alpha = \beta C$. Константа β зависит от растворенного вещества и называется удельным вращением растворенного вещества (УВРВ). По определению УВРВ численно равно углу поворота плоскости поляризации, которое вызывается слоем раствора толщиной в 1м при концентрации растворенного вещества 1кг/м^3 (или 1дцм при $C = 1\text{г/см}^3$). Для раствора сахара $\beta = 66,5 \frac{\text{град}}{\text{дм} \cdot \text{г/см}^3}$.

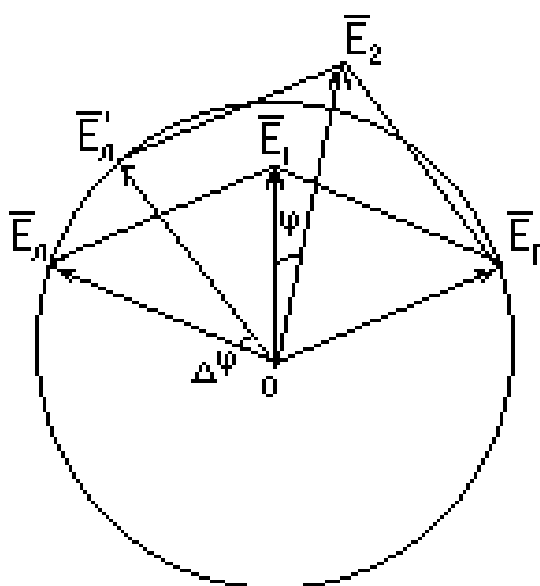


Рис.3

Френелем было дано качественное объяснение закона Био. По этой теории любое колебание, совершающееся по прямой, представляется в виде двух круговых движений во взаимно противоположных направлениях одинаковой частоты и с амплитудами в два раза меньшими амплитуды исходного колебания. Тогда плоско поляризованный монохроматический свет в оптически активной среде распадается на две волны, поляризованные по кругу (см. рис.3), где E_1 - амплитуда исходного колебания, $\bar{E}_л$ и $\bar{E}_п$ - амплитуда света, поляризованного по кругу. Концы этих векторов при распространении света в веществе описывают в пространстве спирали (сложение движений), \bar{E}_1 - начальное положение вектора перед оптически активным

веществом, \bar{E}_2 - конечное, после выхода света из оптически активного вещества.

В оптически активных веществах скорости распространения этих колебаний разные. Из рисунка видно, что $v_{\Pi} > v_{Л}$, т.к. левый вектор $\bar{E}_{Л}$ за один оборот не успел занять исходное положение и $\bar{E}_{Л} \neq \bar{E}_{Л}^1$.

Из уравнения плоской волны получим значение углов поворота световых векторов для правого и левого лучей соответственно :

$$\varphi_{\Pi} = \omega \left(t - \frac{l}{v_{\Pi}} \right) \quad \text{и} \quad \varphi_{Л} = \omega \left(t - \frac{l}{v_{Л}} \right),$$

где l - толщина слоя оптически активного вещества. Разность фаз

$$\Delta\varphi = \varphi_{\Pi} - \varphi_{Л} = \omega \left(\frac{l}{v_{\Pi}} - \frac{l}{v_{Л}} \right), \quad \text{т.к.} \quad v_{\Pi} = \frac{C}{n_{\Pi}}, \quad v_{Л} = \frac{C}{n_{Л}} \quad \text{и} \quad C = \lambda \nu$$

Тогда угол φ , на который поворачивается вся плоскость поляризации оптически активным веществом, определяется по формуле

$$\varphi = \frac{\Delta\varphi}{2} = \frac{\omega l}{2C} (n_o - n_n) = \frac{2\pi l}{TC} (n_o - n_n) = \frac{2\pi l T}{\lambda T} (n_o - n_n)$$

Однако, $n \sim \frac{1}{\lambda}$ (закон дисперсии света), тогда $\varphi \sim \frac{1}{\lambda^2}$, что согласуется с законом Био. Для разных длин волн угол поворота плоскости поляризации различен. Эта зависимость получила название дисперсии оптической активности.

Зависимость φ от C используется в специальных поляриметрах для определения концентрации неизвестного раствора оптически активного вещества по известному раствору. Поляриметр состоит из поляризационного устройства (1) с зеркалом (2) отражающим падающие лучи на поляризатор, кварцевой пластинки (3), трубки (4), в которую заливают исследуемый раствор, анализатора (5) с окуляром, в котором наблюдается поле зрения, и отсчетной лупой. Последняя применяется для точного отсчета угла φ по шкале и нониусу на диске головки анализатора.



Рис.3

Следует отметить, что изменение интенсивности света при повороте плоскости поляризации оптически активным веществом (находящимся в трубке 4) происходит в соответствии с законом Малюса $I=I_0\cos^2\varphi$. Последний легко объяснить, если разложить вектор E' света, прошедшего через раствор 4, на две составляющие (см. рис.4).

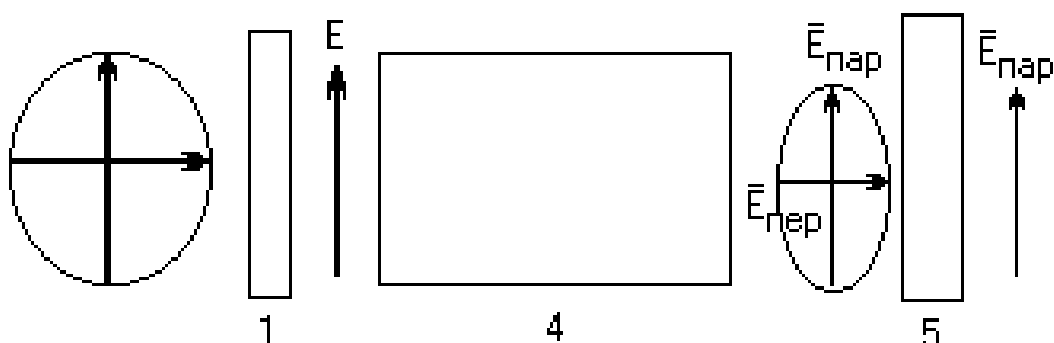


Рис.4. Иллюстрация закона Малюса.

На рис.4 E - вектор напряженности электрического поля электромагнитной плоско поляризованной волны, прошедшей через поляризатор 1, E' - вектор света прошедшего через трубку 4. Последний раскладываем на $\bar{E}_{\text{пар}}$ и $\bar{E}_{\text{пер}}$, причем $\bar{E}_{\text{пер}}$ (перпендикулярная составляющая) не проходит через анализатор 5 и не вносит вклад в интенсивность I вышедшего света из 5. Поскольку интенсивность света $I \sim E^2$, то $I \sim (E')^2 = (E\cos\varphi)^2 = E^2\cos^2\varphi$. Отсюда имеем $I=I_0\cos^2\varphi$. Проверку закона Малюса можно сделать с помощью системы, состоящей из источника монохромного света S , поляризатора Π и анализатора A (см. рис.5). Если на выходе такой системы поставить фотодиод Φ , то сила тока в микроамперметре при вращении анализатора A будут изменяться

по закону $\cos^2\varphi$, т.е. при одном полном обороте 2 раза будет иметь максимум и 2 раза- минимум. Векторная диаграмма силы фототока

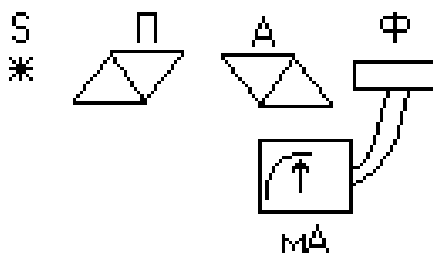


Рис.5

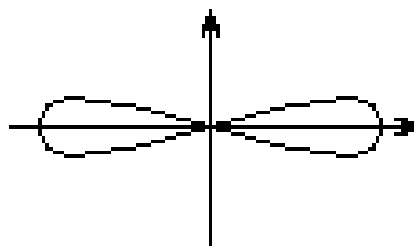


Рис.6

(и интенсивности выходящего света I соответственно) имеет вид рис.6. Получить такую диаграмму- задача естествоиспытателя в данной работе!

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.5 ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ (ЭКЯ) В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ξ - ПОТЕНЦИАЛА ДРОЖЖЕВЫХ КЛЕТОК

Цель работы

Ознакомиться с основными электрокинетическими явлениями в биологических объектах и методами их регистрации и измерения. В частности, освоить приготовление неполяризующихся электродов, оптические методы наблюдения и измерения ЭКЯ.

Обучаемый должен знать:

1. Классификацию электрокинетических явлений (электрофорез, электроосмос, потенциалы течения, потенциалы оседания) и основные физические законы, лежащие в основе этих явлений.
2. Схему установки для микроэлектрофореза и назначение каждого элемента этой схемы.
3. Метод определения ξ - потенциала дрожжевых клеток, используемые формулы.

Обучаемый должен уметь:

1. Вывести расчетные формулы для определения ξ -потенциала.
2. Используя экспериментальную установку определить величину этого потенциала.

3. Объяснить от чего зависит ξ -потенциал и какую роль он играет в биологических объектах и при их исследовании.

Практическое значение работы:

Изучаемые явления лежат в основе различных биологических процессов, происходящих в мембранах и протоплазме клеток (транспорт веществ, иммунитет животного организма) и используются для биологических исследований в целях идентификации биологических объектов (электрофорез).

Бюджет времени: На изучение темы отводится 5,5 часов, из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторные занятия и 1,5 часа на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю.А.Владимиров и др. Биофизика М.1983
2. Е.В.Бурлакова и др. Малый практикум по биофизике М.1964
3. Еськов В.М., Филатова О.Е. Статистическая обработка результатов измерений по естествознанию и экологии (СОРИПЕЭ), Сургут, 1998.
4. Б.В.Дерягин. Электрофорез М.1976

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ "САМОПОДГОТОВКА"

Цель этапа: 1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.

2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.

I. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить основные понятия теории электролитической диссоциации, константы диссоциации, физическую природу сил взаимодействия между одноименно и разноименно заряженными ионами (закон Кулона). Необходимо вспомнить особенности взаимодействия электрических полей в электролитах, обратив особое внимание на отличие зависимости потенциала от расстояния в вакууме и диэлектриках ($\varphi \sim \frac{1}{r}$) от таковой в электролитах ($\varphi \sim \exp\left[-\frac{r}{td}\right]$). Кроме того, из механики жидкостей и газов необходимо вспомнить от чего зависит скорость движения сферических частиц в вязких средах (понятие вязкости,

коэффициента вязкости η , формулу Стокса- $F_c=6\pi\eta rv$). И, наконец, из электростатики необходимо знать потенциал точечного заряда ($\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$) и связь между φ и напряженностью электрического

поля \vec{E} : $\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi$.

II. Изучив блок информации и учебную литературу, обучаемый должен ответить на следующие вопросы и решить задачи.

1. Что такое дисперсная фаза и дисперсионная среда?
2. Что такое электрокинетические явления? Дайте их классификацию.
3. Какое отношение имеют электрокинетические явления к клеткам и тканям животного организма?
4. Что такое электрофорез и где он используется в медицине, биологии?
5. Опишите лабораторную установку для определения ξ -потенциала дрожжевых клеток.
6. Как происходит образование двойного электрического слоя на поверхности металлических электродов, живых клеток?
7. Как получить неполяризующиеся электроды?
8. Какие расчетные формулы используются в данной лабораторной работе?
9. Определить величину ξ -потенциала дрожжевых клеток, если разность потенциалов между электродами $\Delta\varphi=60\text{В}$, а расстояние между концами агаровых сифонов $f=4\text{см.}$, причем, дрожжевые клетки проходят десять делений шкалы окуляр-микрометра за 10 секунд. Цена деления шкалы окуляр-микрометра равна 10^{-5}м .
10. Чему равна напряженность E электрического поля в предыдущей задаче?
11. Определить силу вязкостного трения, если частицы размером $r=10^{-4}\text{м}$ движется в жидкости ($\eta=10^{-2}\text{пз}$) со скоростью $v=10^{-4}\text{м/сек}$.
12. Определить поверхностную плотность заряда дрожжевой клетки размером $r=10^{-5}\text{м}$, если она обладает ξ -потенциалом 12мВ .

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: “ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ”

Цель этапа: Определить величину потенциала дрожжевых клеток с помощью лабораторной установки и среднюю величину поверхностной плотности зарядов G дрожжевых клеток.

Для достижения цели необходимо: I -Собрать установку согласно рис. 1, где 1 - источник высоковольтного напряжения; 2 -

вольтметр; 3 – миллиамперметр; 4 - коммутатор (переключатель, обеспечивающий смену подключения полярности к ванне с частицами); 5- неполяризуемые электроды с агаровыми мостиками, двумя стаканчиками с растворами KCl и CuSO₄; 6 - камера, куда помещается раствор сахарозы с дрожжевыми клетками.

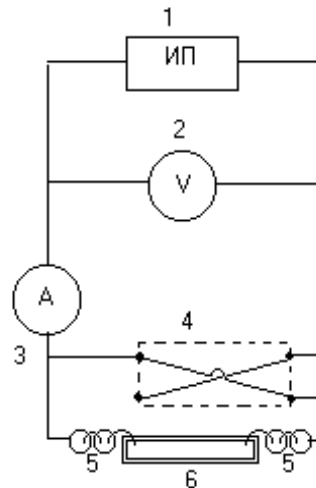


Рис.1

II. Каплю взвеси дрожжевых клеток помещают в камеру 6, которую устанавливают на столике микроскопа так, чтобы середина ее находилась в центре поля зрения. К камере подводят электроды (агаровые мостики) до соприкосновения с каплей.

3. Если дрожжевые клетки в камере не находятся в движении под влиянием пристеночных токов (почти неподвижны), то с помощью коммутатора 4 замыкают электрическую цепь (предварительно включив ИП). Вращая ручку регулирования напряжения ИП (на передней панели) устанавливают такое значение U по 2, при котором ток $\approx 4\text{ мА}$. Записывают U и \approx в таблицу.

4. С помощью окуляр-микрометра измеряют скорость движения $V = \frac{S}{t}$ клетки не менее 3^x раз в одну и другую сторону (при переключении 4), находят среднее значение V и заносят в таблицу. Измерения повторяют для 3^x различных частиц, находят общее среднее. Время t (показания секундомера)- это время прохождения 10^{III} делений шкалы окуляр-микрометра.

5. Используя расчетную формулу (6) $\xi = 140 \frac{S \cdot \ell}{tu}$, находят ξ - потенциал для 3^x разных клеток и, используя алгоритм первичной

статистической обработки измерений, рассчитывают среднее ξ для данных дрожжевых клеток (СОРИПЕЭ).

6. Рассчитать среднее значение $\bar{\sigma} = \frac{q}{S}$, где $q = \xi * 4\pi\epsilon\epsilon_0 r$, $S = 4\pi r^2$

Данные занести в таблицу

Т А Б Л И Ц А

N	U	J	S	t.	V=S/t	ξ	$\xi \pm \Delta\xi$	$\bar{\sigma}$
1								
2								
3								

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ: “ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы и решить задачи из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения II этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради.

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

Блок информации

В биологических объектах мы имеем дело со сложными гетерогенными системами, которые с физической точки зрения представляют собой различные дисперсные фазы (например, плазма крови, протоплазма живых клеток, лимфа). В таких сложных системах при движении дисперсных сред относительно дисперсионной (водные растворы белков и солей) среды возникают электрокинетические явления. Если наблюдается движение одной из фаз по отношению к другой под действием внешнего электрического поля, то эта группа явлений называется электроосмосом или электрофорезом. В частности, электрофорез - это движение дисперсной фазы по отношению к дисперсионной среде во внешнем электрическом поле, а электроосмос движение дисперсионной среды относительно неподвижной дисперсной фазы

(в капиллярах, в пористых перегородках) под действием электрического поля.

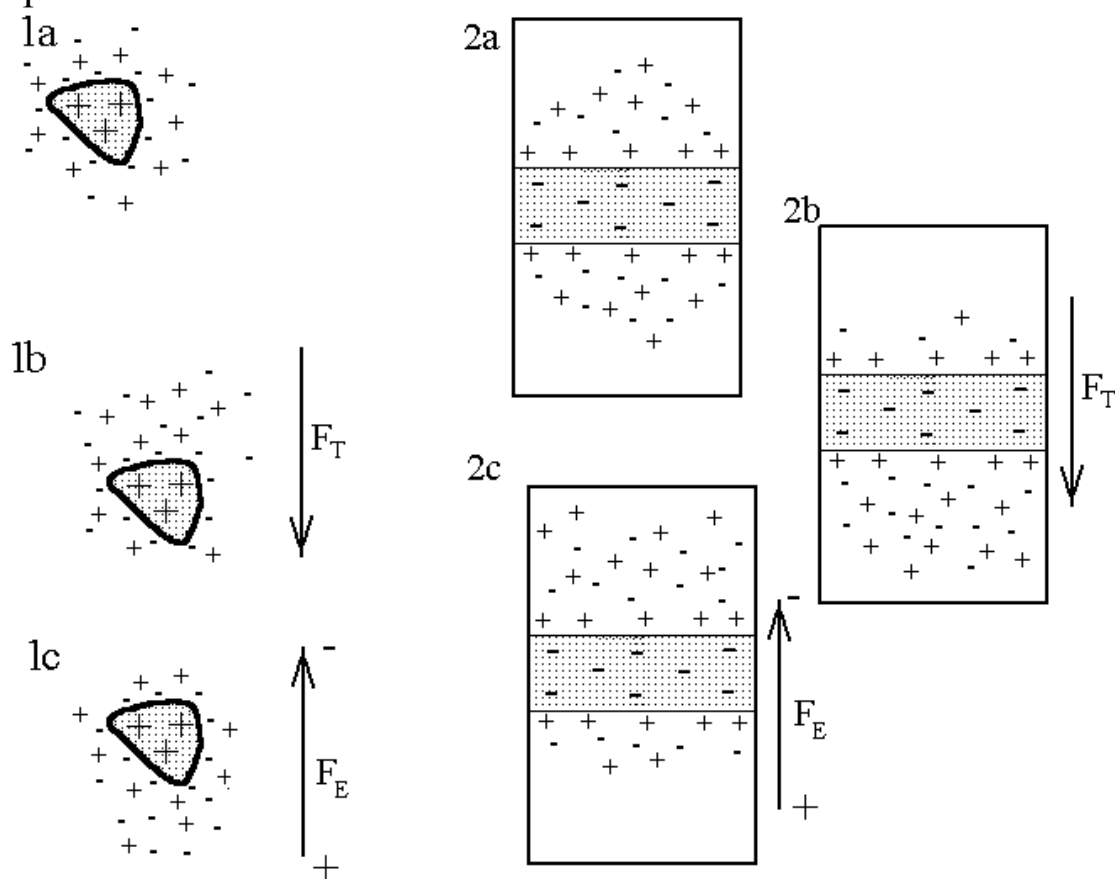


Рис. 1. Механизм появления электрокинетических явлений (пояснения в тексте).

Возможна и другая физическая картина- возникновение разности потенциалов в направлении относительного движения фаз, вызываемого механическими силами, например, потенциалы оседания (седиментации), возникающие в гетерогенной системе под влиянием силы тяжести между верхними и нижними слоями системы, или потенциалы течения (протекания), возникающие в результате движения жидкости через капилляр или через поры пористой перегородки под действием разности давлений Δp на концах капилляра.

В основе всех наблюдаемых явлений находится относительное движение ионных слоев и пространственное разделение зарядов (поляризация) в направлении движения фаз. Для электрокинетических явлений (ЭКЯ) характерно возникновение на границе фаз избыточных зарядов, которые образуют два противоположно заряженных слоя т.н. двойной электрический слой (ДЭС), в котором электрический потенциал изменяется скачком.

Это явление имеет место во многих случаях. Заряд центральной частицы и ионной атмосферы всегда противоположен, поэтому под действием электрического поля на частицу и её атмосферу влияют силы противоположной направленности. Важно, что ионы ДЭС входят в неё динамически, т.е. одни входят, другие уходят при общем сохранении электрической нейтральности. При рассмотрении ЭКЯ можно заметить взаимную обратность электроосмоса потенциалам течения и электрофореза потенциалам оседания. Для случаев электроосмоса и потенциалов течения мембрану можно считать дисперсной фазой. Тогда получим единую картину: равновесное распределение зарядов на частицах (рис. 1.1a) и на дисперсной мембране (рис. 1.2a.) обеспечивает электрическую нейтральность, силовое воздействие нарушает состояние нейтральности. Под действием силы тяжести частица (рис.1.1b) опускается вниз, но ионная атмосфера отстает и в результате происходит пространственное разделение зарядов. В электрическом поле ионы раствора и частица двигаются по силовым линиям, но в разные стороны, видимое движение одной центральной частицы объясняется малым количеством ионов, необходимых для создания ионной атмосферы (рис.1.1c). Для потенциала течения и электроосмоса логика аналогичная: при протекании раствора через перегородку (рис. 1.2b) ионы раствора участвуют в ДЭС и в результате ионы одного знака отстают от ионов другого знака и по разные стороны перегородки образуется разность потенциала (потенциал течения), а в электроосмосе ионы раствора, двигаясь по силовым линиям поля, несут с собой молекулы растворителя. Таким образом видно, что все ЭКЯ определяются прежде всего строением ДЭС.

Механизм образования ДЭС в разных системах различен. Например, на поверхности металлов часть электронов несколько выходит за пределы решетки, состоящей из положительных ионов и ДЭС в этом случае вносит свой вклад в работу выхода электронов из металла. Если металл поместить в электролит, содержащие ионы этого металла, то образуется дополнительный ионный ДЭС возникающий в результате ориентации полярных молекул растворителя (например, H_2O) у поверхности металла. Так, например, если погрузить пластинку Ag (электрод) в электролит, содержащий Ag^+ , то эти ионы переходят из металла в раствор (частичное растворение) а избыточные электроны в металле

заряжают его поверхность отрицательно и притягивают из раствора катионы (в физрастворе это K^+ , Na^+), которые образуют у поверхности вторую (положительную) обкладку ДЭС. Возникающий скачок потенциала $\Delta\phi$ приостанавливает дальнейший переход Ag^+ в раствор и наступает равновесие. Если же концентрация Ag^+ во внешнем растворе велика, то возможен обратный переход и заряд ДЭС инвертируется. Могут существовать условия, при которых поверхность металла не заряжается. Например, если некоторый металл, который используют в качестве отводящих или стимулирующих электродов в биофизических исследованиях (электрофизиологии) (Zn , Ag) находится

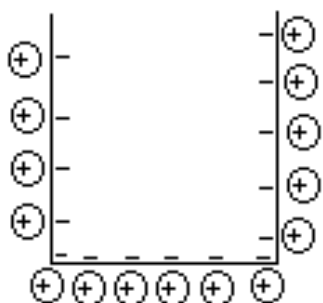


Рис.2

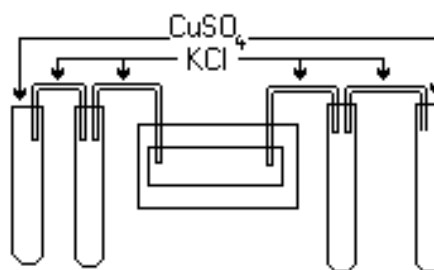


Рис.3

в насыщенных растворах собственных солей (Ag - $AgCl$, Zn - $ZnSO_4$), то металлические электроды не поляризуются. В данной работе используются электроды Cu - $CuSO_4$. Так как концентрация ионов Cu^{++} велика, а сами ионы Cu^{++} и SO_4^{2-} токсичны для дрожжевых клеток, то к раствору с биологическими объектами электроды подсоединяются через промежуточный сосуд с насыщенным раствором KCl через трубки с раствором агар-агара значительно ограничивающего подвижность токсичных ионов (см.рис.3). На ионы ДЭС действуют электростатические силы теплового движения, в результате вблизи поверхности электрода образуются плотный ДЭС (слой Гельмгольца- Штерна) и на некотором расстоянии диффузный ДЭС (слой Гуи - Чепмена), который зависит от температуры среды, и от концентрации раствора.

Двойной электрический слой может образоваться и на поверхности биологических мембран (БМ). Известно, что структурной основой многих БМ являются фосфолипидные бимолекулярные слои, которые обеспечивают барьерную функцию БМ для ионов и водорастворимых молекул и являются матрицей

для мембранных ферментов, различных белковых комплексов, обеспечивающих специфический транспорт веществ в клетке. В плазматических мембранах многих клеток к липидам примыкает гликокаликс, содержащий гликолипиды и гликопротеиды.

Важным свойством фосфолипидов является амфифильность- часть молекулы полярна (гидрофильна), а другая часть- неполярна (гидрофобна). Молекула фосфолипидов на 1/4 своей длины гидрофильна, а на 3/4 гидрофобна. В результате в водных растворах такие молекулы собираются произвольно в комплексы, которые замыкаются образуя везикулы- липосомы (3) или мицеллы (4) (рис.5). Образование липосом происходит произвольно и объясняется только силами кулоновского взаимодействия между полярными группами фосфолипидов.

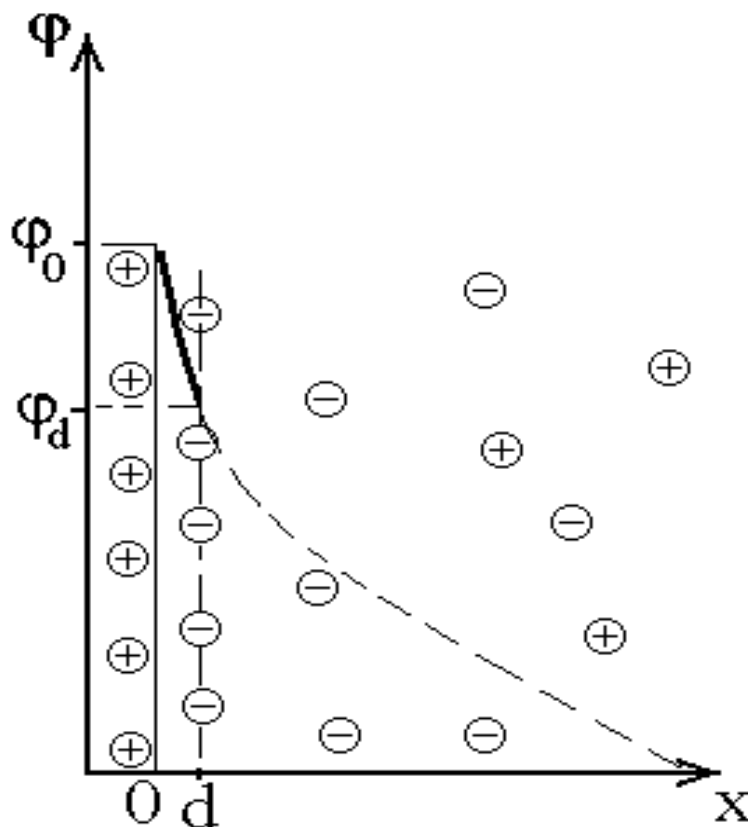


Рис.4 Строение ДЭС: 0d- плотный слой Гельмгольца- Штерна, в диффузной части ДЭС присутствуют ионы обоих знаков.

Наружные полярные (гидрофильные) молекулы создают на поверхности БМ некоторый заряд (преимущественно отрицательный), который препятствует их слипанию, а в самой БМ возникает межфазный скачок потенциала того же знака, что и заряд

на мембране. Поверхностная концентрация одновалентных заряженных групп σ (измеряется кмоль/м²) связана с межфазным потенциалом $\bar{\varphi}$ уравнением Гуи – Чепмена

$$\sigma^2 = \frac{N_A^2 RT \varepsilon C}{2\pi F} \cdot (e^{\bar{\varphi}} + e^{-\bar{\varphi}} - 2)$$

где R- газовая постоянная, N_A- число Авогадро, F- число Фарадея, C- молярная концентрация одновалентного электролита в среде (КСl или NaCl), ε - относительная диэлектрическая проницаемость, $\bar{\varphi}$ - потенциал в безразмерной форме ($\bar{\varphi} \sim \varphi$). Естественно, что заряд на БМ из электролита притягивает ионы противоположного знака, что приводит к образованию ДЭС.

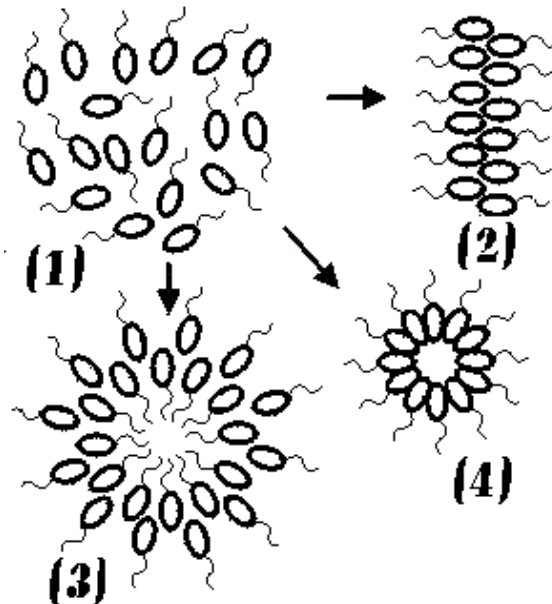


Рис.5. Комплексы молекул: (1)- отдельные молекулы фосфолипидов, (2)- элементы БМ, (3)- липосома, (4)- мицелла.

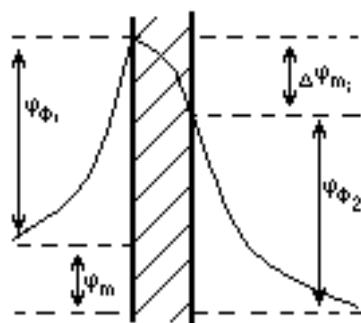
В реально функционирующей БМ существует асимметрия распределения ионов внутренней среды за счет активного и пассивного транспорта ионов и картина выглядит значительно сложнее. В простейшем случае распределение потенциалов вблизи мембраны по обе стороны от нее имеет вид рис.6., т.е. для БМ характерны скачки потенциалов, причем по мере удаления от границы раздела потенциал уменьшается по экспоненте

$$\varphi = \varphi_0 e^{-\frac{x}{L_D}}$$

где x - координата точки пространства, а L_D - радиус экранировки Дебая. Последняя величина характеризует толщину двойного электрического слоя ионов у границы раздела и зависит от суммарной концентрации ионов в среде и их заряда $\sum_i C_i Z_i^2$, а также от относительной диэлектрической проницаемости среды ϵ , т.е.

$$L_D = \sqrt{\frac{RT\epsilon\epsilon_0}{F^2 \sum_i C_i Z_i^2}}.$$

На рис.6. $\varphi_{\phi 1}$ и $\varphi_{\phi 2}$ межфазные скачки потенциалов у двух поверхностей БМ (наружной и внутренней), φ_m - разность потенциалов между водными фазами по обе стороны мембраны, $\Delta\varphi_{mi}$ - падение напряжения внутри мембраны. Последняя величина обеспечивает перенос ионов через мембрану.



М

Рис.6. Распределение потенциалов вблизи мембраны М

Таким образом, возникающий в биологических объектах и в любых других дисперсных системах Д.Э.С. приводит к возникновению потенциала на поверхности раздела фаз - ξ - потенциала, который можно зарегистрировать и величина его будет зависеть как от свойств среды, так и от функционального состояния биологических объектов.

В данной работе определяется величина ξ - потенциала дрожжевых клеток имеющих сферическую форму, движущихся под действием внешнего электрического поля (электрофорез).

Расчетную формулу для движения сферической заряженной частицы радиусом r в электрическом поле с напряженностью E можно получить следующим образом. Пусть сферическая частица с зарядом q движется в вязкой среде, тогда на нее действует две силы: сила Кулона $F_k=qE$ и сила вязкостного трения, которая по формуле Стокса $F_{тр}=6\pi\eta r v$, где η - коэффициент вязкости (для воды $\eta\sim 10^{-2}$ пуаз), а v - скорость движения частицы. Если движение установившееся ($v=const$), то по I закону Ньютона $F_k=F_{тр}$ или

$$qE=6\pi\eta r v \quad (1)$$

для заряженной сферы вблизи ее поверхности потенциал $\varphi = \frac{q}{\epsilon r}$ (в СГС), отсюда

$$q=\varphi\epsilon r \Rightarrow qE=\varphi\epsilon r E=6\pi\eta r v \Rightarrow \varphi = \frac{6\pi\eta r v}{\epsilon r E} = \frac{6\pi\eta v}{\epsilon E} \quad (2)$$

Учет некоторых физических особенностей рассматриваемого процесса дает значение

$$\varphi = \frac{4\pi\eta v}{\epsilon E} \quad (3)$$

где v - скорость движения заряженного сфероида находится опытным путем из значений пройденного частицей пути S ($S=n \times c$, где n -число делений шкалы окуляр-микроскопа, а c - цена одного деления) и времени этого движения t , т.е. $v=S/t$. Зная напряженность электрического поля E находим из формулы связи напряженности E с потенциалом φ $\bar{E} = -\bar{\nabla} \varphi$, или в случае одномерной задачи в скалярном виде

$$E = \frac{\nabla \varphi}{\nabla x} \quad (4).$$

Разность потенциалов $\nabla \varphi=U$ - напряжение между электродами, а $\nabla x=l$ - расстоянию между электродами. Тогда окончательно величина потенциала на поверхности дрожжевой клетки, которую мы будем называть ξ - потенциалом определится с учетом (3) и(4) по формуле

$$\xi = \frac{4\pi\eta S l}{\epsilon t U} \quad (5).$$

Подставляя вместо $\eta=10^{-2}$ и $\epsilon=81$ для воды $\pi=3,14$ и, переводя все единицы измерения в СИ, будем иметь расчетную формулу

$$\xi = 140 \frac{S l}{t U} \quad (6).$$

Иногда вместо $\frac{SI}{tU} = \frac{S}{tE}$ пишут $\bar{v} = \frac{S}{tE}$, где \bar{v} называется электрофоретической скоростью или подвижностью. Легко видеть, что подвижность частицы \bar{v} есть отношение ее линейной скорости v к градиенту потенциала электрического поля. Поэтому (6) можно записывать в виде

$$\xi = 140\bar{v} \quad (7).$$

Зная ξ -потенциал и радиус частицы можно определить поверхностную плотность зарядов $\sigma = \frac{q}{S}$, где $q = \phi \epsilon r(\text{СГС})$, а S - площадь сфероида ($S = 4\pi r^2$). Эта величина зависит от свойств биологической мембраны и может меняться при изменении функционального состояния организма (патология) или условий внешней среды, например, действие радиации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.6 КИНЕТИКА БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ И МОЛЕКУЛЯРНОСТИ РЕАКЦИЙ.

Цель работы:

Обучаемый должен знать:

1. Основные модельные типы химических реакций и методы их изучения.
2. Основные законы химической кинетики.
3. Кинетические допущения в гетерогенных системах.
4. Особенности применения законов кинетики в биологических системах.

Обучаемый должен уметь:

1. Наблюдать за протеканием реакции и обработать кинетические данные для уточнения молекулярности и механизма реакции.
2. Вывести уравнения кинетики модельных реакций.
3. Назвать и обосновать допущения применяемые для гетерогенных систем.
4. Использовать стандартные кинетические методы для конкретных реакций.

Практическое значение работы:

Химическая кинетика позволяет оценить закономерности сложных процессов в различных технологических и биологических системах. Особенностью реакций в биологических системах является постоянная многостадийность и участие в большинстве элементарных актов биологических катализаторов-ферментов. Нарушение правильной последовательности и кинетики стадий приводит к болезненным изменениям в организме. Знание основных закономерностей кинетики позволяет правильно оценить причины болезней и помогает выбрать пути их скорейшего излечения.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 6,5 часов, из них 2 часа лекций, 2 часа лабораторные занятия и 2,5 часа на самоподготовку.

Литература

1. Эмануэль И.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики.- М.: Высшая школа, 1974.- 400 с.
2. Шмид Р., Сапунов В.Н. Неформальная кинетика. В поисках путей химических реакций.- М.: Мир, 1985.- 264 с.
3. Еськов В.М., Филатова О.Е. Статистическая обработка результатов измерений по естествознанию и экологии (СОРИПЕЭ).- Сургут, 1998.-64 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО I ЭТАПУ “САМОПОДГОТОВКА”

Цель этапа: 1. Повторить исходную информацию по законам и допущениям химической кинетики.

2. Изучить новую информацию по методам обработки кинетических данных.

Исходный уровень знаний. Для изучения темы и выполнения работы обучающийся должен повторить данные по модельным кинетикам реакций и методам статистической обработки результатов. Следует обратить особое внимание на особенности применения кинетических уравнений для гетерогенных систем. Для биохимических реакций вспомнить уравнения кинетики ферментативных реакций.

Изучив блок информации и литературу, обучаемый должен ответить на следующие вопросы и решить задачи.

1.Что такое химическая кинетика?

2.Что такое порядок и молекулярность химической реакции? Когда они совпадают?

3.Чем отличаются простые реакции от сложных?

4.Что такое катализатор? В чем его отличие от инициатора?

5.Как определить порядок реакции и порядок по компоненту? В каком случае возможно получение истинного значения порядка реакции из стехиометрии реакции?

6.Что такое энергия активации?

7.Что такое катализ? Каков механизм действия катализаторов? В чем различие гетерогенного катализа от гомогенного?

8.Каковы особенности ферментов, как биологических катализаторов? Используйте знания биологии для объяснения: а) потребности животных в витаминах; б) действия ядов и противоядий, в частности CN^- -ионов, кислот и щелочей; в) жизненного цикла холоднокровных и теплокровных животных.

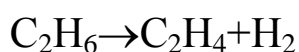
9.Почему при некоторых болезнях желудка рекомендуется перед едой принимать препараты соляной кислоты?

10.Какие особенности живых организмов следует обязательно учитывать при кинетическом исследовании биологических реакций?

11.Почему расщепление компонентов пищи происходит в основном: углеводов- ферментами слюны, белков- ферментами желудочного сока, жиров- в кишечнике? Используйте знания о рН биологических жидкостей.

12. Белковая пища измельчается зубами в ротовой полости, подвергается воздействию ферментов желудочного сока, причем особенно активному у желудочной стенки, всасывается через кишечную стенку по механизму активной диффузии, переносится кровью в ткани, проникает активной диффузией через клеточную стенку, где в митохондриях образуются специфические белки. Определите проходящие процессы с точки зрения гетерогенности и гетерофазности.

13.В сосуд вместимостью 5л ввели чистый этан C_2H_6 при $P=1$ атм и $T=300$ К°. сосуд быстро нагрели до 1000 К°, при этой температуре проходит реакция



Изменения концентрации этана приведены в таблице.

t, с	0	10	20	30	40	50
C, ммоль/л	40,65	24,66	14,95	9,07	5,50	3,34

Выберите правильные ответы на вопросы:

- а) Каков порядок реакции: 1)0,5; 2)1; 3)2; 4)3; 5)другой.
- б) Чему равна константа скорости реакции: 1)1; 2)0,204; 3)20,4; 4)0,49; 5)другая.
- в) Каков период полупревращения $\tau_{1/2}$ (в секундах): 1)0,07; 2)10; 3)20,4; 4)0,49; 5)другой.
- г) Чему равна константа скорости при 1250 К°, если энергия активации равна 83,1 КДж/моль: 1)4,9; 2)0,362; 3)210; 4)0,075; 5)другая. Укажите размерность.
- д) Какое давление (в атм) установилось бы в сосуде при 1000 К°, если бы этан не подвергался бы разложению: 1)2,65; 2)5,00; 3) 3,33; 4)3,66; другое.
- е) Чему равна константа равновесия K_p (атм) при 1000 К°: 1)0,835; 2)1,67; 3)2,79; 4)1,00; 5)другая.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО II ЭТАПУ: "ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ"

1. Сделайте для исследования водную вытяжку из почвы. Для этого насыпьте в стакан образец почвы, залейте её дистиллятом и оставьте его на 1-2 дня для перехода почвенных кислот из частиц почвы в раствор. В полученной вытяжке определите рН и добавьте порошок мела или известняка. Результаты представьте в таблице 1. Признаком завершения реакции можно считать достижение рН= 8-9.

Таблица 1.

t	0	1	2	3	...	i
рН						

2. Выберите промежуток времени между измерениями, что бы изменения рН были 0.2- 0.3, количество точек должно быть не меньше 5.

3. Обработку результатов проведите следующим образом. Концентрация протонов по определению равна $10^{-\text{pH}}$, $\Delta C_i = C_i - C_{i-1}$, $\Delta t = t_i - t_{i-1}$. Составьте таблицу 2. для расчета.

Таблица 2.

$\lg(-[\Delta C]/[\Delta t])$	C_1	C_2	C_3	...	C_i
$\lg[C]=-pH$	pH_1	pH_2	pH_3	...	pH_i

Постройте график по точкам. Непосредственное построение графика обосновано при достаточном количестве точек, если их количество 4-5, обработка по МНК значительно точнее. Кинетические характеристики получаются из графика (порядок равен тангенсу наклона прямой и логарифм константы равен значению в точке пересечения прямой с осью $\lg(-[\Delta C]/[\Delta t])$) или по МНК (порядок равен коэффициенту перед переменной ($\lg[C]$) и логарифм константы равен свободному члену). При подсчете кинетических констант обязательно учитывайте количество верных знаков и правила округления величин.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

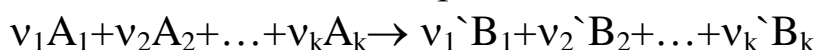
“ПОЛУЧЕНИЕ ЗАЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ”

После выполнения 1 и 2 этапов обучаемый должен заполнить протокол и подписать его у преподавателя, а затем оформить зачет в тетради, обратив особое внимание на связь наблюдаемых в растворе явлений с механизмом протекающих реакций (целесообразно использовать ЭВМ для первичной статистической обработки) и отчитаться у преподавателя за всю работу. В этом случае обучаемый получает зачет.

Блок информации.

Химическая кинетика- раздел физической химии, посвященный исследованию закономерностей протекания химических процессов во времени.

Запишем химический процесс в общем виде



где v_1 - стехиометрические коэффициенты исходных, а v_1' - конечных веществ, A_k - исходные вещества, V_k - продукты реакции. Введем следующие определения:

Скоростью химической реакции называется количество вещества превращенное в данной реакции за единицу времени

$$v = \frac{dn_i}{dt} \quad \text{или для растворов} \quad v = \frac{dn_i}{Vdt} = \frac{dC_i}{dt} \quad (1)$$

Скорость всегда положительна, поэтому если используем изменения концентраций исходных, перед производной следует

ставить минус. Очевидно, что в реакцию могут вступить только молекулы, которые сталкиваются. Число столкновений прямо пропорционально числу молекул, поэтому скорость реакций должна быть пропорциональна концентрации реагентов, т.е. в общем случае

$$v = k C_A^{n_1} C_{A_2}^{n_2} \dots C_{A_k}^{n_k} \quad (2)$$

где k - константа реакции равная скорости при единичных концентрациях реагентов; C_{A_k} - концентрации реагирующих веществ; n_k - порядок по веществу A_k , который требует дополнительного определения.

Реакцию называют простой, если продукт получается в одну стадию, с преодолением одного энергетического барьера, т.е. конечные продукты получаются из исходных сразу, без промежуточных. Если доказана многостадийность и присутствие промежуточных продуктов то реакция сложная. Можно выделить стадии обратимые, когда переходы исходных и конечных веществ взаимно возможны и необратимые, когда исходные продукты целиком переходят в некоторые но определенные

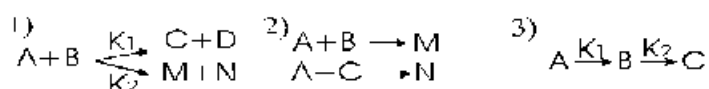


Рис.1 Типы элементарных процессов: 1)параллельные; 2)сопряженные;3)последовательные.

конечные. Стадии могут протекать параллельно(рис.1,1), когда исходные продукты одновременно превращаются по нескольким путям, со своими кинетиками и продуктами; они могут быть сопряженными(рис.1,2), когда одна реакция может протекать только совместно с другой, если продукт M можно получить только в присутствии C , т.е. обязательно наличие A, B и C , то C называют индуктором; последовательными(рис.1,3), когда конечные продукты одной стадии становятся исходными для другой.

Особый вид сложных реакций цепные, когда одной из реагирующих частиц является радикал (частица с неспаренным электроном) со своей последовательностью стадий: 1)зарож дения- возникновения радикалов из валентно насыщеных молекул; 2)продолж ения- стадия с сохранением количества неспаренных электронов; 3)развет вления- исходный радикал рождает несколько; 4)обрыв- уничтожение или появление вместо нестабильных и

активных в реакции радикалов малоактивных. Выделяют процессы разветвленные, когда имеется хотя бы одна стадия ветвления и неразветвленные, когда они отсутствуют.

Реакции характеризуются количеством частиц в ней участвующих. Если в элементарном акте участвует одна частица, то реакцию называют мономолекулярной (рис.2,1), если две- бимолекулярной (рис.2,2), если три- тримолекулярной (рис.2,3).

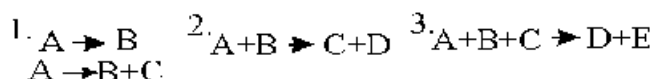


Рис.2

Для элементарных реакций молекулярность равна сумме стехиометрических коэффициентов реагентов и совпадает с общим порядком реакции, т.е. мономолекулярная реакция имеет первый порядок, бимолекулярная- второй, тримолекулярная- третий. Для многостадийных реакций, даже с малой суммой стехеометрических коэффициентов установление порядка общего для реакции или для каждого реагента требует специального исследования. Если сумма коэффициентов превышает три, можно обоснованно утверждать сложность механизма, т.к. вероятность столкновения больше трех частиц чрезвычайно мала.

Наиболее просто выглядят уравнения для односторонних необратимых процессов. Реакция первого порядка



Описывается кинетическим уравнением

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = kx \quad (1)$$

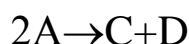
Разделив переменные и проинтегрировав, получим

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{x_0}{x} \text{ или } kt = \frac{2,303}{t} \lg \frac{x_0}{x} \quad (2)$$

где k- константа скорости, t- время, x_0 - начальная концентрация, x- конечная концентрация A в момент времени t. Уравнение можно представить в виде

$$x = x_0 e^{-kt} \quad (3)$$

Реакцию второго порядка вида



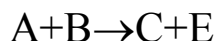
описывает кинетическое уравнение

$$v = kx^2 \quad (4)$$

константа вычисляется

$$k = \frac{1}{t} \frac{(x_0 - x)}{x \cdot x_0} \quad (5)$$

Для реакции



уравнение

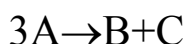
$$v = k(C_A - C)(C_B - C) \quad (6)$$

и константа вычисляется

$$k = \frac{2,303}{t(C_A - C_B)} \lg \frac{C_B(C_A - C)}{C_A(C_B - C)} \quad (7)$$

где C_A и C_B - начальные концентрации веществ А и В, а C - расход их к моменту t .

Для реакции третьего порядка вида



уравнение

$$v = kx^3 \quad (8)$$

и константа равна

$$k = \frac{1}{t} \frac{(x_0^2 - x^2)}{2x^2 x_0^2} \quad (9)$$

Скорость всегда имеет размерность [количество (концентрация), X]/ [время, t], поэтому константы первого порядка имеют размерность $[t]^{-1}$, второго- $[x]^{-1}[t]^{-1}$, третьего- $[x]^{-2}[t]^{-1}$ и т.д. Исходя из наиболее распространенных выражений концентрации размерность констант: первого порядка- сек^{-1} , второго- л/(моль·сек), третьего- л²/(моль²·сек). Сравнивать константы разных порядков нельзя, это разные физические величины.

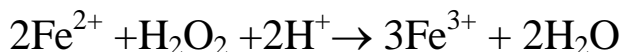
Среди констант, полезных для исследования реакций, определяют времена для различных степеней превращения (таблица 3). Используя их можно определять порядки реакций, близкие

ТАБЛИЦА 3.

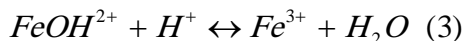
Превращение \ Порядок реакции	1/4	1/3	1/2	3/4	$\frac{1/2}{1/4}$	$\frac{1/2}{1/3}$	$\frac{1/2}{3/4}$
1	$\frac{0.29}{k}$	$\frac{0.40}{k}$	$\frac{0.69}{k}$	$\frac{1.38}{k}$	2.4	1.7	0.5
2	$\frac{0.33}{kx_0}$	$\frac{0.50}{kx_0}$	$\frac{1.00}{kx_0}$	$\frac{3.00}{kx_0}$	3.0	2.0	0.3
3	$\frac{0.39}{kx_0^2}$	$\frac{0.62}{kx_0^2}$	$\frac{1.50}{kx_0^2}$	$\frac{7.50}{kx_0^2}$	3.8	2.4	0.2

к модельным.

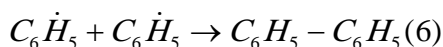
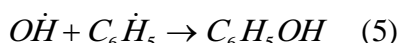
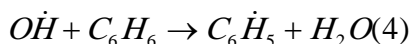
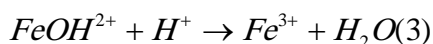
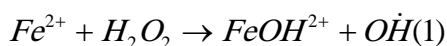
На реальной схеме рассмотрим конкретные примеры. Реакция разложения перекиси водорода в присутствии Fe^{2+} протекает следующим образом



по следующим стадиям



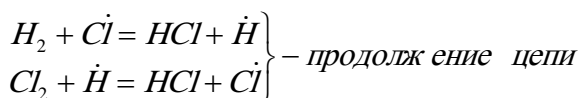
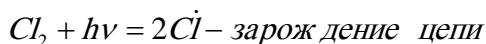
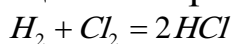
Бензол в смеси с перекисью достаточно устойчив и продуктов окисления не появляется, но в смеси с солью Fe^{2+} обнаруживается фенол (C_6H_5OH) и дифенил($C_6H_5-C_6H_5$). Механизм состоит из следующих стадий



[I.2]

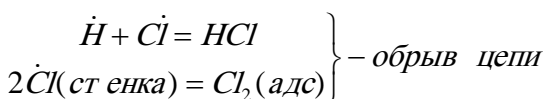
Продукты окисления бензола появляются только в присутствии солей железа, т.е. Fe^{2+} является индуктором, видно, что роль индуктора состоит в открытии новых реакционных путей (в нашем случае создание иницирующих радикалов).

Для цепных реакций самые известные примеры- реакции окисления и реакция получения хлороводорода. Получение HCl- неразветвленный цепной процесс, его схема

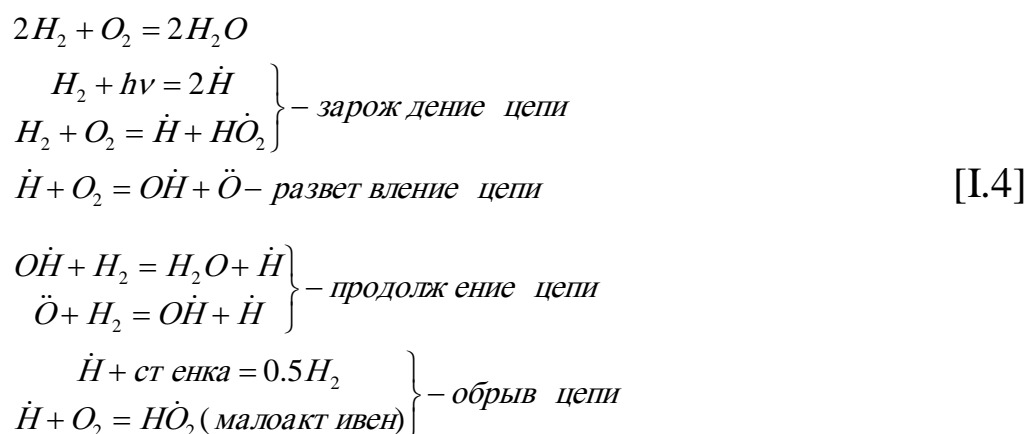


[I.3]

... ..



Реакции окисления включают стадии ветвления



Из приведенного видно, что многие внешне простые процессы протекают через последовательность стадий, т.е. являются сложными. Для сложных процессов общие кинетические характеристики (порядок, константы скорости) могут быть только формальными и совпадения с модельными порядками и константами чисто случайны. Определения их одна из важнейших стадий исследования механизма реакций.

Большая часть реакций протекает с большими скоростями и через малоустойчивые промежуточные соединения, поэтому определение механизма реакции практически всегда сложная проблема. Проще всего её решить для случая средних скоростей накопления продуктов или расходования исходных реагентов. Измерять и подставлять в кинетическое уравнение можно любую величину, однозначно связанную с концентрацией любого из реагентов (остальные определяют по стехиометрии реакции). Можно измерять объём для газов, в растворе можно измерять рН, интенсивность окраски, поляризацию света, твердые тела можно просто взвешивать; можно проводить измерения прямо в реакторе, можно отбирать пробы и определять всё в них, но тогда принимают специальные меры для сохранения неизменным состава пробы до исследований.

Реальные реакции чаще всего проводят в специально подобранных условиях, позволяющих упростить получение результата. Простейший способ исследования кинетических констант сложных реакций состоит в проведении реакции, когда концентрации всех веществ (кроме целевого) достаточно велики, что бы считать их неизменными на протяжении всей реакции. Тогда кинетическое уравнение упрощается до вида

$$v = k[C]^n \quad (10)$$

где k' - псевдоконстанта реакции, равная произведению истинной на концентрации остальных веществ в реакционной смеси, а n - порядок реакции по исследуемому веществу. Прологарифмировав, получим

$$\lg v = n \lg [C] + \lg k' \quad (11)$$

Записав скорость как $v = \Delta C / \Delta t$, мы получаем рабочую формулу для определения порядка и константы нашей реакции. Следует построить график линейной функции

$$\lg(-[\Delta C] / [\Delta t]) = n \lg[C] + \lg k'$$

и величины получатся из графика: порядок равен тангенсу наклона прямой и логарифм константы равен значению в точке пересечения прямой с осью $\lg(-[\Delta C] / [\Delta t])$. Можно провести линейризацию по методу наименьших квадратов (МНК), тогда порядок равен коэффициенту перед переменной ($\lg[C]$) и логарифм константы равен свободному члену.

Для исследования кинетики в реакционных смесях разработаны другие методы линейризации в специально подобранных координатных осях. Если есть достаточные основания, можно использовать метод подбора. Для кинетики близкой к модельным можно построить график в координатах: для первого порядка $\lg x - t$, для второго- $(1/x) - t$, для третьего- $(1/x^2) - t$. Зависимость близкая к линейной позволяет считать верным определенный закон. Существуют реакции так называемого нулевого порядка, когда концентрации настолько велики, что скорость не зависит от времени, прямая получается в координатах $x - t$. Кроме того, определенные выводы о кинетике позволяет сделать соотношение времен для стандартных глубин превращения (таб.3).

Реакции любых порядков позволяют исследовать другие методы.

Вычисление порядка по времени полупревращения проводится на следующей основе. Интегрируя стандартное уравнение

$$-\frac{dx}{dt} = kx^n \quad (12)$$

получаем для $n \neq 1$

$$\int x^{-n} dx = \frac{1}{(1-n)x^{n-1}} = -kt + const \quad (13)$$

где константа вычисляется из условия, что при $t=0$ $x=x_0$

$$const = \frac{1}{(1-n)x_0^{n-1}} \quad (14)$$

и окончательно

$$kt = \frac{1}{(1-n)} \left(\frac{1}{x^{n-1}} - \frac{1}{x_0^{n-1}} \right) \quad (15)$$

Период полупревращения определяется из условия $x=0,5x_0$

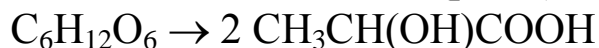
$$\tau_{1/2} = \frac{1}{k} \cdot \frac{2^{n-1} - 1}{n-1} \cdot \frac{1}{x_0^{n-1}} \quad (16)$$

Видно, что $\tau_{1/2}$ - функция x_0 ; прологарифмировав получим основное уравнение метода

$$\lg \tau_{1/2} = \lg \frac{2^{n-1} - 1}{k(n-1)} - (n-1) \lg x_0 \quad (17)$$

Для получения результата проводят реакцию при нескольких начальных концентрациях, полученные точки наносят на график $\lg \tau_{1/2} - \lg x_0$ и из линейной зависимости определяют порядок реакции по компоненту.

Можно обрабатывать и реальные кинетические кривые. Получив экспериментальные точки, наносят их на плоскость $x(C)$ - t и проводят линию наилучшим образом огибающую их все именно её обрабатывают описанными способами; обработка линии, а не полученных точек снижает влияние случайных ошибок. Для метода полупревращений такая обработка полностью корректна только для целочисленных порядков. Рассмотрим реакцию глюкозы в мышцах (рис.3)



Реакция по определению мономолекулярная, порядок определим способами описанными выше. По кривой найдем $\tau_{1/2}$, $\tau_{1/3}$, $\tau_{3/4}$, $\tau_{1/4}$ и найдем значения для сравнения с таб.3. Видно, что числа наиболее близки для соотношений реакции первого порядка (рис.3.I), хотя отличия дают основания подозревать нецелочисленность порядка. Используя кривую, как источник точек для метода полупревращений (рис.3.II), тоже получим свидетельства в пользу первого порядка реакции, но в дополнение к этому можем оценить константу реакции из свободного члена уравнения МНК

$$\lg \tau_{1/2} = -7.02 \cdot 10^{-2} \lg C_0 + 1.47$$

Учтя, что константа перед $\lg C_0$ равна $-(n-1)$ подставив это число в выражение для свободного члена в (17), получаем $k=1.6 \cdot 10^{-2}$. Для построения графика зависимости скорости от концентрации (рис.3.III) используем все точки предыдущих методов и точки концентраций, кратных 0.5 из реакционной кривой. Обработка по МНК дает следующее уравнение

$$\lg\left(-\frac{\Delta C}{\Delta t}\right) = 1.42 \lg C - 1.78,$$

где 1.42- порядок реакции, а (-1.78)- десятичный логарифм константы реакции, т.е. $k=1.7 \cdot 10^{-2}$. Величины константы,

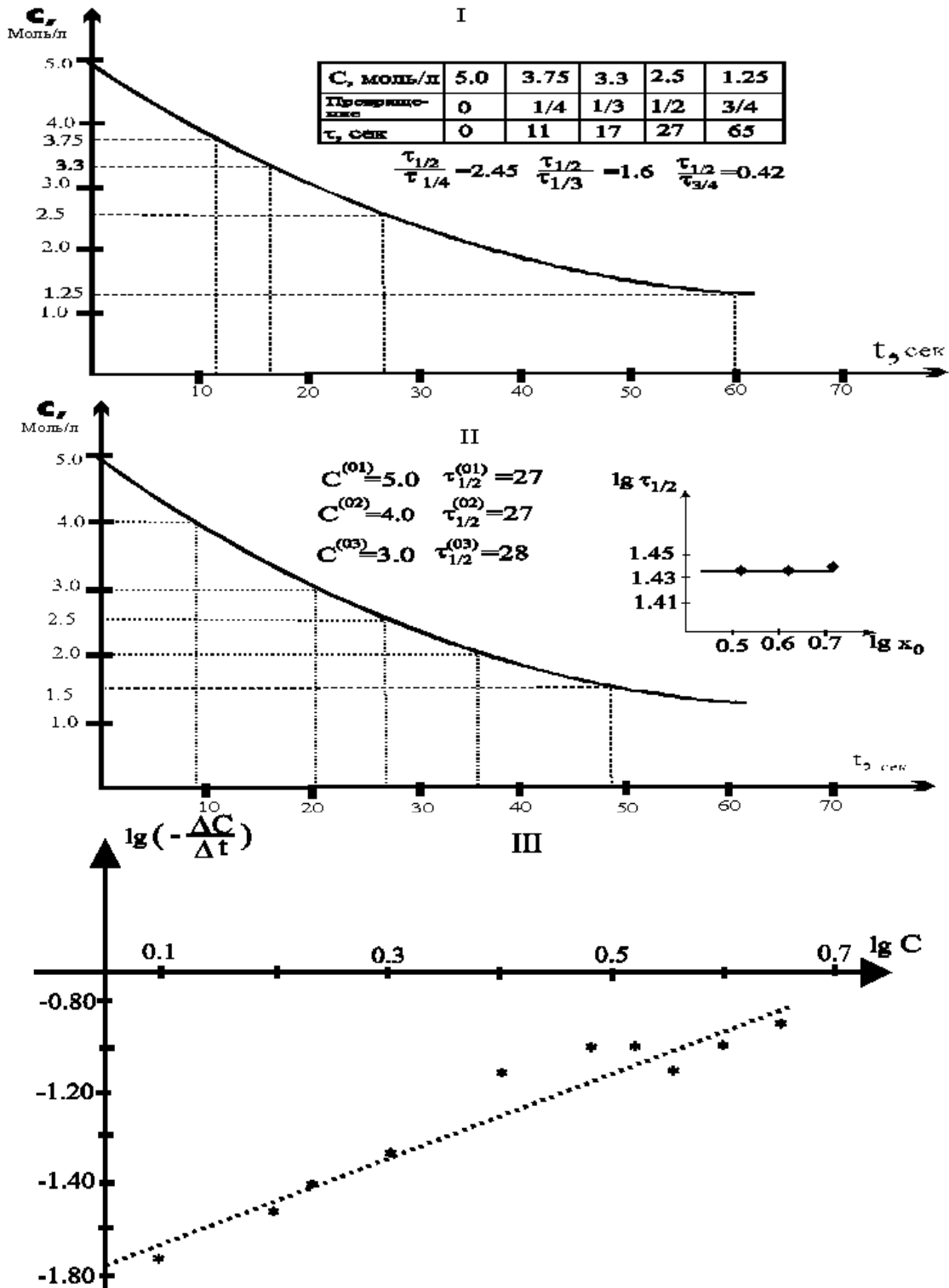


Рис.3 Определение порядка реакции: I- по времени для стандартных степеней превращения, II- по периодам полупревращения, III- по скоростям.

полученные из рис.3.(II,III) вполне совместны и для полученных из кривой с небольшим масштабом сходимость более чем достаточна, но величины порядков разные. Учитывая неполную применимость метода полупревращений к обработке кривых и отклонения величин рис.3.I от табличных, можно настаивать на данных рис.3.III, как полученных более универсальным методом на основе большего количества точек.

Определив порядок по одному компоненту из псевдоконстант можно определить порядки для других компонентов. Проведя реакцию с определенным набором постоянных концентраций компонентов, мы из зависимости вида (10) получаем набор k' порядок по C_i определяем из линейной зависимости

$$\lg k' = \lg k + n_i \lg C_i \quad (18)$$

определяем порядок по C_i (n_i) и истинную константу k .

Энергетические аспекты химической кинетики

Скорость реакции сильно зависит от температуры её проведения. Концентрации реагентов от температуры зависят мало и очевидно, что от температуры зависит величина кинетической константы, эмпирически зависимость описывается правилом Вант-Гоффа

$$k^{(t+10)}/k^t = \gamma = 2 \div 4 \approx 3$$

где γ - температурный коэффициент. В небольших промежутках температур он сохраняет постоянство и константа может рассчитываться по уравнению

$$k_{t_2} = k_{t_1} \gamma^{(t_2-t_1)/10}$$

Для точных расчетов применяют уравнение Аррениуса

$$d(\ln k)/dt = E/RT^2, \quad (19)$$

где R - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/К·моль), k - кинетическая константа, T - температура в градусах Кельвина, E - константа, имеющая размерность энергии и называемая

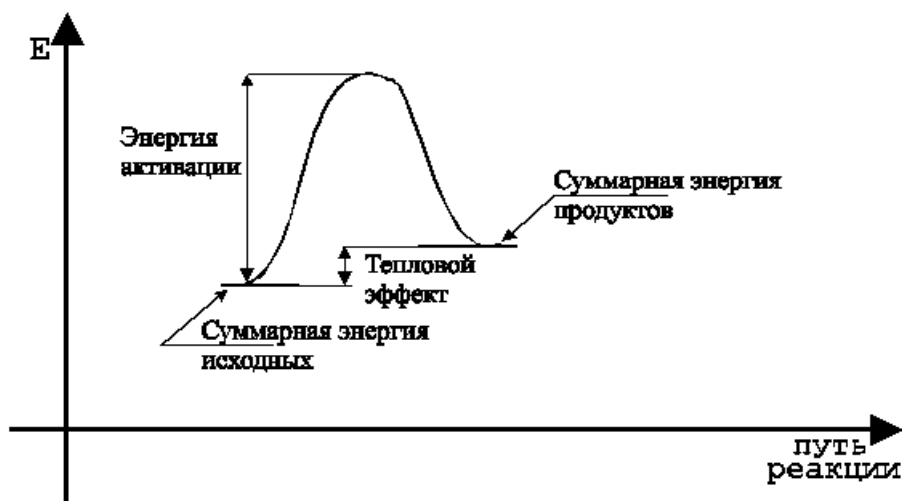


Рис.4

энергией активации. Предполагается, что энергия активации равна избытку энергии, которым должна обладать частица по сравнению со средней энергией при данной температуре, что бы вступить в реакцию, она совпадает с ранее уже упомянутым энергетическим барьером (рис.4) и так же имеет очевидный физический смысл только для простых реакций, для многостадийных процессов это некая эмпирическая усредненная величина. Интегрируя уравнение Аррениуса, получим

$$\ln k = (-E/RT) + \text{const} \text{ или } k = A \cdot e^{-E/RT} \quad (20)$$

где A - эмпирический коэффициент, называемый предэкспоненциальным множителем, который показывает вероятность вступления в реакцию частицы, обладающей необходимой энергией, т.к. для реакции важны не только энергии реагирующих частиц, но и соотношение их внутримолекулярных (орбитали, моменты инерции и т.д.) характеристик. Возможная зависимость энергии активации от температуры для биологических процессов не принципиальна из-за узкого диапазона температур биологических процессов. Достаточно точно энергию активации можно вычислить проведя реакцию при двух различных температурах и подставив величины констант и температур в уравнение

$$E = \frac{R \ln(k_2/k_1)}{(T_1^{-1} - T_2^{-1})} \quad (21)$$

Для строгого вычисления энергии активации желательно получение характеристик не менее чем при 4-5 температурах и построение графика в координатах $\ln k - (1/T)$ (аррениусовских) (рис.5). Прямая линия, проведенная через точки, отсекает на оси $\ln k$ отрезок

равный $\ln A$, а тангенс угла наклона позволяет получить величину E по формуле

$$A = -R \cdot \operatorname{arctg} \varphi \quad (22)$$

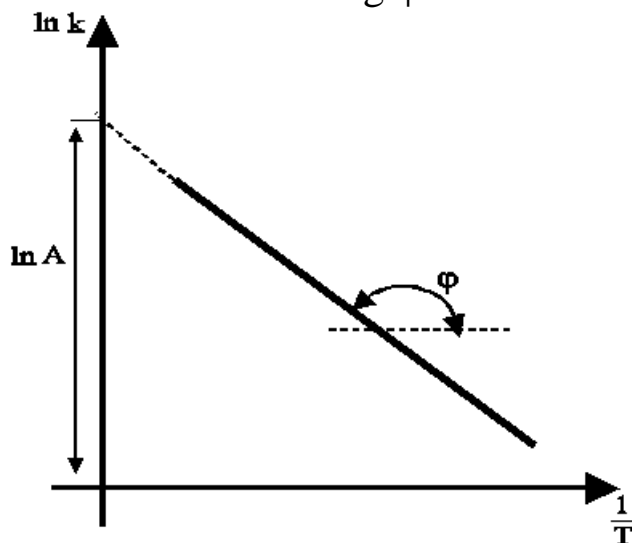


Рис.5

Учет гетерогенности реакционных систем

В зависимости от наличия границ раздела фаз нахождения реагентов и протекания реакций выделяют гомогенные, в случае нахождения реагентов и протекания реакций в границах одной фазы и гетерогенные, если хотя бы один компонент или стадия процесса происходит на границе или в разных фазах. Выделяют гомофазные процессы, когда исходные, стабильные промежуточные и конечные продукты находятся в границах одной фазы и гетерофазные, если названные вещества образуют более чем одну фазу. Возможны различные комбинации: нейтрализация кислот в растворах- гомогенно- гомофазная реакция, окисление жидких углеводородов кислородом воздуха- гетерогенно- гомофазная реакция (окисление идет только кислородом, растворившимся в жидкой фазе), примером гомогенно- гетерофазной реакции может служить реакция гидрирования непредельных углеводородов на катализаторе, гетерогенно- гетерофазной- реакция оксида кальция с водой.

Применение общих кинетических закономерностей к гетерогенным процессам имеет следующие особенности:

1. Закон действующих масс для многофазных процессов заменяется законом действующих площадей. Очевидно, что реакция может идти только при контакте исходных реагентов, т.е. с ростом площади контакта реакция резко активизируется и

концентрации для твердых тел или жидкостей для реакций через границу раздела фаз заменяются площадью границы фаз; если реакция протекает на выделенных местах поверхности, используют понятие активной поверхности. Поэтому твердые вещества вводят в реакцию в виде максимально измельченной пудры, газы барботируют (продувают) через жидкость мелкими пузырьками, если реакция протекает на границе несмешивающихся жидкостей, создают устойчивую эмульсию для создания достаточной площади контакта. Для биохимических реакций пищеварения можно упомянуть эмульгирующее влияние желчных кислот, повышающих площадь контакта пищи и пищеварительных ферментов при переваривании и наличие ворсинок пищеварительного эпителия при всасывании продуктов в организм;

2. На скорость реакции оказывают влияние диффузионные стадии подхода реагентов к поверхности раздела фаз: если реакция протекает на внешней поверхности раздела фаз, влияет внешняя диффузия в границах одной фазы; если реакция протекает в значительной мере внутри реакционной фазы, то добавляется внутренняя диффузия внутри её.

Катализ

Катализом называется явление ускорения реакций в присутствии веществ, которые участвуют в промежуточных взаимодействиях, но сохраняют свою химическую неизменность после протекания реакций. Такие вещества называют катализаторами, они служат основой большинства промышленных процессов и практически всех биохимических реакций. Биологические катализаторы называются ферментами. Именно химическая неизменность отличает катализаторы от уже упомянутых индукторов, которые создают реакционные пути, но в цепи реакций химически изменяется. В зависимости от того образуют частицы катализатора отдельную фазу или нет выделяют гомогенный катализ и гетерогенный.

Механизм действия катализаторов объясняется из теории промежуточных взаимодействий. Катализаторы реагируют с исходными веществами, образуя промежуточные, при распаде которых образуются конечные продукты реакции. Из уравнения Аррениуса видно, что скорость может меняться или воздействием

на величину энергии активации или на предэкспоненциальный множитель:

1. Энергия активации может меняться двумя путями. Предполагается, что комплекс катализатора с реагентами, распадаясь на продукты реакции и исходный катализатор, требует для образования меньшей энергии активации, чем прямое взаимодействие реагентов (рис.6.а) или катализатор реагирует с реагентами по очереди, энергия активации каждой стадии меньше исходной и хотя суммарная энергия активации не меняется, возникает ситуация прыжка через пропасть в несколько (на рис.6.б в два) приемов, вместо одного большого кванта энергии достаточно нескольких средних. Видимая ситуация, когда реакция протекает только в присутствии катализатора может быть объяснена из термической устойчивости соединений: энергия активации реакции без катализатора может быть настолько велика, что начинается термический распад продукта, катализатор позволяет образоваться продукту в более мягких условиях, а снижение $E_{\text{акт}}$ резко ускоряет реакцию (снижение на 40 кДж/моль ускоряет реакцию приблизительно в $2.5 \cdot 10^8$ раз);

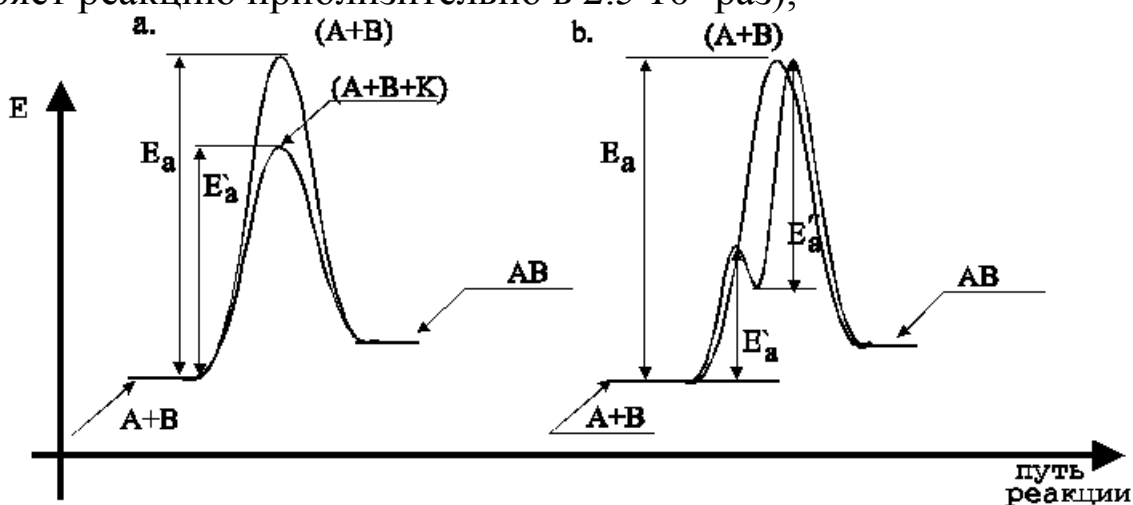


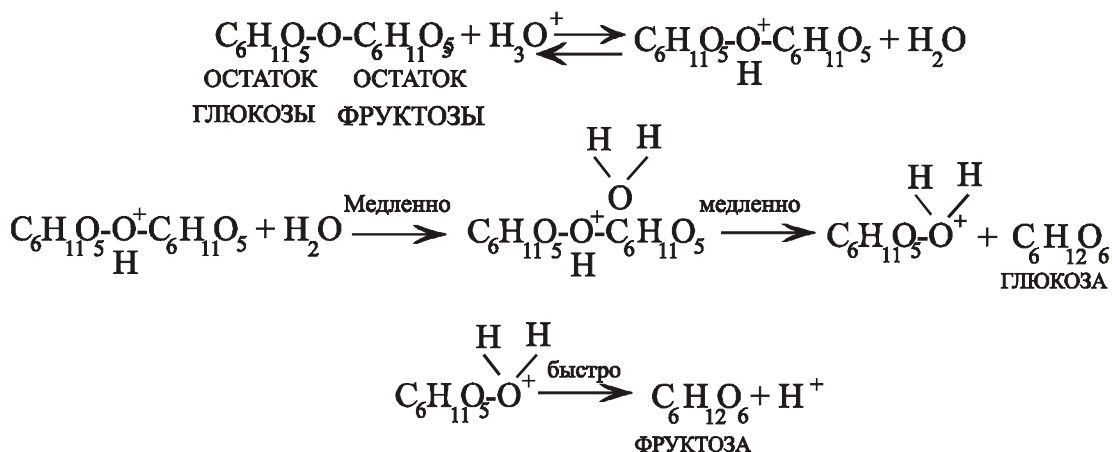
Рис.6

2. Выше упоминалось, что не все частицы, обладающие необходимой энергией, могут вступать в реакцию, значение имеет взаимная ориентация и особенности электронного распределения в реагирующих частицах; все эти факторы отражаются в предэкспоненциальном множителе. Участие катализатора позволяет оптимизировать и эти факторы: образуются комплексы с более доступными для реакции фрагментами молекул, электроны катализаторов, обладающих металлической или

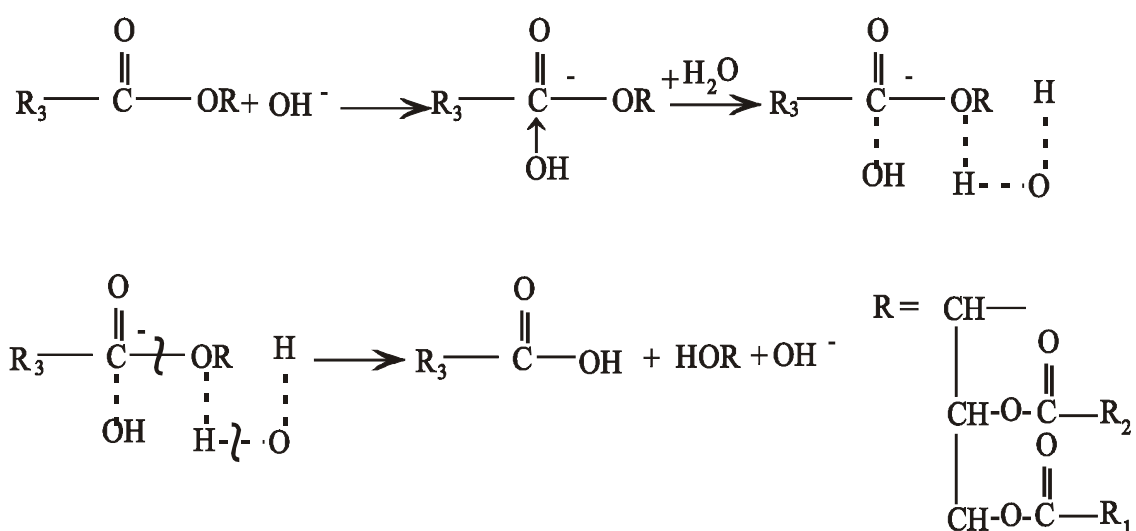
полупроводниковой проводимостью, могут участвовать в промежуточных стадиях с образованием реакционноспособных частиц.

Из строения биологических тканей очевидна большая распространенность в биологии явлений гомогенного катализа (реакции веществ, растворенных в тканевых жидкостях). Рассмотрим простейшие механизмы.

Все процессы пищеварения проходят в средах с определенным рН, т.е. наряду с белковыми ферментами определенную роль играет кислотно-основной катализ: углеводороды расщепляются ферментами слюны при $\text{pH} \approx 6-7$, жиры и белки при $\text{pH} > 7$. По механизму специфического кислотного катализа протекает гидролиз сахарозы. Протон, контактируя с мостиковым кислородом, снижает электронную плотность на углеводных остатках и они становятся более доступными для атаки молекулой воды, после отщепления одного из сахаров, протонированная форма другого быстро отбрасывает протон и таким образом замыкает реакцию с восстановлением каталитической частицы (порядок выделения углеводов примерный, оба остатка равнодоступны).



Жиры по природе своей являются сложными эфирами трехатомного спирта глицерина и различных карбоновых кислот. Их гидролиз происходит под специфическим основным катализом, рассмотрим гидролиз по первой ступени и обозначим R- радикал в такой реакции, а R₁, R₂, R₃- кислотные остатки:



В данной реакции первой стадией становится атака гидроксильного аниона на углерод карбоксильной группы, на котором электронная плотность сильно снижена из-за соседства двух атомов кислорода, один из которых образует двойную связь; на второй стадии с молекулой жира координируется молекула воды, протон от воды подходит к сложноэфирному кислороду и отрицательный заряд от гидроксила, попадая на связи воды, вызывает их перестройку: возникает электронная плотность между протоном и эфирным кислородом, между кислородом гидроксила и углеродом карбоксильной группы, разрываются связи протонов с кислородом в молекуле воды (пунктир показывает промежуточный характер всех связей); завершается реакция образованием стабильных молекул кислоты, частично гидролизованного жира и гидроксильного аниона, но гидроксил возникает из атомов исходно входивших в молекулу воды, а жир может вступать в цикл реакций, вплоть до полного гидролиза до глицерина и жирных кислот.

Особенностью биологических реакций является участие в них катализаторов белковой природы- ферментов. Они позволяют протекать реакциям, обычно идущим при достаточно жестких условиях (высокие температуры, давления и т.д.) при нормальных условиях с очень высокой селективностью. Обычно для нормального протекания реакций в организмах необходимо существование сбалансированной цепочки ферментов, воздействующих на течение последовательных реакций. Для ферментов остаются верными все закономерности для макромолекул, катализаторов и поверхностно- активных веществ (ПАВ):

1. Все белки являются представителями поликонденсационных полимеров- полиамидами, они образуются из аминокислот с общей формулой $R-CH(NH_2)-COOH$ (R - органический радикал) по реакции



где n может быть достаточно велико, а R могут быть различны (в белках обнаружены более 20 аминокислот). В растворах полимеры имеют свойства отличающие их от растворов обычных низкомолекулярных веществ и близкие к свойствам коллоидных, где в растворителе распределены не молекулы, а агрегаты другой фазы. Кроме того, термодинамически выгодно нахождение в растворителе не линейных молекул полимера, а конформаций молекул, допускающих внутримолекулярные взаимодействия. Для белков обнаружено 4 уровня структурирования: первичный- для очень разбавленных растворов индивидуальные распрямленные молекулы, максимально взаимодействующие с растворителем; вторичный- для более концентрированных растворов начинают образовываться спиральные структуры с внутримолекулярными Ван- дер- Ваальсовскими взаимодействиями; третичный- спирали дополнительно могут сворачиваться в клубки за счет дополнительных дисперсионных взаимодействий; четвертичный- клубки могут агрегироваться между собой. Вторичная и дальнейшие структуры белков могут поддерживаться химическим связыванием между группировками, входящими в состав радикалов.

2. Вещества, способные концентрироваться на поверхности раздела фаз и менять поверхностное натяжение на границе называют поверхностно- активными. Выделяют следующие классы ПАВ: анионные- носителем свойств является гидрофобный анион, катионные- гидрофобным является катион, амфолитные (амфотерные)- в молекулу входят как анионные, так и катионные группировки и свойства ПАВ зависят от рН, неионогенные- не образуют ионов, поверхностная активность достигается чаще всего наличием в молекуле оксиэтиленовых звеньев ($-CH_2 - CH_2 - O$). В молекулы белков входят аминогруппы, способные давать катионы в кислой среде и карбоксильные группы, дающие анионы в щелочной, т.е. белки являются амфо-терными ПАВ. Для каждого белка существует точка нулевого потенциала, рН при котором

катионные и анионные группировки взаимоуравновешены, на этом основан метод хроматоэлек-трофоретического разделения белков.

3. Среди свойств катализаторов упоминалось наличие активных комплексов для гомогенного или активных центров для гетерогенного катализа. Все это верно и для ферментов, каждая реакция проходит на своём активном центре, если фермент полифункционален, то центров может быть несколько. Белковая природа определяет особенности функционирования ферментов: все ферменты проявляют специфическую активность только в форме третичной или четвертичной структуры, это налагает верхний температурный предел диапазона работы ферментов, необратимость разрушения структуры определяет возможность восстановления работы фермента; структура белка может быть разрушена или восстановлена не только температурой, но и химическим воздействием, на этом основывается действие всех ядов и противоядий; поверхностная активность белков имеет следствием повышение концентрации ферментов на границе фаз с субстратом, а их амфотерность определяет рН наибольшей активности, т.к. именно при нём образуется структура, в которой появляется активный центр. Многие ферменты содержат и небелковые фрагменты, называемые коферментами. Поставщиками таковых для организма чаще всего служат витамины. Высокая активность ферментов и их необходимость для организма определяет конкретные потребности в различных витаминах. Кроме того, устойчивость ферментов к различным воздействиям и их активность зависит от прочности связей фермента с окружающими молекулами: большинство ферментов в организме работает в составе клеточных стенок и теряет активность после выделения, а для пищеварительных ферментов установлена большая активность в присутствии участков желудочной стенки, т.е. для образования наиболее активной структуры фермент определенным образом связывается с ней. Это сближает ферменты с новым классом катализаторов- "гетерогенизированными катализаторами". Они объединяют катализаторы, в которых на поверхности обычных для гетерогенного катализа носителей (силикагель, алюмогель и т.д.) наносят и стабилизируют комплексы, обычные для гомогенного катализа. Таким образом можно использовать и природные ферменты, например реализован процесс получения фруктозы из обычного сахара на основе

природных инвертаз, связывание их с минеральным носителем позволило резко повысить долговечность катализатора с сохранением активности.

Ферментативный катализ

Моделирование ферментативных реакций основывается на общих принципах моделирования химических реакций. Покажем его на примере наиболее общих уравнений Михаэлиса-Ментена.

Простейший случай, когда одному ферменту соответствует один субстрат. Предположим следующую последовательность стадий



где E- фермент, S- субстрат, ES-комплекс субстрата с ферментом, а P- конечный продукт. Применим условие стационарности, т.е предположим, что для S равновесные концентрации промежуточных соединений (ES) устанавливаются быстро и

$$k_1[E][S] - k_2[ES] - k_3[ES] = 0 \quad [\Phi 1]$$

Общая концентрация фермента неизменна

$$[E]_0 = [E] + [ES] \quad [\Phi 2]$$

Выразив [E] из [Φ2], подставив в [Φ1] и решив его относительно [ES], получим

$$[ES] = \frac{k_1[E]_0[S]}{k_2 + k_3 + k_1[S]} \quad [\Phi 3]$$

Скорость образования продуктов по нашей схеме $w = k_3[ES]$ и окончательно получим

$$w = \frac{k_1 k_3 [E]_0 [S]}{k_2 + k_3 + k_1 [S]} = \frac{k_3 [E]_0 [S]}{K_m + [S]} \quad [\Phi 4]$$

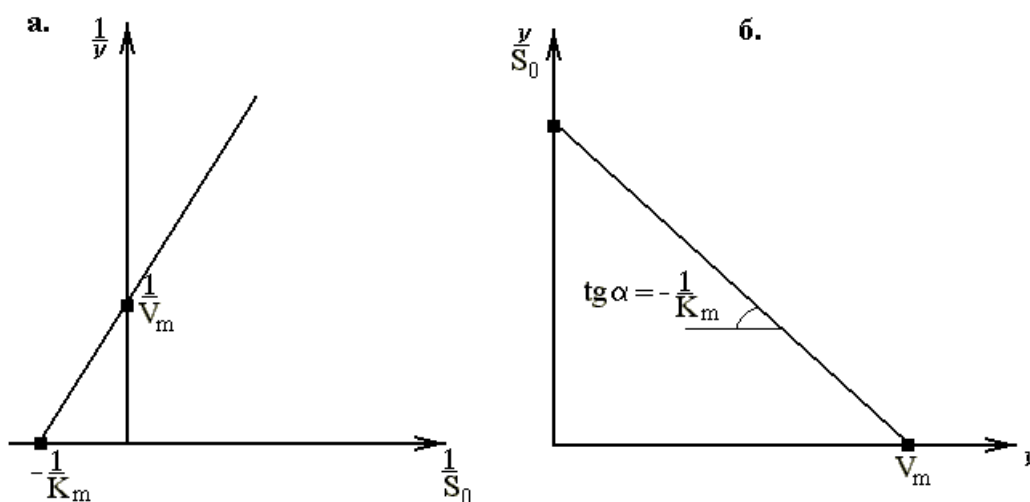


рис.7 Определение параметров V_m и K_m : а- метод двойных обратных координат; б- метод Скэтчарда.

Уравнение было получено в начале XX века другими методами, а константа $k_m = (k_2 + k_3)/k_1$ называется константой Михаэлиса-Ментена. Из [4] видно, что при $[S] \ll k_m$ получим уравнение псевдопервого порядка

$$w = k_3[E]_0[S]/k_m \quad [\Phi 5]$$

Для $[S] \gg k_m$ получим

$$w = k_3[E]_0, \quad [\Phi 6]$$

т.е. реакция принимает нулевой порядок по субстрату, а скорость становится предельной.

Таким образом в уравнении Михаэлиса-Ментена можно выделить две важные константы: максимальную скорость V_m и кинетическую константу Михаэлиса K_m , которые проще всего определять графически (рис. 7), используя модифицированное уравнение Михаэлиса-Ментена:

а. Метод двойных обратных координат $\frac{1}{v} = \frac{1}{V_m} + \frac{K_m}{V_m} \frac{1}{S_0}$ (рис. 7а);

б. Метод Скэтчарда $\frac{v}{S_0} = \frac{1}{K_m} V_m - \frac{1}{K_m} v$ (рис. 7б).

Похожий вид имеет уравнение для нескольких субстратов или нескольких промежуточных комплексов, меняется только соотношение и количество используемых констант.

Графическое и динамическое моделирование реакций

Существует два взаимно дополняющих подхода в моделировании реакций: динамический и графический.

Динамическая модель отражает развитие процесса во времени. Основой модели является система дифференциальных уравнений. Для реакций первого, второго и третьего порядка системы линейны относительно кинетических коэффициентов и содержат, соответственно, линейные, квадратичные и кубические члены относительно концентраций. Таким образом, выше излагался именно динамический подход в моделировании реакций. Построение динамической модели в каждом конкретном случае может представлять трудности даже для вполне изученных реакций.

Графический подход использует аппарат теории графов, раздела топологии для описания сколь угодно сложных реакций и процессов. Основными преимуществами является наглядность

описания стадийных переходов, полезная для классификации и облегчающая понимание процессов. Рассмотрим основные термины теории графов и её применение для кинетических расчетов в исследовании ферментативных процессов.

Метод графов в анализе кинетических схем

Центральное понятие теории графов - сам граф. **Граф-совокупность точек (вершин) и соединяющих их линий, если линии имеют направления (ориентированы), то их называют дугами (ветвями); если не ориентированы, то их называют ребрами.** Ребрам и дугам в кинетике приписываются численные значения, обычно равные константам скорости, в теории графов число характеризует **вес ветви**. Для анализа кинетической схемы выбирают одну из вершин графа в качестве **базовой (базы)**, выбор базы произволен, но важен для простоты и правильности расчетов с помощью теории графов. Возможны ребра, начинающиеся и оканчивающиеся на одной и той же вершине; их называют **петлями** и граф с такими ребрами называют **псевдографом**. **Путь графа- непрерывная совокупность ветвей в каком-либо направлении, при котором ни одна из вершин не встречается дважды.** Граф может быть: связанным, если каждая его вершина связана хотя бы с одной другой вершиной; неориентированным, если каждое его ребро не ориентировано; ориентированным (орграфом), если каждое ребро ориентировано. Вершины связанные ребром называются смежными, в **полном** графе все вершины смежные. Если в графе присутствуют и ориентированные и неориентированные, то граф называют смешанным. Любой граф может быть превращен в ориентированный путем замены всех неориентированных ребер парой дуг соединяющих одни и те же вершины, но с противоположными направлениями; появление кратных ребер обуславливает использование названия **мультиграф**. Путь начинающийся и заканчивающийся на одной и той же вершине называют **циклом**, а граф, содержащий такой путь- **циклическим**, т.е. пара дуг образует цикл, а мультиграф-циклический. Связный граф, не содержащий циклов, называется **деревом**. Совокупность всех ветвей, проходящих через все вершины графа и ведущих к базе называется **базовым деревом**. Обычно в качестве базовой выбирают вершину, образующую наибольшее дерево. Сумма величин всех базовых деревьев, направленных к данной базе, называется **определителем базы**

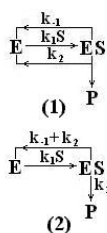
(**базовым определителем графа**). Для определения уравнения стационарной скорости реакции требуется вычисление всех базовых определителей графа. В расчетах базовых определителей важны следующие свойства:

1. Кратные ветви складываются: $A \xrightarrow{a} B$ граф эквивалентен графу $A \xrightarrow{a+b} B$, т.е. путь (A→B) равен a+b.
2. Ветви, направленные к одной базе перемножаются: для графа $A \xrightarrow{a} B \xleftarrow{b} C$ путь (A,C→B) равен ab.
3. Путь графа равен произведению величин всех ветвей этого пути: для графа $A \xrightarrow{a} B \xrightarrow{b} C$ путь (A→C) равен ab.

Стационарная скорость реакции с помощью метода графов вычисляется следующим образом

$$v = \frac{\sum_1 k_1 D_1}{\sum_2 D_2} C \quad [Г1]$$

где D_2 - базовые определители всех состояний всех реагентов, кроме того, зависимость скорости превращения от концентрации которого изучается, D_1 - базовые определители всех состояний реагентов, приводящих к образованию продуктов, k_1 - константы скоростей стадий, приводящих к образованию продуктов, C - концентрация реагента, относительно которого получают кинетические зависимости. Для ферментативных реакций D_2 - базовые определители всех состояний фермента, D_1 -базовые определители состояний фермента, приводящих к образованию продуктов, k_1 - константы стадий, приводящих к образованию продуктов, C - концентрация субстрата.



Используя выше приведенные свойства графов выведем уравнение стационарной кинетики для уравнения [Ф0]. Граф реакции запишем следующим образом (1) или, сложив параллельные ветви (k_1 и k_2), в виде (2). Получим базовые определители $D_s = k_1 + k_2$ и $D_r = D_{es} = k_1 S$ (предшествует образованию продукта), константа стадии образования продукта k_2 .

Стационарная скорость ферментативной реакции определяется следующим образом

$$v = \frac{k_2 D_{es}}{D_{es} + D_s} E_0 = \frac{k_1 k_2 S E_0}{k_{-1} + k_2 + k_1 S} = \frac{k_2 S E_0}{\frac{k_{-1} + k_2}{k_1} + S} \quad [\Gamma 2]$$

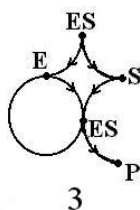
Полученное уравнение совпадает с уравнением [Ф4], что подтверждает применимость метода графов в кинетических исследованиях.

При фактическом изображении кинетических графов существует большая свобода в размещении вершин и в выборе соединяющих их ребер. Графы считаются **одинаковыми** и называются **изоморфными**, если существует взаимнооднозначное отображение множество вершин одного на множество вершин другого при котором сохраняется смежность вершин.

Геометрически любая химическая реакция может быть представлена графом с n ($n = 1, 2, \dots$) вершинами, каждая из которых соответствует одному и только одному веществу. Исходные реагенты соединяются с конечными и промежуточными направленными дугами, которым приписывают вес равный константе соответствующего элементарного процесса. Отсутствие дуги или вес равный 0 означает отсутствие прямого взаимодействия.

Порядок реакции изображается количеством направленных дуг, если возникает продукт, который может быть выделен, то его изображают вершиной, если нет, то в точку реакции направляют количество стрелок, равное количеству исходных реагентов, а из неё выходят стрелки, количество которых равно количеству продуктов (т.е. пересечение без вершины соответствует неустойчивому промежуточному комплексу). Для мономолекулярных процессов константа точно соответствует весу данной дуги, для двух- и трех молекулярных процессов константа относится ко всей группе стрелок, которая изображает превращение.

Для каталитических, в том числе и ферментативных, процессов характерно наличие циклов, т.к. вещество- катализатор после цикла реакций остается неизменным. Для изображения таких реакций часто применяется прием удвоения вершин и ребер. Для реакции [Ф0] граф примет вид (3).



Особенности транспорта в биологических объектах

Для описания кинетики в гетерогенных системах появляется необходимость учитывать скорость подхода веществ к месту реакции. Биологические ткани имеют клеточное строение, т.е. с учетом ферментативного протекания большинства реакций бесспорно значение деталей проникновения реагентов на активный центр. Для веществ внутри организма существует несколько механизмов попадания внутрь клетки:

1. Простая диффузия- движение веществ против градиента в соответствии с законом Фика; таким образом вода из гипотонических растворов всасывается в клетки.

2. Облегченная диффузия- в клеточных стенках присутствуют участки, связывающие различные вещества. Связанные таким образом вещества легче попадают внутрь клеток, возможен эстафетный механизм, когда вещества проходят через клеточную стенку, переходя с участка на участок.

3. Активный транспорт- проходит с затратами энергии, запасенной в АТФ, и позволяет переносить вещества из областей низкой концентрации в области высокой. Таким образом осуществляется перенос ионов K^+ и Ca^{2+} внутрь клеток, несмотря на малые их концентрации вне клетки.

В целом, наряду с механизмами диффузии, обычными для химии, в биологии имеются пути создания и изменения концентраций, характерные только для нее. Поэтому при исследовании биохимических реакций необходимо учитывать все пути создания концентраций реагентов, т.к. кинетические уравнения очень чувствительны к точности измерения концентраций в системе (основным источником возможных ошибок на рис.3 может быть именно малый масштаб исходного графика и следующие из этого возможные ошибки оценки концентраций).

Приведенные сведения показывают важность в исследовании биологических процессов закономерностей химической кинетики, ознакомление с которыми составляет задачу настоящей работы.

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

ГОУ ВПО «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ»

Кафедра немецкого языка

BEDEUTUNG UND GEBRAUCH DES KONJUNKTIVS

Методические указания
по практической грамматике немецкого языка

BEDEUTUNG UND GEBRAUCH DES KONJUNKTIVS

Методические указания
по практической грамматике немецкого языка

Сургут
2011

Сургут
Издательский центр СурГУ
2011

Печатается по решению
редакционно-издательского совета СурГУ

Составитель

кандидат филологических наук,
доцент кафедры немецкого языка **А.П. Евласьев**

Рецензент

кандидат филологических наук,
старший преподаватель кафедры немецкого языка СурГУ
ХМАО – Югры **Л.В. Быкова**

INHALTSVERZEICHNIS

Teil 1. Der Modus. Allgemeine Charakteristik	4
Der Konjunktiv	4
Zeitliche Bedeutungen des Konjunktivs	5
Teil 2. Bedeutungen des Konjunktivs II	5
Gebrauch der präteritalen Formen des Konjunktivs	5
Übungen	6
Teil 3. Bedeutungen des Konjunktivs I	13
Gebrauch der präsentischen Formen des Konjunktivs	13
Übungen	14
Literaturverzeichnis	19

Bedeutung und Gebrauch des Konjunktivs : метод. указания по практической грамматике немецкого языка / сост. А. П. Евласьев ; Сургут. гос. ун-т ХМАО – Югры. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2011. – 20 с.

Настоящие методические указания предназначены для занятий по практической грамматике немецкого языка в рамках курса «Практикум по культуре речевого общения второго иностранного языка». В них рассматриваются значения и особенности употребления сослагательного наклонения в немецком языке.

В методических указаниях наряду с соответствующим теоретическим материалом содержатся практические упражнения различной степени сложности, направленные на закрепление пройденного грамматического материала.

Предназначено для студентов IV курса факультета лингвистики специальностей 031201 «Теория и методика преподавания иностранных языков и культур», 031202 «Перевод и переводоведение».

© Евласьев А.П., составление, 2011
© ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры», 2011

TEIL 1 DER MODUS. ALLGEMEINE CHARAKTERISTIK

Es gibt drei Modi (lat. modus – Art und Weise) in der deutschen Sprache: den Indikativ, den Imperativ und den Konjunktiv.

Sie dienen zur Charakterisierung der Aussage hinsichtlich ihrer Realität / Irrealität.

Der Indikativ (lat. indicare – hinweisen, zeigen) ist der Hauptmodus der Aussage, er ist ein neutraler Modus. Er wird gebraucht, wenn die Aussage als wirklich vorgestellt wird.

In Sibirien und in Hohen Norden werden reiche Lager von Bodenschätzen erschlossen.

Der Imperativ ist der Modus der Aufforderung. Er kann einen Befehl, eine Bitte, einen Rat oder ein Verbot ausdrücken.

Hört bitte aufmerksam zu!

Der Konjunktiv (lat. conjunctivus – abhängig, hypothetisch) stellt die Aussage als nicht wirklich dar. Er drückt eine Möglichkeit, eine Vermutung, einen Wunsch, einen Vergleich, einen Zweifel u. a. aus.

Wenn jetzt Weihnachten wäre!

Der Konjunktiv

Im Konjunktiv hat das Verb dieselben Zeitformen wie im Indikativ: Präsens, Präteritum, Perfekt, Plusquamperfekt und Futur I. Außerdem gibt es noch zwei Formen: den Konditional I und den Konditional II.

Man teilt alle Formen des Konjunktivs in zwei Gruppen ein: Konjunktiv I und Konjunktiv II.

Zu Konjunktiv I gehören das Präsens, das Perfekt und das Futur I. Man nennt diese Zeitformen auch präsentische Formen, weil das konjugierte Verb im Präsens steht.

Zu Konjunktiv II gehören das Präteritum, das Plusquamperfekt, der Konditional I und II. Man nennt sie auch präteritale Formen, weil das konjugierte Verb im Präteritum steht. Die präteritalen Formen kommen in der Sprache besonders häufig vor.

Zeitliche Bedeutungen des Konjunktivs

Modus	Gegenwart	Zukunft	Vergangenheit
Indikativ	Präsens	Futur Präsens	Präteritum Perfekt Plusquamperfekt
Konjunktiv	Präteritum Konditional I	Präteritum Konditional I	Plusquamperfekt Konditional II

Die Tabelle zeigt, dass für **die Gegenwart** und **Zukunft** das Präteritum Konjunktiv und der Konditional I gebraucht werden und für **die Vergangenheit** das Plusquamperfekt Konjunktiv und der Konditional II.

TEIL 2 BEDEUTUNGEN DES KONJUNKTIVS II

Gebrauch der präteritalen Formen des Konjunktivs

Die präteritalen Formen bezeichnen das Unwirkliche im weitesten Sinne. Das Geschehen wird als nicht wirklich, nur erwünscht, möglich, unter gewissen Bedingungen realisierbar.

Der Konjunktiv II dient zum Ausdruck folgender Bedeutungen:

1. eines irrealen Wunsches

Hätte ich heute mehr Zeit! *Если бы у меня было сегодня больше времени! (Gegenwart)*

Hätte ich damals mehr Zeit gehabt! *Если бы у меня было тогда больше времени! (Vergangenheit)*

2. einer irrealen Bedingung oft mit der Redewendung «an deiner (seiner) Stelle»

An deiner Stelle wäre ich glücklich! (Gegenwart)

An deiner Stelle wäre ich damals glücklich gewesen! (Vergangenheit)

Also wird der Konjunktiv II in den folgenden Fällen gebraucht:

3. in den irrealen konjunkionalen und konjunktionslosen Bedingungssätzen

Wenn ich heute mehr Zeit hätte, ginge ich ins Kino. (Gegenwart, konjunkional)

Hätte ich heute mehr Zeit, ginge ich ins Kino. (Gegenwart, konjunktionslos)

Wenn ich gestern mehr Zeit gehabt hätte, wäre ich ins Kino gegangen. (Vergangenheit, konjunkional)

Hätte ich gestern mehr Zeit gehabt, wäre ich ins Kino gegangen. (Vergangenheit, konjunktionslos)

4. in den irrealen Vergleichssätzen mit der Konjunktion «als ob» (как будто)

Diese Frau tanzt, als ob sie 20 wäre.

5. in den höflichen Bitten und Anreden

Könnten Sie wieder anrufen? Würden Sie bitte unterschreiben?

6. in den Sätzen mit den Wörtern «beinahe», «fast», «um ein Haar» (почти, чуть не)

Beinahe hätte ich mich zur Stunde verspätet.

Fast wäre der Sportler auf der Strecke gefallen.

Übungen

1. Ein irrealer Wunsch

1. Ergänzen Sie die Sätze durch das Verb im Präteritum Konjunktiv.

1. ... er nur die Gelegenheit, in die Uni einzutreten! (haben). 2. ... ich nur fähig, meinem Freund zu helfen! (sein). 3. ... es doch nur heute nicht! (regnen). 4. ... meine Mutter heute Abend zu Hause! (bleiben). 5. ... du mit deinem Leben zufrieden! (sein). 6. ... ich mehr Freunde! (haben). 7. ... ich an der besseren Uni! (studieren). 8. ... doch mein Freund in Moskau! (leben). 9. ... wir heute ins Restaurant! (gehen). 10. ... mir mein Freund schöne Blumen! (bringen). 11. ... ich nur den Vorwand, heute zu Hause zu bleiben! (haben). 12. ... ich jetzt in den Urlaub fahren! (können). 13. ... du nur dein Ziel erreichen! (können). 14. ... sie jetzt bei uns vorbei! (kommen). 15. ... ich die Wahrheit! (wissen).

2. Übersetzen Sie ins Deutsche.

1. Если бы сейчас была весна! 2. Если бы у меня был отпуск! 3. Если бы у меня были братья и сестры! 4. Если бы у него была машина! 5. Если бы он был способен нам помочь! 6. Если бы у нее было желание учиться! 7. Если бы твое предложение имело смысл! 8. Если бы он был хорошим специалистом! 9. Если бы он добился успеха по своей специальности! 10. Если бы погода сегодня была хорошая! 11. Если бы наши друзья не были за границей! 12. Если бы я знала, что делать! 13. Если бы он мог осуществить свой план! 14. Если бы он не был так одинок! 15. Если бы он был доволен своей жизнью! 16. Если бы они хотели понять нас!

2. Eine irrealer Bedingung mit der Redewendung «an deiner (seiner) Stelle»

3. Ergänzen Sie die Sätze durch das Verb im Präteritum Konjunktiv.

1. An deiner Stelle ... ich morgen früher ins Büro (kommen). 2. An ihrer Stelle ... ich ihnen sofort Bescheid (geben). 3. An seiner Stelle ... ich den Kindern ihren Plan zu verwirklichen (helfen). 4. An Ihrer Stelle ... ich alle Dokumente ... (mitbringen). 5. An deiner Stelle ... ich diese Einladung nicht ... (annehmen). 6. An Ihrer Stelle ... ich ihnen es nicht ... (vorschlagen). 7. An seiner Stelle ... ich niemanden (betrügen). 8. An deiner Stelle ... ich am Abend zu Hause (bleiben). 9. An ihrer Stelle ... ich ihrem Freund einen Brief (schreiben). 10. An seiner Stelle ... ich jeden Tag Sport (treiben). 11. An deiner Stelle ... ich dieses Buch nicht (lesen). 12. An Ihrer Stelle ... ich sofort zum Arzt (gehen). 13. An deiner Stelle ... ich stolz darauf, einen solchen Bruder zu haben (sein). 14. An ihrer Stelle ... ich nicht so leichtsinnig (sein). 15. An seiner Stelle ... ich nicht so eifersüchtig (sein). 16. An deiner Stelle ... ich bessere Laune nach dieser Prüfung (haben). 17. An seiner Stelle ... ich mehr Freunde in der Uni (haben). 18. An ihrer Stelle ... ich keine Lust, jeden Tag zum Arzt zu rennen (haben).

4. Ergänzen Sie die Sätze durch das Verb im Konditional I.

1. An seiner Stelle ... ich dem Lehrer alles ... (erklären). 2. An ihrer Stelle ... ich die Eltern ... (respektieren). 3. An deiner Stelle ... ich die Nachbarin nicht ... (stören). 4. An ihrer Stelle ... ich das Wort ... (halten). 5. An meiner Stelle ... er diesen Fehler ... (verbessern). 6. An ihrer Stelle ... ich ... mit ihm (sich verabreden). 7. An Ihrer Stelle ... ich ...

noch ... (sich überlegen). 8. An seiner Stelle ... ich ... dafür ... (sich interessieren). 9. An meiner Stelle ... er ... damit nicht ... (sich beschäftigen). 10. An ihrer Stelle ... ich ... nächste Woche ... (sich erholen). 11. An seiner Stelle ... ich sie endlich ... (überreden), ihm zu helfen.

5. Übersetzen Sie ins Deutsche. Gebrauchen Sie das Präteritum Konjunktiv und Konditional I.

1. На твоём месте я бы пришёл туда как можно раньше. 2. На вашем месте я бы прочитал эту статью. 3. На моём месте она бы осталась дома с родителями. 4. На его месте я бы испугался этого человека. 5. На её месте мне бы это давно уже надоело. 6. На твоём месте я бы сейчас пошёл домой. 7. На их месте мы не переносили бы собрание на следующую неделю. 8. На его месте я бы помог друзьям. 9. На её месте он бы написал об этом статью в газете. 10. На твоём месте я была бы рада за наших друзей. 11. На вашем месте я не был бы так недоволен жизнью. 12. На её месте я был бы горд таким успехом. 13. На его месте я был бы способен это сделать. 14. На твоём месте я бы осуществил этот план. 15. На её месте я бы не водил машину. 16. На его месте я бы не касался этого вопроса. 17. На его месте я бы сохранил свою свободу. 18. На её месте я бы сделал вторую попытку. 19. На его месте я не выносила бы такого начальника. 20. На вашем месте я бы настоял на своём мнении. 21. На её месте я бы предпочла отказаться от этого приглашения. 22. На его месте я не надеялся бы на успех. 23. На твоём месте я дала бы ему такое поручение.

3. Irreale konjunktionale und konjunktionslose Bedingungssätze

6. Ergänzen Sie die Sätze durch das Verb im Präteritum Konjunktiv und Konditional I.

1. Wenn er müde ..., ... er heute nicht ... (sein, arbeiten). 2. Wenn er nicht Übersetzer ... er eine andere Stellung (sein, haben). 3. Wenn sie nicht verheiratet ... sie auf keinen Fall mit den Eltern (sein, leben). 4. Wenn er aufrichtig ..., ... er die Wahrheit ... (sein, sprechen). 5. Wenn sie begabt ..., ... sie viel Glück im Leben (sein, haben). 6. Wenn dieses Kind musikalisch ... es gut ... (sein, singen). 7. Wenn das Wetter besser ..., ... wir aufs Land ... (sein, fahren). 8. Wenn diese Pilze giftig ... wir sie nicht ... (sein, essen). 9. Wenn sie dieses Problem ... sie ... damit ... (haben, sich beschäftigen). 10. Wenn ich eine solche Gelegenheit ... ich

viel ... (haben, erreichen). 11. Wenn er Kopfschmerzen ..., ... er Tabletten ... (haben, einnehmen). 12. Wenn wir heute Unterricht ..., ... wir in die Uni (haben, gehen). 13. Wenn diese Frau Kinder ..., ... sie nicht so einsam (haben, sein). 14. Wenn sie Angst vor dieser Prüfung ..., ... sie ... darauf nicht ... (haben, sich vorbereiten). 15. Wenn wir Bescheid ..., ... wir ihnen helfen (wissen, können). 16. Wenn er heute seinen Bericht ..., ... er morgen frei (schreiben, sein). 17. Wenn er seiner Freundin etwas Schönes ..., ... sie ihm ... (schenken, verzeihen). 18. Wenn wir heute zur Disko ..., ... wir ... mit unseren Freunden ... (gehen, sich treffen). 19. Wenn er dieses Buch ..., ... er die Antwort auf die Frage (lesen, wissen). 20. Wenn sie ihnen helfen ..., ... sie es gern ... (können, tun). 21. Wenn ich zu dir kommen ..., ... ich im Voraus ... (wollen, anrufen). 22. Wenn ich so früh aufstehen ..., ... ich den ganzen Tag schlafen (müssen, wollen). 23. Wenn er so viel arbeiten ..., ... er verrückt (müssen, werden). 24. Wenn sie zu uns kommen ..., ... sie alles zu erklären (dürfen, haben).

7. Ergänzen Sie die Sätze.

1. Hätte er ein neues Auto,
2. Wäre sie mit ihrem Leben zufrieden,
3. Wüssten wir darüber Bescheid,
4. Kädest du in die Uni ein bisschen früher,
5. Wäre er unabhängig,
6. Hätte er keinen Humor,
7. Hätte er ein Ziel vor Augen,
8. Könnten wir dieses Thema berühren,
9. Wäre sie falsch wie eine Schlange,
10. Hätte er gute Kenntnisse in Biologie,
11. Hätte sie keine Geduld,
12. Hätte er Angst vor Schwierigkeiten,
13. Wäre er in der Lage, uns zu helfen,
14. Wäre sie ihrer Mutter ähnlich,
15. Hätte er mehr Zeit,

8. Bilden Sie irreale konjunktionale und konjunktionslose Bedingungssätze.

1. ..., wäre er in der Lage mir zu helfen.
2. ..., könntest du dein Ziel erreichen.
3. ..., würde er seine Pflicht tun.

4. ..., würde sie uns Bescheid sagen.
5. ..., würde er uns etwas raten.
6. ..., hätte er eine gute Stellung.
7. ..., hätten sie gute Beziehungen.
8. ..., hätten wir die Gelegenheit, ihn zu besuchen.
9. ..., würden wir uns nicht beeilen.
10. ..., würden wir unsere Wohnung nie wechseln.
11. ..., würde der Chef uns empfangen.
12. ..., wäre sie in schlechter Stimmung.
13. ..., würde sie sich eine neue Frisur machen lassen.
14. ..., würden wir uns Tee bringen lassen.
15. ..., würden wir die Versammlung verschieben.

9. Übersetzen Sie ins Deutsche. Bilden Sie irrealer konjunktionale und konjunktionslose Bedingungssätze.

1. Если бы он был способен тебе помочь, он бы сделал это.
2. Если бы она была довольна своей жизнью, у нее было бы больше друзей.
3. Если бы она не была такой легкомысленной, у нее не было бы неудач.
4. Если бы погода была хорошая, мы пошли бы гулять.
5. Если бы сейчас было лето, он поехал бы в отпуск.
6. Если бы этот журнал был интересным, мы читали бы его.
7. Если бы наш компьютер был новым, мы могли бы его больше использовать.
8. Если бы он добился успеха, он поехал бы за границу.
9. Если бы это предложение не имело смысла, мы бы отказались от него.
10. Если бы у нас было свободное время, мы поехали бы за город.
11. Если бы у нее было хорошее настроение, она позвонила бы нам.
12. Если бы у них было много денег, они купили бы новую машину.
13. Если бы у него была возможность поехать за границу, он бы с удовольствием поехал.
14. Если бы ему все надоело, он бы покинул наш город.
15. Если бы у нее было желание водить машину, она пошла бы учиться.
16. Если бы врач мог спасти этого больного, его семья была бы ему благодарна.
17. Если бы спортсмены могли выиграть эту игру, они бы все для этого делали.
18. Если бы они могли остановиться в этой гостинице, они бы остановились в ней.
19. Если бы он должен был выдержать экзамен, он бы подготовился к нему.
20. Если бы он хотел обратиться к нам с этой просьбой, он бы позвонил.
21. Если бы мы хотели вам об этом сообщить, мы послали бы вам письмо.
22. Если бы вы пришли к нам сегодня, мы были бы рады.
23. Если бы мы знали, что происходит, мы могли бы попы-

таться что-нибудь сделать. 24. Если бы он мог осуществить свою мечту, он был бы этим очень горд. 25. Если бы он хотел причинить своей подруге боль, он бы относился к ней плохо. 26. Если бы наши знакомые хотели представить нас своему начальнику, они пригласили бы нас в бюро. 27. Если бы он должен был пойти в армию, он бы сейчас не женился.

10. Beantworten Sie die folgenden Fragen.

1. Was würden Sie tun, wenn Sie Gelegenheit hätten, in Deutschland zu studieren? 2. Was würden Sie tun, wenn Sie Gelegenheit hätten, sich alles zu leisten? 3. Was würden Sie tun, wenn Sie Gelegenheit hätten, alle Ihre Träume zu verwirklichen? 4. Was würden Sie tun, wenn Sie Gelegenheit hätten, mit allen berühmten Künstlern Bekanntschaft zu machen? 5. Was würden Sie tun, wenn Sie Gelegenheit hätten, immer auf Ihren Willen zu bestehen? 6. Was würden Sie tun, wenn Sie Gelegenheit hätten, Ihr Schicksal zu ändern? 7. Was würden Sie tun, wenn Sie im Irrtum wären? 8. Was würden Sie tun, wenn Sie mit Ihrem Leben unzufrieden wären? 9. Was würden Sie tun, wenn Sie sich in Schwierigkeiten befänden? 10. Was würden Sie tun, wenn Sie einsam lebten?

4. Irreale Vergleichssätze mit der Konjunktion «als ob»

11. Ergänzen Sie die Sätze durch das Verb im Präteritum Konjunktiv.

1. Dieser junge Mann schreibt so, als ob er ein richtiger Schriftsteller ... (sein). 2. Du bist so unzufrieden, als ob du keine Lust zum Leben ... (haben). 3. Er fragte mich danach, als ob er nichts ... (wissen). 4. Er sprach mit solch einem Ausdruck, als ob er mir helfen ... (können). 5. Die Frau sieht so schlecht aus, als ob sie krank ... (sein). 6. Mein Freund rief mich so spät an, als ob er mir etwas Wichtiges sagen ... (wollen).

12. Übersetzen Sie ins Deutsche.

1. Эта большая девочка ведет себя так, как будто бы ей всего пять лет. 2. Он так нервно отвечал на наш вопрос, как будто бы он был неправ. 3. Ты выглядишь так хорошо, как будто ты был в отпуске. 4. Они приготовили сегодня столько блюд, как будто у них большая семья. 5. Он отправил нам телеграмму с дороги, как будто

мы не знали, что он уехал. 6. Мы чувствовали себя так хорошо у наших друзей, как будто мы пришли домой. 7. Этот человек обратился с такой просьбой к коллеге, как будто у него не было родственников. 8. Наш знакомый был в таком плохом настроении, как будто он очень устал. 9. Он коснулся этой темы в нашем разговоре, как будто он не был в курсе дела. 10. Наша соседка ждала нас на вокзале, как будто ей нечего было делать. 11. Он работает так много, как будто он уверен, что достигнет своей цели. 12. Она так неохотно приняла наше приглашение, как будто у нее не было желания идти в театр.

5. Höfliche Bitten und Anreden

13. Gebrauchen Sie das Präteritum Konjunktiv und den Konditional I in den höflichen Bitten und Anreden.

1. ... Sie mir helfen? (können)
2. ... ich nochmal fragen? (können)
3. ... Sie uns etwas raten? (können)
4. ... Sie uns morgen anrufen? (können)
5. ... Sie mir erlauben, hier zu bleiben? (können)
6. ... Sie uns Bescheid sagen? (können)
7. ... Sie uns bitte ... ! (abholen)
8. ... Sie ... bitte ... ! (sich beeilen)
9. ... Sie ... bitte ... ! (sich vorstellen)
10. ... Sie ... bitte ... ! (sich setzen)
11. ... Sie uns bitte davon ... ! (benachrichtigen)
12. ... Sie uns bitte etwas ... ! (empfehlen)
13. ... ich mich an Sie wenden? ... ! (können)
14. ... Sie bitte ihre Frage ... ! (wiederholen)

14. Sagen Sie es höflicher. Berücksichtigen Sie auch Alternativen.

1. Bringen Sie mir einen Anzug in Größe 52! 2. Ich will gern wissen, wie lange Sie geöffnet haben. 3. Es ist zu überlegen, ob wir heute Abend ausgehen. 4. Kann ich auch diese Hose zum Anprobieren haben? 5. Beraten Sie mich? 6. Bringen Sie eine Speisekarte! 7. Bringen Sie mir eine Flasche Mineralwasser! 8. Unterschreiben Sie diese Unterlage! 9. Seien Sie so nett und rufen Sie noch mal an! 10. Sagen Sie, ob Herr Naumann noch im Haus ist! 11. Fahren Sie mich zum Bahnhof? 12. Wecken Sie mich um 7.00 Uhr!

6. Die Sätze mit den Wörtern «beinahe», «fast», «um ein Haar»

15. Beschreiben Sie, was Herrn Mehlmann und seinen Freunden gestern beim Ausflug fast / beinahe passiert wäre.

Muster: einen freien Tag bekommen. Fast / beinahe hätte er keinen freien Tag bekommen.

1. am arbeitsfreien Tag verschlafen
2. den Picknickkorb zu Hause auf dem Boden stehen lassen
3. die Sonnencreme vergessen
4. seinen Grill beim Laden kaputtmachen
5. sich verfahren
6. einen Radfahrer anfahren
7. mit einem Mercedes frontal zusammenstoßen
8. unterwegs eine Panne haben
9. einen Sonnenstich bekommen
10. das Boot umkippen
11. Andreas im See ertrinken
12. der Gastgeber Bratwürste verkohlen lassen
13. Murat von einer Biene gestochen werden
14. Maria ein Bein brechen
15. Hans von einem herrenlosen Hund gebissen werden
16. das Auto auf der Rückfahrt in ein Schlagloch geraten
17. alle es fast bereuen, dass sie diesen Ausflug gemacht haben

TEIL 3 BEDEUTUNGEN DES KONJUNKTIVS I

Gebrauch der präsentischen Formen des Konjunktivs

Der Konjunktiv I dient zum Ausdruck folgender Bedeutungen:

1. eines realen, erfüllbaren Wunsches, oft in Losungen

Es lebe unsere Heimat! Да здравствует наша Родина!

Es sei immer die Sonne! Пусть всегда будет солнце!

Möge der Frieden in der ganzen Welt siegen! Пусть победит мир во всем мире!

2. einer Anweisung, vorwiegend in der wissenschaftlichen (technischen) Literatur, in Kochrezepten u.a. Der Satz beginnt meistens mit dem Pronomen *man*

Man stelle die Mischung kalt. Смесь следует охладить.

Der Arzt tue seine Pflicht! Пусть врач выполнит свой долг!

Man suche die allgemeine Lösung. Следует искать наиболее общее решение.

Sehr gebräuchlich sind folgende Verbindungen:

Man beachte ... Обратите внимание на ...

Man vergleiche ... Нужно сравнить (Сравните) ...

Man merke sich ... Заметьте ...

Dieselbe Bedeutung hat die Konstruktion *es sei (seien) + Partizip II* des Vollverbs:

Es sei erwähnt, ... Следует (надлежит) упомянуть ...

Es sei bemerkt, dass ... Следует заметить, что ...

Es sei hervorgehoben, dass ... Следует подчеркнуть, что ...

Es sei darauf hingewiesen, dass ... Следует указать на то, что ...

Es sei darauf eingegangen ... Следует остановиться (рассмотреть) ...

Es sei darauf zurückgeführt ... Следует объяснить тем (свести к тому) ...

Es seien folgende Prinzipien betont. Следует подчеркнуть следующие принципы.

3. einer Annahme, oft in mathematischen Aufgaben

Die Geschwindigkeit des Zuges sei 80 km/h. Предположим, (пусть) скорость поезда равна 80 км/час.

Der Winkel ABC sei 60° gleich. Допустим, что угол ABC равен 60°.

4. Der Konjunktiv I sowie der Konjunktiv II wird in der indirekten Rede gebraucht. Aber der Konjunktiv I wird im Stil des öffentlichen Verkehrs bevorzugt

Unser Kollege sagt, dass er unfähig sei, uns zu helfen.

Man berichtet, dass ein Abkommen unterzeichnet werde.

Übungen

1. Ein erfüllbarer Wunsch, oft in Losungen

1. Übersetzen Sie ins Deutsche. Gebrauchen Sie das Präsens Konjunktiv.

1. Да будет свет! 2. Да скроется тьма! 3. Да осуществляются все ваши планы! 4. Да здравствует свобода! 5. Да спасет вас Бог! 6. Пусть будет много счастья в вашей жизни! 7. Пусть около вас всегда будет много друзей! 8. Пусть эта поездка будет успешной! 9. Пусть Новый год принесет вам удачу! 10. Пусть никогда не будет войны!

2. eine Anweisung, vorwiegend in der wissenschaftlichen (technischen) Literatur, in Kochrezepten u.a.

2. Setzen Sie das eingeklammerte Verb im Präsens Konjunktiv ein.

1. Der Chef ... den Mitarbeitern, im Büro zu rauchen! (verbieten)
2. Der Fahrer ... uns ... ! (abholen) 3. Die Musiker ... die Musik ... ! (abbrechen) 4. Man ... uns etwas ... ! (vorschlagen) 5. Man ... diese Dokumente! (prüfen) 6. Man ... die Versammlung! (verschieben). 7. Man ... sie besser! (behandeln) 8. Man ... die Bäume in unserem Garten! (setzen) 9. Der Kranke ... tiefer! (atmen) 10. Man ... die Gläser! (füllen) 11. Man ... sich auf die Prüfung ... ! (vorbereiten) 12. Man ... uns nach Hause! (begleiten)

3. Übersetzen Sie ins Deutsche. Gebrauchen Sie dabei das Präsens Konjunktiv.

1. Пусть нам принесут чай! 2. Пусть не забудут выключить свет! 3. Пусть дозвонятся до этого специалиста! 4. Пусть нам позвонят! 5. Пусть нам приготовят завтрак! 6. Пусть откроют окна! 7. Пусть нам напомнят об этом! 8. Пусть починят эту машину! 9. Пусть подождут до завтра! 10. Пусть коллега нам все объяснит! 11. Пусть секретарша скорее уладит это дело! 12. Пусть молодой человек расскажет нам последние новости!

3. eine Annahme, oft in mathematischen Aufgaben

4. Übersetzen Sie ins Deutsche. Gebrauchen Sie dabei das Präsens Konjunktiv.

1. Предположим, скорость самолета равна 900 км/ч. 2. Предположим, этот угол равен 90 °. 3. Предположим, расстояние между двумя пунктами равно 60 км. 4. Предположим, из этого правила есть исключения. 5. Предположим, солнце восходит здесь в 6 часов утра. 6. Предположим, на других планетах есть живые существа. 7. Предположим, духовные потребности этих людей превосходят их материальные потребности. 8. Предположим, убийца может внезапно исчезнуть. 9. Предположим, место пребывания этих людей не подтверждено. 10. Предположим, его стихотворение состоит из 12 строк.

4. Der Konjunktiv in der indirekten Rede

5. Gebrauchen Sie den Konjunktiv I in der indirekten Rede.

Muster: «Alles ist erledigt». – Man sagt, dass alles erledigt sei.

1. «Er ist misstrauisch gegen seine Kollegen». 2. «Er schätzt Reichtum überhaupt nicht». 3. «Solche Torheit kann man nicht erklären». 4. «Er hat alles im Überfluss». 5. «Das Leben ist ihm zum Ekel». 6. «Das Mädchen ist vor Scham rot geworden». 7. «Er sieht überall Gespenster». 8. «Der Junge hat sich überarbeitet». 9. «Diesem Jungen ist alles egal».

6. Verwandeln Sie die direkte Rede in die indirekte. Gebrauchen Sie dabei den Konjunktiv.

a) Muster: Der Polizist sagt: «Der Junge ist allein zu Hause geblieben». – Der Polizist sagt, der Junge sei allein zu Hause geblieben.

1. Die Frau sagt: «Er kann sein Kopfweh nicht loswerden». 2. Sie sagen: «Wegen falschen Parkens soll unser Nachbar Strafe zahlen». 3. Die Verwandten sagen: «Das Kind wird seiner Mutter ähnlich sein». 4. Der Mitarbeiter sagt: «Ihm fehlt der Mut, seinen Fehler zugeben.» 5. Der Bekannte sagt: «Dieses Buch lässt sich nicht lesen». 6. Die Sekretärin sagt: «Der Chef empfängt heute nicht». 7. Die Studenten sagen: «Dieser junge Lehrer wurde in Deutschland geboren».

b) Muster: Der Kunde fragt: «Gibt es Verbindung unter dieser Nummer?» – Der Kunde fragt, ob es Verbindung unter dieser Nummer gebe.

1. Der Bruder fragt: «Ist sie in der Lage, uns zu helfen?» 2. Die Kauffrau fragt: «Ist die Unterschrift auf diesem Dokument zu lesen?» 3. Der Arzt fragt: «Fühlt sich diese Frau einsam?» 4. Der Kollege fragt: «Ist dieses Mädchen die Seele der Firma?» 5. Der Gast fragt: «Ist das

neue Bild dieses Künstlers sehr eigenartig?» 6. Der Mann fragt: «Wird der Preis für diese Karten heute Abend bekannt?»

c) Muster: Der Regisseur sagt dem Schauspieler: «Komm rechtzeitig zur Probe!» – Der Regisseur sagt dem Schauspieler, er solle rechtzeitig zur Probe kommen.

1. Er sagt seiner Freundin: «Zweifle nicht daran!» 2. Der Professor sagt den Studenten: «Prüfen Sie die Lösung jeder Aufgabe!» 3. Der Gastgeber sagt dem Helfer: «Verteilen Sie die Einladungen unter den Gästen!» 4. Der Junge sagt: «Kommt einfach zu mir!» 5. Die Frau sagt dem Mann: «Vergiss nicht deinen Führerschein!» 6. Das Mädchen sagt den Jungen: «Mischt euch in den Streit ein!».

7. Formen Sie den Indikativ in den Konjunktiv um. Beachten Sie den Gebrauch der indirekten Rede.

1. Albert schreibt, dass er ein Buch gekauft hat. 2. Susanne berichtet, dass sie zufrieden ist. 3. Sophia glaubt, dass du weggefahren bist. 4. Die Mutter drohte dem Sohn, dass er nicht nach Hause kommen darf/soll. 5. Kurt versprach, dass er kurz vor sieben Uhr kommt. 6. Eva nimmt an, dass Bernd in Bonn angekommen ist. 7. Der Vater bittet den Sohn bei Tisch: «Reiche mir bitte ein Stück Kuchen». 8. Andreas schreibt aus Pinneberg: «Mir gefällt es ausgezeichnet hier». 9. Der Arzt sagte zu Andreas: «Du darfst erst morgen aufstehen». 10. Rita fragte uns: «Kommt Tanja auch noch?» 11. Rita forderte ihre Freundinnen auf: «Gebt Tanja auch Bescheid». 12. «Man ist nicht einig», sagte der Abgeordnete, «ob es besser wäre, wenn Frau Neumann diese Aufgabe nicht übernehme». 13. Der Abteilungsleiter befahl mir: «Erledigen Sie diese Arbeit heute noch oder spätestens morgen!» 14. Irma behauptet: «Ich habe davon nichts gehört». 15. Jutta behauptet: «Ich habe meine Tasche hier gelassen». 16. Waldemar fragte seinen Freund Werner: «Von wem hast du das gehört?» 17. «Die Wahlen gehen zwar ruhig und geordnet zu Ende», unterstrich der Sprecher, «sie können aber nicht als «fair und frei» bezeichnet werden». 18. Er fragte sie: «Kommst du mit?»

8. Ergänzen Sie die Sätze. Gebrauchen Sie dabei den Konjunktiv.

1. Unser Direktor ist der festen Meinung, dass
2. Wissen Sie Bescheid, ob
3. Soweit er es beurteilen kann,
4. Daraus hat sie geschlossen, dass

5. Ich habe nicht ganz verstanden, ob ...
6. Er hat die Empfindung, dass ...
7. Es war ihm vom Schicksal bestimmt, dass ...
8. Sie haben darauf bestanden, dass ...
9. Er hat uns unterwegs erklärt, dass ...
10. Ich wurde vom Onkel davon benachrichtigt, dass ...
11. Er hat eine kritische Bemerkung gemacht, dass ...
12. Man sollte darauf erwidern, dass ...
13. Es wurde ihm befohlen, dass ...
14. Sie sagte mit Sicherheit, dass ...
15. Was meinte er, wenn er fragte, ob ...

9. Gebrauchen Sie den Konjunktiv in der indirekten Rede.

1. Paul bat mich und meinen Freund: «Holt mir mal Brötchen aus der Bäckerei». 2. Mein Freund sagte mir per Telefon: «Und das du nicht vergisst, mir das Wörterbuch zurückzugeben». 3. Auf einer Pressekonferenz fragt ein Journalist: «Gibt es Steuererhöhungen?» 4. Die Zeitung schrieb, dass die Entscheidungen noch nicht (fallen, Perfekt). 5. Doch wurde versichert, (es handelt sich, Futur I) um eine unabhängige Kommission. 6. Der SPD-Generalsekretär teilte mit, die vorgesehene Berufung (aussprechen, Perfekt Passiv) mit der Billigung vom Bundeskanzler. 7. Er fügte hinzu, die Kritik, die an der Berufung (üben, Präsens Passiv), (zeigen, Präsens) abermals, dass es in der Oppositionspartei Uneinigkeiten über die Strategie (geben, Präsens). 8. Im Bundesinnenministerium hieß es am Montag offiziell, über die Besetzung der Kommission (sprechen, Futur I, Passiv) noch. 9. Der Leiter der EU-Beobachter sagte, (es gibt, Perfekt) große Unregelmäßigkeiten. 10. Die Behörde, die die Wahlen organisiert hat, (arbeiten, Perfekt) nicht offen und transparent. 11. Der nach der Verfassung zuständige Wahlausschuss (ausschließen, Perfekt Passiv) «systematisch durch rechtliche und bürokratische Hürden». 12. Auch Wahlbeobachter (behindern, Perfekt Passiv).

LITERATURVERZEICHNIS

1. Камянова, Т. Deutsch. Универсальный практический курс немецкого языка / Т. Камянова. – М. : Славянский дом книги, 2003. – 384 с.
2. Соколова, Н. Б. Справочник по грамматике немецкого языка для V–XI классов школ с углубленным изучением немецкого языка / Н. Б. Соколова, И. Д. Молчанова. – 2-е изд., дораб. – М. : Просвещение, 1995. – 319 с.
3. Тагиль, И. П. Грамматика немецкого языка в упражнениях / И. П. Тагиль. – СПб. : КАРО, 2003. – 240 с.
4. Юнг, В. Грамматика немецкого языка / В. Юнг. – СПб. : Лань, 1996. – 544 с.

Учебное издание

**BEDEUTUNG UND GEBRAUCH
DES KONJUNKTIVS**

**Методические указания
по практической грамматике немецкого языка**

Составитель
Евласьев Александр Петрович

Корректор М.А. Обухова
Верстка О.Н. Медведковой
Технический редактор В.В. Чечевина

Подписано в печать 23.03.2011 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,1. Уч.-изд. л. 1. Тираж 100. Заказ № 3.

Оригинал-макет подготовлен в редакционно-издательском отделе
издательского центра СурГУ.
Тел. (3462) 76-30-65, 76-30-66.

Отпечатано в полиграфическом отделе
издательского центра СурГУ.
г. Сургут, ул. Энергетиков, 8. Тел. (3462) 76-30-67.

ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1.
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29.

БУ ВО «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра иностранных языков

ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

**Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям
и самостоятельной работе**

**«ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК»
(электронное издание)**

Сургут
Издательский центр СурГУ
2019

Печатается по решению
редакционно-издательского совета СурГУ

Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов и аспирантов по дисциплине «Иностранный язык»: метод. рекомендации (электронное издание) / сост.: Н.А. Сергиенко, Н.Е. Чеснокова, Л. А. Кушнырь, Т.С. Царская, А. С. Литовченко, Е.В. Бастинович; Сургут. гос. ун-т. – Сургут: ИЦ СурГУ, 2019. – 28 с.

Методические рекомендации разработаны в соответствии с ФГОС ВО и рабочей программой дисциплины «Иностранный язык» для студентов и аспирантов всех направлений подготовки (специальностей). Настоящие методические рекомендации разработаны для дисциплины «Иностранный язык» в качестве методической помощи при выполнении практических и самостоятельных работ и являются частью учебно-методического комплекса.

Предназначены для студентов и аспирантов очной и заочной форм обучения.

© Сергиенко Н.А., Чеснокова Н.Е., Кушнырь Л. А., Царская Т.С., Литовченко А. С.,
Бастинович Е.В., 2019
© БУ ВО «Сургутский государственный университет», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям	4
1.1. Подготовка к практическим занятиям	4
1.2. Содержание практических занятий	4
Раздел 2. Рекомендации по подготовке к самостоятельной работе	6
2.1. Планирование и организация времени, необходимого для изучения дисциплины	6
2.2. Виды самостоятельной работы	6
2.3. Рекомендации по работе со словарем	6
2.4. Рекомендации по подготовке экстенсивного чтения	7
2.5. Рекомендации по работе с литературой	8
2.6. Рекомендации для обучающихся при выполнении письменных работ	10
2.7. Рекомендации для обучающихся при выполнении домашнего задания	10
2.8. Рекомендации для подготовки к контрольной работе (тесту)	11

Раздел 1. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

1.1. Подготовка к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям необходимо обратить внимание на цель занятия, на основные вопросы для подготовки к занятию, на содержание темы занятия.

Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Цели практических занятий:

закрепление теоретического материала путем систематического контроля самостоятельной работы студентов;

формирование умений использования теоретических знаний в процессе выполнения практических занятий;

формирование навыков оформления результатов практических работ в виде таблиц, графиков, выводов, конспектов, упражнений, глоссария.

На практических занятиях осуществляются следующие формы работ: индивидуальная (оценка знаний, выполненных тестовых заданий, проверка рабочих тетрадей); групповая (выполнение заданий малыми группами по 2-4 человека); фронтальная (подведение итогов выполнения разных видов работ, подведение итогов, выполнения теста).

Структура и последовательность занятий: на первом, вводном, занятии обучающиеся знакомятся с основными требованиями преподавателя по выполнению учебного плана, с графиком приема внеаудиторного чтения, с графиком прохождения контрольных заданий, с основными формам отчетности по выполненным работам и заданиям.

Структура практического занятия:

1. Объявление темы, цели и задач занятия.
2. Проверка домашнего задания.
3. Актуализация опорных знаний студентов (выполнение упражнений, необходимых как опора для изучения нового материала).
4. Изучение нового материала.
5. Обобщение и систематизация изученного материала.
6. Подведение итогов занятия (формулирование выводов).

Результат такой работы должен проявиться в способности свободно ответить на вопросы преподавателя, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования теоретической и практической части занятия невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала.

1.2. Содержание практических занятий

Основная часть занятия посвящена обучению студентов различным видам речевой деятельности и работе над языковым и речевым материалом.

Работа над лексикой

Определение сферы употребления новой лексики (для чтения, устной, письменной речи). Изучение лексического материала. Выполнение упражнений по узнаванию новых

лексических единиц. Тренировка в подстановочных, трансформационных упражнениях. Составление самостоятельных высказываний на уровне предложения. Тренировка в имитационных, подстановочных, трансформационных упражнениях, в упражнениях на завершение высказывания, расширения высказывания. Тренировка лексических оборотов в общении (микроситуациях). Самостоятельное моделирование высказываний с использованием новой лексики в различных ситуациях.

Работа с аудиотекстом

Первый этап работы с аудиотекстом включает изучение и закрепление новых слов; работа с наиболее сложными грамматическими структурами в предложениях из текста; отработку техники чтения наиболее трудных в звуковом предъявлении предложений из текста (диалога); чтение отрывков, частей текста с целью контроля понимания.

Текстовый этап включает прослушивание всего текста, поочередно отдельных абзацев.

Послетекстовый этап включает в себя вопросно-ответную работу, составление плана сообщения, сообщение по тексту, составление монологических высказываний по теме текста, составление диалога по теме текста.

Работа с профессиональными текстами

Переводу текстов должны предшествовать лексические и грамматические упражнения, направленные на снятие трудностей понимания текста, на умения ориентироваться в формальных признаках лексических и грамматических единиц.

Продуктивность перевода в значительной степени зависит от умения пользоваться словарем и другой справочной литературой. Использование словаря должно быть рациональным.

При переводе аутентичных текстов по специальности, обучающиеся овладевают лексическими, фразеологическими, грамматическими явлениями, характерными для профессиональных текстов, способами их перевода на русский язык. Необходимо научиться передавать соответствующее содержание текста средствами литературного (технического) русского языка. Перевод должен быть адекватным, т.е. воспроизводить смысловое содержание и стилистические особенности подлинника.

Работа с грамматикой

Этот этап предполагает вначале изучение нового грамматического явления в речевом образце и первичного выполнения грамматического действия.

Второй этап – речевая тренировка и формирование грамматических речевых навыков. Выполняются упражнения на основе наглядно представленных ситуаций (видеоклипов), речевого контекста, предложенной темы, на основе вопросов по теме.

Третий этап работы предполагает употребление изученных грамматических явлений в речевой деятельности.

Устно-речевое общение

Этапом обучения диалогической речи является умение запрашивать информацию, студент должен с позиции сообщающего информацию переходить на позицию опрашивающего, т.е. учиться взаимодействовать в рамках определенной ситуации общения.

Приемы, позволяющие овладеть диалогической речью:

- чтение по ролям диалога с привлечением внимания к репликам, подлежащим усвоению;
- чтение диалога с заменой отдельных реплик, частей диалога;
- инсценирование диалога (по ролям) в целях овладения определенной моделью поведения в данной ситуации;
- самостоятельное составление диалогов по функциональным опорам и т.д. [4].

Раздел 2. Рекомендации по подготовке к самостоятельной работе

2.1. Планирование и организация времени, необходимого для изучения дисциплины

Важным условием успешного освоения дисциплины является создание системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с графиком образовательного процесса. Большую помощь в этом может оказать составление плана работы на семестр, месяц, неделю, день. Его наличие позволит подчинить свободное время целям учебы, трудиться более успешно и эффективно. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подвести итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине они произошли. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана. Все задания к практическим занятиям, а также задания, вынесенные на самостоятельную работу, рекомендуется выполнять непосредственно после соответствующей темы лекционного курса, что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях, систематизировать ранее пройденный материал, на его основе приступить к овладению новыми знаниями и навыками.

Система университетского обучения основывается на рациональном сочетании нескольких видов учебных занятий (в первую очередь, практических занятий), работа на которых обладает определенной спецификой [1].

2.2. Виды самостоятельной работы

Обучение дисциплине «Перевод биологической спецлитературы» учебного плана предполагает изучение курса на аудиторных занятиях (практические занятия) и посредством самостоятельной работы обучающихся.

Основными видами аудиторной работы студентов являются практические занятия.

Под **самостоятельной работой** понимается вид учебно-познавательной деятельности по освоению образовательной программы, осуществляемой в определенной системе, при партнерском участии преподавателя в ее планировании и оценке достижения конкретного результата.

В настоящее время в образовательных организациях существуют две общепринятых формы самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий. Аудиторная самостоятельная работа проводится под контролем преподавателя, у которого в ходе выполнения задания можно получить консультацию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа обучающихся по формированию общекультурных и профессиональных компетенций, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Одним из видов внеаудиторной самостоятельной работы является экстенсивное чтение. Экстенсивное чтение представляет собой вид внеаудиторной деятельности – самостоятельную работу студентов с аутентичными источниками информации по соответствующим направлениям подготовки, а именно: с газетами, журналами, сайтами [5].

2.3. Рекомендации по работе со словарем

Отличительной чертой перевода научной литературы является то, что она рассчитана на специалиста в данной области. Язык научной и учебной литературы имеет свои

грамматические, лексические, фразеологические особенности. Необходимо отметить, что основной функцией научной и учебной литературы является сообщение – этим определяется информационная функция языка научной литературы.

Наиболее типичным лексическим признаком научного и учебного текста является насыщенность текста специальными терминами и терминологическими словосочетаниями. Термины – слова или словосочетания, которые имеют лингвистические свойства, как и другие единицы словарного состава. Отличие термина от обычного слова заключается, прежде всего, в его значении. Термины выражают понятия, научно обработанные и свойственные данной конкретной отрасли науки. В лингвистическом аспекте термины являются многозначными словами. Особые трудности перевода вызывают случаи, когда один и тот же термин имеет разные значения. При поиске слова в словаре необходимо следить за точным совпадением графического оформления искомого и найденного слова, в противном случае перевод будет неправильным. При поиске значения слова в словаре необходимо читать всю статью и выбирать для перевода то значение, которое подходит к контексту предложения (текста).

Например, такие различные по своим семантическим и стилистическим характеристикам существительные, как *advantage, benefit, virtue, advance, attraction, attractiveness, beauty, usefulness, strength, bonus, power, achievement, useful feature, attractive quality (property), strong point, credit, nicety, merit, plus* регулярно переводятся на русский язык как "достоинство", "преимущество", "достижение". Например, *It is the latest achievement for IBM researchers, who have announced a number of advances in recent months allowing chips to get smaller despite challenges posed by physical laws at those tiny dimensions.* – Это последнее достижение IBM исследователей, которые сделали несколько открытий в прошлом месяце, позволяющих сделать чипы еще меньше, несмотря на противодействие физических законов таким крошечным размерам [7].

При поиске значения глагола в словаре следует иметь в виду, что глаголы указаны в словаре в неопределенной форме (Infinitive) – *sleep, choose, like, bring*, в то время как в предложении (тексте) они функционируют в разных временах, в разных грамматических конструкциях. Алгоритм поиска глагола зависит от его принадлежности к классу правильных или неправильных глаголов. Отличие правильных глаголов от неправильных заключается в том, что правильные глаголы образуют форму Past Indefinite и Past Participle при помощи прибавления окончания -ed к инфинитиву [3].

2.4. Рекомендации по подготовке экстенсивного чтения

Необходимо учитывать, что при экстенсивном чтении деталям не уделяется особого внимания, оно направлено на самую суть прочитанного. В результате восприятие бывает более общим и менее точным. При помощи экстенсивного чтения развиваются общие (умение получать информацию в зависимости от речевой задачи) и частные (к примеру, умение вычленять главное, находить ключевые предложения, умение интерпретировать, понимать подтекст, смысловое содержание, составлять свое собственное отношение к прочитанному) навыки.

Экстенсивное чтение должно включать в себя следующие виды работы с аутентичными текстами: реферирование прочитанной статьи, письменный перевод, устный перевод и выразительное чтение статьи. Предлагается следующее распределение объема самостоятельной работы студентов:

1. Реферирование прочитанной статьи (20 тысяч печатных знаков за полный курс изучения иностранного языка).

2. Письменный перевод статьи (20 тысяч печатных знаков за полный курс изучения иностранного языка).

3. Устный перевод и выразительное чтение статьи (20 тысяч за полный курс изучения иностранного языка).

Работая над текстом, следуйте указаниям:

1. Выписывайте и запоминайте в первую очередь строевые слова.

2. Перед тем как выписывать слово и искать его значение в англо-русском словаре, следует установить, какой частью речи оно является.

3. Выписывая слова, отбрасывайте окончания и находите исходную (словарную) форму слова, т.е. для имен существительных – форму общего падежа единственного числа; для прилагательных и наречий – форму положительной степени; для глаголов – неопределенную форму (инфинитив).

4. Для более эффективной работы со словарем необходимо ознакомиться по предисловию с построением данного словаря и с принятой в нем системой условных обозначений.

5. Помните, что в каждом языке слово может иметь несколько значений. Отбирая в словаре подходящее по значению русское слово, следует исходить, прежде всего, из его грамматической функции, а также учитывать его значение в данном контексте.

При проверке экстенсивного чтения следует учитывать, что чтение статей для реферирования и перевода представляют собой разные типы коммуникативного чтения.

Чтение статей с их последующим переводом относится к изучающему чтению, которое предполагает полное и точное понимание основных терминов, осмысление и запоминание прочитанного, умение ставить вопросы к основной и второстепенной информации, умение раскрывать причинно-следственные связи. Проверить понимание текста такого типа можно с помощью:

- перевода части текста, либо всего текста в зависимости от вида перевода (устного или письменного);

- постановки вопросов к тексту.

Самостоятельная работа студентов над статьями для реферирования относится к просмотровому чтению с пониманием основного содержания. Данный вид деятельности позволяет развивать определенные знания и умения: знание структурно-композиционных особенностей текста, умение подбирать и группировать информацию по определенным признакам, умение находить нужные факты, абзацы, фрагменты текста, требующие подробного изучения.

Проверка понимания текста профессиональной направленности проводится с помощью:

- реферирования;

- ключевых слов;

- постановки вопросов к тексту;

- ответов на заданные вопросы.

2.5. Рекомендации по работе с литературой

Имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала. Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе, электронных ресурсах. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия. Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до

конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими. Выборочное – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках определенного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам. Аналитическое чтение – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Целью изучающего чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим обучающимся;
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
- повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
- обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений) [6].

2.6. Рекомендации для обучающихся при выполнении письменных работ

Во время учебного процесса обучающиеся выполняют ряд письменных работ. Это домашние задания; контрольные работы; письменные задания по оформлению глоссария; письменные лексические, лексико-грамматические, грамматические задания и упражнения; письменные задания по подготовке к монологическому сообщению на английском языке; письменные задания по реферированию текстов на английском языке; письменный перевод с английского языка на русский.

Выполнение письменных заданий нужно начинать с повторения теоретического материала, т.е. с работы над учебником. Повторение теоретического материала, необходимого для выполнения письменных заданий, вызвано в основном двумя причинами.

Во-первых, перед выполнением письменных заданий всегда хорошо вспомнить теоретический материал, для того чтобы проще было найти способ решения письменных заданий и обосновать свой выбор.

Во-вторых, повторение материала в результате устной и письменной работы повышает прочность закрепления материала.

При подготовке письменной работы целесообразно придерживаться следующей схемы изучения вопросов:

- уяснение (осмысление), с учетом полученных в Университете знаний, избранной темы письменной работы;
- подбор (поиск) необходимой научной, справочной, учебной литературы, а также иных источников.

2.7. Рекомендации для обучающихся при выполнении домашнего задания

Домашнее задание – форма самостоятельной работы студента по подготовке письменной работы по теме, предлагаемой преподавателем. Выполнение этой работы предполагает правильное выполнение домашнего задания.

Алгоритм выполнения домашнего задания:

1. Мотивируйте себя к выполнению задания, никогда не откладывайте на потом. Не выполняйте задания формально: прочитать учебник – не значит «выучить» материал.

2. Внимательно прочитайте задание, уточните цели, постройте алгоритм действий и приступайте к его выполнению.

3. Ознакомьтесь с активными словами и выражениями по теме и активизируйте их в речевых ситуациях общения. Намного результативнее запоминать слова в контексте, так как именно контекст дает образ слова, легко представляется ситуация, в которой оно употребляется. Так слова легко и надолго запоминаются, а результатом является их грамотное употребление, формируется чувство языка.

3. Занимайтесь регулярно, самостоятельно выполняя задания из учебника. Это позволит повторить языковой материал в своем собственном темпе.

4. Перед переходом к свободной речевой практике систематически в парах или мини-группах сравнивайте ответы к упражнениям учебника. Заставляйте себя всегда просматривать пройденный на занятии материал. Сделанные на занятии записи и выполненные упражнения позволят систематизировать полученные знания и проработать те аспекты темы, которые, возможно, были упущены.

5. Не старайтесь заучивать тексты, старайтесь понять их основное содержание и передать их смысл своими словами. Выразите свое отношение к прочитанному, опираясь на личный опыт. Перечитайте текст дома для большего его осознания и проникновения в проблему. Учитесь аннотировать и реферировать прочитанные тексты.

6. Активно пользуйтесь коммуникативными стратегиями. Высказывайте свою точку зрения, свое мнение, давайте свои оценки наблюдаемым явлениям.

7. Не бойтесь сделать ошибки при высказывании своих мыслей на английском языке.

8. Можно заранее прочитать печатный текст аудирования, планируемый для прослушивания на следующем занятии, или необходимый раздел учебника, что позволит спланировать свою речь для занятия (рекомендуется для неуверенных в себе студентов).

9. Развивайте аудитивные навыки, интенсивно работая с аудиотекстами, так как в ходе звучащей речи происходит узнавание лексико-грамматических форм, восприятие и понимание иноязычной речи.

10. Используйте образовательные ресурсы сети Интернет, аутентичные видео и аудио материалы, журналы, газеты и спутниковое телевидение для выполнения проектных заданий и тематических презентаций для практических занятий по дисциплине.

11. Выполняйте упражнения, предлагаемые в учебной литературе. В парах или мини-группах проверьте усвоение теоретического материала с помощью ответов на контрольные вопросы [2].

2.8. Рекомендации для подготовки к контрольной работе (тесту)

Постоянно повторяйте изученный лексико-грамматический материал по всем темам, выполняйте тренировочные тесты в учебных пособиях, заучивайте устойчивые фразы и выражения.

Для подготовки к контрольной работе (тесту) необходимо повторить все пройденные темы и грамматический материал. Для этого рекомендуется выполнить еще раз все грамматические упражнения, которые были заданы в течение семестра, еще раз разобрать случаи, вызвавшие затруднения, по возможности сделать все упражнения устно, доведя навыки до автоматизма. Что касается лексических тем, то их повторение необходимо начать с повторного прочтения текстов, пройденных за семестр, затем пересказать их и попытаться высказать свое мнение по проблемам, затронутым в тексте.

Рекомендуется потренироваться в переводе предложений и ситуаций, небольших текстов, где вы должны использовать изученные грамматические конструкции и активную лексику по пройденным темам. Контрольная работа (тест) выполняется в форме письменного ответа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтайский государственный университет. Конфликтология [Электронный ресурс]. URL: <http://asu.edu.ru/obrazovatelinyaya-deyatelnost/> (дата обращения: 25.06.2019).
2. Грамматические аспекты перевода [Электронный ресурс]. URL: <https://kpfu.ru/pdf/portal/oop/167421.pdf> (дата обращения: 01.07.2019).
3. Гуманитарно-педагогическая академия [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gpa.cfuv.ru/attachments/article/3560/%D0%92%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%B0%D0%B4%D0%B8> (дата обращения: 28.06.2019).
4. Единый урок [Электронный ресурс]. URL: <https://www.xn--d1abkefqi0a2f.xn--p1ai/index.php/ebo/item/2963--46> (дата обращения: 25.06.2019).
5. Инфоурок [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/doklad-na-temu-organizaciya-samostoyatelnoy-raboti-obuchayuschih-sya-3017141.html> (дата обращения: 26.06.2019).
6. Казанский федеральный университет. Программа [Электронный ресурс]. URL: <https://kpfu.ru/law/uchebnyj-process/bakalavriat/uchebno-metodicheskoe-obespechenie> (дата обращения: 29.06.2019).
7. E-lib.kemtipr [Электронный ресурс]. URL: <http://e-lib.kemtipr.ru/uploads/09/iya088.pdf> (дата обращения: 28.06.2019).

Методические рекомендации

Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов и аспирантов по дисциплине «Иностранный язык»

(Электронное издание)

Составители:

Сергиенко Наталья Анатольевна, Чеснокова Наталья Евгеньевна, Кушнырь Любовь Александровна, Царская Татьяна Сергеевна, Литовченко Анастасия Сергеевна, Бастинович Екатерина Владимировна

Редактор

Верстка

Подписано в печать 00.00.2019 г. Формат .
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж . Заказ № .

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан
в издательском центре СурГУ.
Тел. (3462) 76-30-65, 76-30-66.
(3462) 76-30-67.

БУ ВО «Сургутский государственный университет»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1.
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29.

**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

**ГБОУ ВПО «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ»**

Кафедра немецкого языка

DEUTSCHE PRESSE

**Методические указания
по реферированию газетных статей**

Сургут
Издательский центр СурГУ
2013

УДК 811.112.2 (072)
ББК 81.2 Нем-923
Д 389

Печатается по решению
редакционно-издательского совета СурГУ

Рецензент

кандидат философских наук,
доцент кафедры немецкого языка СурГУ **А.П. Евласьев**

Д 389 Deutsche Presse : метод. указания по реферированию газетных статей / сост. О. В. Кисеева ; Сургут. гос. ун-т ХМАО – Югры. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2013. – 35 с.

Методические указания содержат газетные статьи, а также задания, упражнения и рекомендации к ним, предназначенные для развития навыков реферирования газетных статей на немецком языке. Упражнения, представленные в пособии, служат активизации лексики, грамматических структур, совершенствованию навыка понимания и интерпретации аутентичного текста.

Цель издания – способствовать развитию навыков и умений чтения, перевода, реферирования печатных материалов современной германской прессы.

Методические указания состоят из двух частей, в первой представлен обзор немецкой прессы, во второй – статьи из современных немецких изданий и задания к ним. Вторая часть разделена на тематические разделы в соответствии с учебным планом.

Предназначены для студентов IV курса бакалавриата лингвистики ИГОиС (профили «Теория и методика преподавания иностранных языков и культур» и «Перевод и переводоведение»), а также студентов специальностей с углубленным изучением немецкого языка и языка средств массовой информации.

УДК 811.112.2 (072)
ББК 81.2 Нем-923

© Кисеева О.В., составление, 2013
© ГБОУ ВПО «Сургутский государственный

университет ХМАО – Югры», 2013
INHALT

Teil I. Presse in Deutschland	4
Deutsche Zeitungen	4
Teil II. Zeitungsartikel zum Referieren	9
Thema 1. Probleme der Jugend	9
Thema 2. Feste und Bräuche in Deutschland	12
Thema 3. Studentenleben	16
Thema 4. Umweltschutz	20
Thema 5. Die Bücher in unserem Leben	25
Plan des Referierens des Zeitungsartikels	30
Literatur	34

Teil I. PRESSE IN DEUTSCHLAND



Deutsche Zeitungen

Die Zeitungslektüre erfreut sich in Deutschland großer Beliebtheit. In der Zeitungsdichte (Zahl der Zeitungen je 1000 Einwohner) liegt Deutschland hinter Norwegen, Finnland, Schweden, der Schweiz, Österreich und England in Europa an siebter Stelle. 78 Prozent der Bundesbürger lesen täglich Zeitung, durchschnittlich 30 Minuten lang. Trotz der mächtigen Konkurrenz von Hörfunk und Fernsehen behaupten sich die Zeitungen in der Gunst des Publikums und gehen mit der Zeit: Anfang 2000 waren 176 Zeitungen im Internet vertreten. In der Zeitungslandschaft dominieren die lokale und die regionale Tagespresse.

Werktäglich erscheinen in den westdeutschen und ostdeutschen Ländern 355 Zeitungen mit 1576 lokalen und regionalen Ausgaben, für die 135 eigenständige Redaktionen arbeiten. Die verkaufte Gesamtauflage liegt bei rund 24,6 Millionen Exemplaren. *"Bild"* ist mit 4,25 Millionen Exemplaren die auflagenstärkste deutsche Tageszeitung. Unter den Abonnementzeitungen halten die Ausgaben der *"Westdeutschen Allgemeinen Zeitung"* die Spitze.

Weniger Auflage, aber großen Einfluss auf die meinungsbildende Führungsschicht in Politik und Wirtschaft haben die großen überregionalen Tageszeitungen *"Frankfurter Allgemeine Zeitung"*, *"Die Welt"* und *"die Taz"* sowie Zeitungen mit überregionaler publizistischer Geltung wie die *"Süddeutsche Zeitung"*, die *"Frankfurter Rundschau"* und das *"Handelsblatt"*. Weitere wichtige Meinungsträger sind die Wochenblätter *"Die Zeit"*, der *"Rheinische Merkur"* sowie die Nachrichtenmagazine *"Der Spiegel"* und *"Focus"*. Sie bieten Hintergrundinformationen, Analysen und Reportagen. Ergänzt wird das Angebot durch Sonntagszeitungen wie *"Bild am Sonntag"*, *"Welt am Sonntag"*, *"Sonntag Aktuell"* und *"Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung"*. Vier Berliner Tageszeitungen erscheinen wöchentlich sieben Mal; dies ist auch bei eini-

gen Tageszeitungen aus anderen Städten der Fall. Für die in Deutschland lebenden ausländischen Mitbürger liefern zahlreiche fremdsprachige Zeitungen besondere Deutschland-Ausgaben.

Die Zeitschriften. Der deutsche Zeitschriftenmarkt ist breit gefächert: Einschließlich aller Fachzeitschriften werden fast 10000 Titel angeboten. Der Bereich der Fachzeitschriften ist bezogen auf die Titelzahl mit 3450 der stärkste, die Publikumszeitschriften (rund 1800 Titel) erzielen eine Gesamtauflage von 143 Millionen. Neben den Nachrichtenmagazinen zählen dazu vor allem die auflagenstarken Gattungen der Pro **10** Grammzeitschriften, der aktuellen Illustrierten wie "*Stern*" und "*Bunte*" sowie der Frauenzeitschriften. Immer mehr Leser gewinnen auch sogenannte "*Special-Interest-Titel*", die sich an bestimmte Zielgruppen mit Einzelthemen, ob Tennis, Segeln, Aktienhandel, Computer oder Unterhaltungselektronik, wenden. Hinzu kommen konfessionelle Blätter, Kundenzeitschriften (mehr als 2300) und Anzeigenblätter. Ein Drittel des Zeitschriftenmarkts entfällt auf Publikationen der Organisationen und Verbände. Die "*ADAC-Motorwelt*" des Allgemeinen Deutschen Automobilclubs ist mit rund 13 Millionen Exemplaren das auflagenstärkste Blatt. An den Zeitungskiosken finden sich in den großen Städten auch ausländische Zeitungen und Zeitschriften.

Die Pressekonzentration. Die Zahl der eigenständigen Zeitungen ist in Deutschland von Mitte der Fünfzigerjahre an stetig zurückgegangen. Wirtschaftlich und technisch führende Verlage konnten in verschiedenen regionalen Märkten ihre Konkurrenten verdrängen. Ein großer Teil der örtlichen Tageszeitungen bezieht den redaktionellen Inhalt ("Mantel") außer der Lokalberichterstattung von einer auswärtigen Redaktion. Der größere Strukturwandel wird von einem internen technischen Wandel begleitet, bedingt durch den Einsatz elektronischer Datenverarbeitung und modernster Drucktechnik. Dies führte zu kostengünstigerer Produktion. Dennoch sind die Zeitungen wirtschaftlich in erster Linie von Zahl und Größe der verkauften Anzeigen abhängig.

Die großen Verlage. Die wirtschaftliche Entwicklung auf dem Pressemarkt hat zur Bildung großer Verlagsunternehmen geführt. Im Sektor der Tagespresse ist vor allem *die Axel Springer Verlag AG* zu nennen, deren Anteil am Zeitungsmarkt von über einem Fünftel allerdings durch die hohe Auflage von "*Bild*" bestimmt ist. Im Markt der überregionalen Sonntagszeitungen ist *die Axel Springer AG* beinahe konkurrenzlos mit "*Welt am Sonntag*" und "*Bild am Sonntag*". Wirtschaftliche und publizistische Macht konzentriert sich auch bei der Ver-

lagsgruppe der *"Westdeutschen Allgemeinen Zeitung"*, der Gruppe *Süddeutscher Verlag*, dem *Verlag M. DuMont Schauberg* und der Verlagsgruppe der *"Frankfurter Allgemeinen Zeitung"* sowie der *Holtzbrinck-Gruppe*. Bedeutsam, was die wirtschaftliche Macht und die mögliche publizistische Wirksamkeit angeht, sind auch die Verlage auf dem Sektor der Zeitschriftenpresse, vor allem der Publikumszeitschriften. Hier stehen an der Spitze die Gruppe um *den Bauer-Verlag*, *Grüner-Jahr* und *die Burda-Gruppe*; auch in diesem Pressesektor ist die *Verlagsgruppe Axel Springer* tätig. Der umsatzstärkste deutsche Medienkonzern, zu **11** gleich das drittgrößte Medien-Unternehmen der Welt, ist *die Bertelsmann AG*, die weltweit tätig ist.

Das Recht der Presse. Das Presserecht wird durch Pressegesetze der Länder geregelt. Sie stimmen in den Kernpunkten überein: Dazu zählen die Impressumspflicht, die Sorgfaltspflicht und das Zeugnisverweigerungsrecht der Journalisten, die nicht gezwungen werden können, ihre Informanten zu nennen, sowie das Recht auf Gegendarstellung bei unzutreffenden Tatsachenbehauptungen. Als Selbstkontrollorgan der Verleger und Journalisten versteht sich der *"Deutsche Presserat"*, der sich mit Verstößen gegen die journalistische Sorgfaltspflicht und Ethik befasst. Seine Stellungnahmen sind zwar rechtlich unverbindlich; seine Sanktionsmöglichkeiten bis hin zu einer öffentlichen Rüge des betroffenen Presseorgans werden jedoch stark beachtet.

I. Beantworten Sie die Fragen zum Text.

1. Welche Ausgaben halten unter Abonnementzeitungen die Spitze?
2. Welche Arten von Zeitschriften sind in Deutschland besonders populär?
3. Warum ist die Zahl der eigenständigen Zeitungen in Deutschland von Mitte der Fünfzigerjahre an stetig zurückgegangen?
4. Wozu hat die wirtschaftliche Entwicklung auf dem Pressemarkt geführt?
5. Wodurch finanzieren sich Zeitungen und Zeitschriften hauptsächlich?

II. Diskutieren Sie in Kleingruppen Ihre Lesegewohnheiten:

- Welche Zeitungen lesen Sie? Wann lesen Sie am liebsten? Beim Frühstück? Auf der Toilette? ...
- Mit welchem Teil der Zeitung fangen Sie an?
- Welche deutschsprachigen Zeitungen kennen Sie schon?

III. Schreiben Sie Sätze mit folgenden Wortverbindungen heraus und übersetzen Sie sie!

Trotz der mächtigen Konkurrenz, in den alten und neuen Bundesländern, weitere wichtige Meinungsträger, für die in Deutschland lebenden ausländischen Mitbürger, mit ausgewählten Einzelthemen, ihre Informanten oder Quellen.

IV. Was ist mit den folgenden Sätzen oder Ausdrücken gemeint?

• Die Zeitungslektüre erfreut sich in Deutschland großer Beliebtheit.

• **"Bild"** ist mit 4,24 Millionen Exemplaren die auflagenstärkste deutsche Tageszeitung.

• Das Presserecht wird durch Pressegesetze der Länder geregelt. Sie stimmen in den Kernpunkten überein: Dazu zählen die Impressumspflicht, die Sorgfaltspflicht und das Zeugnisverweigerungsrecht der Journalisten.

• Vier Berliner Tageszeitungen erscheinen wöchentlich sieben Mal; dies ist auch bei einigen Tageszeitungen aus anderen Städten der Fall.

• Der größere Strukturwandel wird von einem internen technischen Wandel begleitet, bedingt durch den Einsatz elektronischer Datenverarbeitung und modernster Drucktechnik.

• Was ist eine Gegendarstellung?

V. Ordnen Sie alle Zeitungen folgenden Kriterien zu. Diese Zeitung:

- möchte vor allem unterhalten;
- ist ein Sensationsblatt;
- wendet sich an die politisch interessierten Leserinnen;
- beschäftigt sich besonders mit der Wirtschaft;
- berichtet nicht nur, sondern gibt auch ausführliche Kommentare;
- ist sehr anspruchsvoll;
- die Artikel sind einfach geschrieben und interessant.

VI. In den folgenden Sätzen haben sich Fehler versteckt, die Sie korrigieren sollen.

• In der Zeitungsdichte liegt Deutschland hinter China, Finnland, Schweden, der Schweiz, Österreich und England in Europa an siebter Stelle.

- Werktätlich erscheinen in den alten und neuen Bundesländern 380 Zeitungen mit 1614 lokalen und regionalen Ausgaben, für die 135 eigenständige Redaktionen arbeiten.

- Ein Schwergewicht bilden die knapp 1650 Titel der Publikums-Zeitschriften mit einer Gesamtauflage von rund 150 Millionen je Ausgabe.

- Im Sektor der Tagespresse ist vor allem **die Axel Springer Verlag AG** zu nennen, deren Anteil am Zeitungsmarkt von rund einem Fünftel allerdings durch die hohe Auflage von "**Focus**" bestimmt ist.

VII. Bitte diskutieren Sie in der Gruppe.

- Welche Zeitung würden Sie abonnieren? Begründen Sie anhand Ihrer Analysen, welche Zeitung Sie abonnieren würden. Beziehen Sie sich bei Ihrer Diskussion auch auf die Untersuchungskriterien.

- Welche Schwerpunkte (Politik, Wirtschaft, Kultur, Mode, Anzeigen u.a.) haben die einzelnen Zeitungen?

- Woran ist erkennbar, ob die Zeitung aus Deutschland oder der Schweiz stammt?

- Mit welchen Zeitungen aus dem Heimatland lassen sich die einzelnen Zeitungen vergleichen?

Teil II. ZEITUNGSARTIKEL ZUM REFERIEREN

Thema 1. Probleme der Jugend

Artikel

Jeder fünfte Student trinkt riskante Mengen Alkohol

(Zeitung: ZEIT ONLINE, 27.07.2012, Autor: Ruben Karschnick)



Braunschweiger Psychologen haben die bisher größte Befragung zum Alkoholkonsum unter Studenten durchgeführt. Fazit: Wer gelegentlich trinkt, ist psychisch am gesündesten. Studenten konsumieren im Vergleich zum Bevölkerungsdurchschnitt doppelt so häufig riskante Menge Alkohol. Zu dieser Erkenntnis kommt die bisher größte Befragung zum Alkoholkonsum und psychischen Problemen unter Studenten. Jeder Fünfte trinkt demnach Alkohol in einem Umfang, der gesundheitsgefährdend sein kann. In der Gesamtbevölkerung ist es lediglich jeder Zehnte. Insgesamt geben nur rund zehn Prozent der Studenten an, im letzten Monat überhaupt keinen Alkohol getrunken zu haben. Gut 70 Prozent konsumieren Alkohol in unbedenklichen Mengen.

Die Studie entstand im Zuge der Doktorarbeit der Braunschweiger Psychologie-Studenten Christian Hammerschmidt und Nora Heine. Im Jahr 2008 hatten sie dafür 2.348 Studenten von drei niedersächsischen Hochschulen per anonyme Online-Fragebogen befragt – mehr als in jeder anderen Untersuchung zum Thema bisher. Obwohl nur Studenten aus Niedersachsen befragt wurden, decken sich die Ergebnisse mit bundesweiten Erhebungen. "Seit Jahren haben wir eine konstante Gruppe von einem Fünftel der 18- bis 25-Jährigen mit riskantem Alkoholkonsum", sagt Peter Lang, Leiter der Abteilung Suchtprävention der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA). "In unseren Erhebungen unterscheiden sich Studenten da nicht vom Rest der jungen Menschen unter 25 Jahren." Im Gegensatz zum Rauchen sei Alkoholkonsum nicht sozialgruppenabhängig, sondern hinge in erster Linie vom Alter ab.

Jeder Sechste ist Extremtrinker

Besonders unter die Lupe nahmen die Braunschweiger Doktoranden das Binge-Drinking. Dieser englische Begriff bezeichnet den Konsum von mindestens fünf alkoholischen Getränken bei einer Gelegenheit – etwa 0,25 Liter Bier oder 0,1 Liter Wein. "Häufig wird dafür der Begriff Rauschtrinken verwendet, doch ein Rausch muss nicht zwangsläufig entstehen", sagt Psychologe Christian Hammerschmidt. "Es geht vor allem darum, nicht etwa aus Durst zu trinken, sondern um die Wirkung des Alkohols zu spüren." Jeder zweite Student gibt an, im Monat vor der Befragung mindestens einmal im Binge-Maß Alkohol konsumiert zu haben, jeder Sechste zählt sogar zu den Extremtrinkern, die in der Studie als Heavy-User geführt werden. Darunter fällt, wer mindestens fünfmal im Monat Binge-Drinking betreibt.

"Bei Heavy Usern macht sich der Alkoholkonsum häufig gesundheitlich bemerkbar", sagt Hammerschmidt. Gelegentliches Binge-Trinken sei dagegen per se nicht problematisch: "Eine akute Gefährdung muss dadurch nicht bestehen."

In den Online-Fragebögen wurden die Studenten nicht nur nach ihren Trinkgewohnheiten, sondern auch nach psychischen Problemen befragt. Das überraschende Ergebnis: Die Binge-Trinker gehören – zumindest nach eigenen Angaben – zu den am seltensten depressiven oder ängstlichen Studenten. Außerdem klagen sie am wenigsten über somatische Probleme. "Wir vermuten, dass Binge-Trinker eher gesellig sind und in gefestigten sozialen Umfeldern leben", sagt Psychologin Nora Heine.

Qualitative Interviews stützen die Annahmen der jungen Forscherin: Auf die Frage "Aus welchen Gründen trinken Sie?" antworteten die meisten, es gehöre bei Partys oder beim Treffen mit Freunden einfach dazu. Nur wenige gaben an, sie würden aus Stress oder Kummer trinken.

Peter Lang von der BZgA hält die Aussagen der Studenten trotzdem für bedenklich: "Diese vermeintlich positiven Motive dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass regelmäßiges Rauschtrinken negative gesundheitliche Folgen haben kann", sagt der Wissenschaftler. Dass Spaß und Alkohol nicht zusammenhängen müssen, sei zu wenig klar.

Vergleichbare Studien hatten schon mehrfach den höheren Alkoholkonsum von Studenten dokumentiert. Eine Untersuchung aus dem Jahr 2012 war zu dem Ergebnis gekommen, dass gut 30 Prozent aller Studierenden Alkohol in problematischer Weise konsumieren. Für die Allgemeinbevölkerung hatten die Forscher damals einen Wert von 8,1 Prozent ausgewiesen.

I. Bilden Sie Sätze mit den folgenden Wörtern und Wortverbindungen.

1) größte Befragung durchführen; 2) riskante Menge Alkohol konsumieren; 3) zu dieser Erkenntnis kommen; 4) gesundheitsgefährdend sein; 5) in unbedenklichen Mengen; 6) im Zuge der Doktorarbeit entstehen; 7) per anonyme Online-Fragebogen befragen; 8) sozialgruppenabhängig sein; 9) unter die Lupe nehmen; 10) zwangsläufig entstehen; 11) die Wirkung des Alkohols spüren; 12) in gefestigten sozialen Umfeldern leben; 13) aus Stress oder Kummer trinken; 14) hinwegtäuschen.

II. Nennen Sie Synonyme zu den folgenden Wörtern/Wortverbindungen und gebrauchen Sie diese Synonyme in Fragesätzen.

1) gelegentlich trinken; 2) in einem Umfang; 3) lediglich; 4) Spaß und Alkohol nicht zusammenhängen müssen; 5) bundesweite Erhebungen; 6) konstante Gruppe; 7) den Konsum bezeichnen; 8) Extremtrinker; 9) die Aussage für bedenklich halten.

III. Übersetzen Sie ins Deutsche.

1. Брауншвейгские психологи провели самый большой опрос о потреблении спиртных напитков среди студентов и выяснили, что тот, кто пьет лишь при случае, психически самый здоровый.

2. Студенты потребляют в среднем вдвое больше алкоголя, чем все остальное население.

3. Следовательно, каждый пятый пьет алкоголь в объеме, который может угрожать здоровью.

4. В целом только примерно 10 % студентов сообщают, что вообще не потребляли алкоголь в прошлом месяце.

5. Исследование возникло в ходе написания докторской диссертации Брауншвейгскими психологами.

6. В 2008 году они опросили для этого 2 348 студентов трех нижнесаксонских институтов посредством анонимной онлайн-анкеты.

7. Речь идет, прежде всего, о том, когда пьют не из-за жажды, а чтобы чувствовать действие алкоголя.

8. При помощи онлайн-анкет студентов опрашивали не только о привычке к алкоголю, но и о психических проблемах.

9. «Мы предполагаем, что студенты, часто принимающие алкоголь более общительны и живут в укрепленных социальных контекстах», – говорит психолог Нора Гейне.

10. На вопрос, «По каким причинам?» наибольшее количество студентов отвечали, что это просто вошло в программу на вечеринках или во время встречи с друзьями. Только немногие указывали, что они пили из стресса или печали.

IV. Diskutieren Sie in Ihrem Kurs über ähnliche Probleme in Ihrem Land.

<http://www.zeit.de/studium/uni-leben/2012-07/studie-alkohol-studenten>

Thema 2. Feste und Bräuche in Deutschland
Artikel

Sonnenkäfer verjagen Winter

(Zeitung: MITTELDEUTSCHE ZEITUNG, 22.04.2013, von Gabi Zahn)



"Es wird so eng in diesen Hüllen, was passiert nur mit uns?", fragen sich die Raupen – und verwandeln sich sodann in schillernde Schmetterlinge.

Mehr als 350 Zuschauer erleben das Frühlingsfest der Grundschüler in Annaburg. Mit ihrem phantasievollen Frühlingskostümen und dem bunten Programm verbannen die Kinder den Winter endgültig aus Annaburg.

Annaburg

Lang hat es gedauert. Der Termin musste sogar des hartnäckigen Winters und mancher verschnupfter Nasen wegen verschoben werden. Doch jetzt gibt es kein Zurück. Das Frühlingsfest der Grundschulkinder in Annaburg lockt über 350 Besucher an. Unglaublich, wie phantasievoll

die Kinder ihre Frühlingskostüme zusammengestellt haben. Auch Sonnenkäferpapa Jasmin Mietsch, Sonnenkäfermama Patricia Roggelin und die ganze Kribbel-Krabbel-Familie lässt nicht auf sich warten. Gut gelaunte Frösche, Raupen, Schmetterlinge sowie Hase, Maulwurf und viele andere quirlige Gesellen erklimmen die Bühne im "Goldenen Ring". Vor dem Haus, die Straße runter und rauf, gibt es am Freitagabend keinen Parkplatz mehr, weil nahezu alle Eltern, Großeltern und Geschwister mit dabei sein wollen, wenn Frost und Schnee endgültig aus Annaburg verbannt werden. In ihren phantasievollen Kostümen locken die Kinder in Annaburg den Frühling herbei.

Jahresuhr nimmt ihren Lauf

Dass dies geschieht, daran lassen die mehr als 100 Mädchen und Jungen mit ihren Lehrern und Betreuern keinen Zweifel. Überzeugt davon ist auch Schulleiterin Antje Berger, wie sie verrät. Die Jahresuhr, von den Dritt – und Viertklässlern getanzt, nimmt ihren Lauf – bis zum spannenden Duell zwischen dem Winter (Selina Kupplich) und dem Frühling (Lissy Kliem). Der frostige Geselle droht mit einem letzten Schneeschauer, dass er nicht für immer geht. Doch Franziska Krienitz als Sonne zeigt, wer jetzt stärker sein wird. "Immer wieder kommt ein neuer Frühling", singen nun die Schüler der ersten und zweiten Klasse – das lässt die Blumen aus der Erde sprießen, die bis dahin mit einer weißen (Schnee-) Decke verhüllt waren.

Weil es Ostern noch so kalt war, bekommt der Hase eine Chance, zehn Eier musikalisch zu verteilen. – Zwei haben außerdem Berta und ihr Ehemann auf dem Frühstückstisch platziert, der flugs in die Bühnenmitte gerückt wird. Schon beim ersten Wortwechsel: "Berta. Das Ei ist hart." – "Ich hab' es gehört", wissen die Zuschauer Bescheid – und erleben die Dramatik von Loriots „Frühstücksei“-Parodie mit. Lianne Pink als Berta und Mia Pankrath als Weichei essen wollender Ehemann outen sich als talentiertes Comedian-Nachwuchs-Duo und machen ihren Vorbildern alle Ehre. Dafür gibt es hundertfachen Applaus – bis "Himmelströpfchenküsse" rhythmisch auf die Bühne klopfen. Den Regenschirm haben die Dritt- und Viertklässler jedoch mitgebracht und heißen das Aprilwetter gut gelaunt willkommen.

Schmetterlinge schlüpfen

Auf der grünen Wiese passieren noch andere Dinge: Den kleinen Raupen wird es in ihren braunen papiernen Hüllen zu eng. "Was passiert

mit uns?", rufen sie sich gegenseitig zu – und schlüpfen wenig später als schillernde Schmetterlinge heraus. Und am Teich stimmen die Frösche ihr Konzert an.

Das Programm – ein turbulenter Mix aus Kinderliedern, Tänzen und Sketchen – bereichert Schulleiterin Antje Berger im mohnblumenroten Kleid als Solistin. Sie singt – in A-Dur – den Frühling herbei und lobt das "Vöglein im hohen Baum" in den höchsten Tönen wahrlich fein. Zu guter Letzt folgt auch das Publikum der Aufforderung zum fröhlichen Tanz, so dass sich alle am Ende mit sonniger Laune ins Frühlingswochenende verabschieden. Als Dankeschön für die Bienen, Frösche, Schmetterlinge und deren Freunde, die das Programm so fleißig einstudiert haben, hat Antje Berger noch eine Überraschung parat: "In der nächsten Woche gibt es Hausaufgaben-frei." Dem folgt prompt ein Jubelkonzert. Das gilt ebenso dem Mann am Pult, DJ Klaus Heidloß. Auch in diesem Jahr hatte er musiktechnisch alles bestens im Griff.

Die kleine Lara Bader und Joline Lehmann, die noch in den Kindergarten gehen, freuen sich nun umso mehr auf die Schule, weil sie – in eins, zwei Jahren – ebenso als bunte Schmetterlinge oder Maikäfer auf die Bühne wollen. Oma Ilona Komrowski schwärmt: "Das Programm wird von Jahr zu Jahr besser. Ich weiß das, weil ich 15 Enkelkinder habe und das schon öfters erlebt habe." Diesmal hat sie Enkeltochter Leonie begleitet. Vor allem die Aufmerksamkeit und Disziplin der Kinder ist positiv aufgefallen, die Kleinen waren bis zur letzten Minute "voll dabei" – obwohl es auf der Frühlingswiesen-Bühne mitunter ganz schön eng wurde. Mutti Anja Sülzle nimmt ihre Tochter, die sowohl Maus als auch Schmetterling spielte, freudig in Empfang und gibt ihr einen dicken Kuss. Der verwandelt das Mädchen wieder zurück in Emely aus der ersten Klasse.

Das Körbchen, das Jonny Rettich kurzentschlossen am Saal-Ausgang jedem Besucher verschmitzt entgegenhält, füllt sich – statt mit Ostereiern – nun mit Euros. Sie helfen den Grundschulern, ein neues Projekt zu starten.

<http://www.mz-web.de/jessen/annaburg-sonnenkaefer-verjagen-winter,20641004,22557596.html>

1. Beantworten Sie folgende Fragen.

1. Welches Fest wird von den Zuschauern erlebt?
2. Womit wird der Winter aus Annaburg verbannt?
3. Warum wurde der Termin zuerst verschoben?

4. Was wurde von den Kindern zusammengestellt?
5. Warum gibt es vor dem Haus, die Straße runter und rauf am Freitagabend keinen Parkplatz mehr?
6. Womit wurde das Programm des Festes bereichert?

II. Schreiben Sie Sätze mit folgenden Wortverbindungen heraus und übersetzen Sie sie.

1) sich in schillernde Schmetterlinge verwandeln; 2) das Frühlingsfest erleben; 3) den Winter verbannen; 4) den Termin verschieben; 5) über 350 Besucher anlocken; 6) auf sich nicht warten lassen; 7) gut gelaunt sein; 8) den Frühling herbeilocken; 9) Eier musikalisch verteilen; 10) in die Bühnenmitte rücken; 11) Bescheid wissen; 12) Ehre machen; 13) im Griff haben; 14) den Lauf nehmen.

III. Wählen Sie die passenden Verben zu den linksstehenden Substantiven. Bilden Sie Sätze, gebrauchen Sie dabei das Modalverb können.

- | | |
|----------------------------------|-----------------------|
| 1) das Konzert | a) bereichern |
| 2) das Programm | b) sich freuen |
| 3) zum fröhlichen Tanz | c) sich füllen |
| 4) mit sonniger Laune | d) geben |
| 5) auf die Schule | e) spielen |
| 6) die Enkeltochter | f) entgegenhalten |
| 7) Maus und Schmetterling | g) folgen |
| 8) einen dicken Kuss | h) begleiten |
| 9) das Körbchen | i) sich verabschieden |
| 10) mit Ostereiern und mit Euros | j) anstimmen |

IV. Was bedeuten folgende Wörter und Wendungen? Erklären Sie auf Deutsch.

1) talentiertes Comedian-Nachwuchs-Duo, 2) die Himmelströpfchenküsse, 3) die Dritt- und Viertklässler, 4) ein turbulenter Mix, 5) die Überraschung, 6) das Jubelkonzert, 7) im Griff haben, 8) voll dabei sein, 9) in Empfang sein, 10) verschmitzt.

V. Diskutieren Sie in Ihrem Kurs über ähnliches Fest in Ihrem Land.

Thema 3. Studentenleben
Artikel
Wer in Deutschland studieren will, soll zahlen



(Die Hochschule für Musik und Theater "Felix Mendelssohn Bartholdy" am Dittrichring in Leipzig)

(Zeitung: ZEIT ONLINE, Autor: Hermann Horstkotte, 16.04.2013)

In Leipzig führt die erste deutsche Hochschule kommenden Semester ein Bezahlstudium für ausländische Bewerber ein. Wer keinen dicken Geldbeutel hat, muss draußen bleiben.

Peixin Xian ist außer sich. Die Sprecherin des Bundesverbands ausländischer Studierender (BAS) in Deutschland protestiert gegen eine neue Gebührenordnung an der staatlichen Hochschule für Musik und Theater (HMT) in Leipzig. "Künftig müssen Studienbewerber ohne EU-Pass nicht nur gut, sondern vor allem reich sein", sagt Peixin. Das sei nicht weniger als ein Dammbbruch in der Hochschulfinanzierung.

Ab kommendem Semester müssen alle Nichteuropäer für das Bachelor- oder Masterstudium einen Beitrag von 3.600 Euro im Jahr zahlen. Die Leipziger Abgabe für Ausländer ist bisher einmalig in Deutschland. Möglich wird sie durch das neue "Sächsische Hochschulfreiheitsgesetz". Deutsche und ihnen gleichgestellte EU-Bürger zahlen hingegen auch künftig in Sachsen (wie in den meisten anderen Bundesländern) keine zusätzlichen Beiträge.

Mit den Einnahmen der internationalen Studenten will die Hochschule ihre Lehrbeauftragten besser besolden. Ihr Stundenlohn von derzeit 23 Euro ist im Bundesvergleich unterdurchschnittlich. Dem Zweck entsprechend kann die HMT die Gebühren nach eigenem Ermessen herunter- oder heraufsetzen.

Nun ist mit Härtefällen zu rechnen. Die Sonderabgabe gilt nicht nur für neue Studienbewerber, sondern genauso für bereits eingeschriebene Hochschulüler. "Die Extra-Kosten kann ich beim besten Willen nicht aufbringen", sagt etwa Ronen Shiffron, Master-Student im zweiten Semester. Nach seinem Bachelor in Tel Aviv ist der Israeli wegen des international hervorragenden Lehrangebots für Bratsche nach Leipzig gekommen. Für das Studentenvisum muss er der Ausländerbehörde immer schon ausreichende Geldmittel für den laufenden Lebensunterhalt nachweisen. Nun kommen noch monatlich 300 Euro Maut für Ausländer hinzu.

"Ein laufendes Studium wegen der unvorhersehbaren Forderungen abbrechen zu müssen, kann nicht rechtens sein", heißt es nun beim offiziellen "Studierendenrat" der HMT. Er unterstützt Shiffron und andere Kunststudenten etwa aus Russland, Iran oder Südamerika beim Widerspruch gegen die Gebührenforderung, notfalls auch vor Gericht.

Die HMT verweist aufs Ausland

Am Wochenende versuchte Landeswissenschaftsministerin Sabine von Schorlemer die Wogen zu glätten: "Entsprechende Gebühren können nur für neu immatrikulierte Studierende eingeführt werden." Im Gesetz steht davon allerdings nichts. Zwar ist dort ein Stipendienprogramm für Härtefälle vorgeschrieben. Wer wie viel Beihilfe bekommen soll, hat die Hochschule jedoch noch nicht entschieden.

Indes lehnt der Leipziger Studierendenrat Gebühren grundsätzlich ab, auch bei Neueinschreibungen. Diese politische Position vertritt auch das bundesweite Deutsche Studentenwerk. Der Deutsche Akademische Austauschdienst hält zusätzliche Beiträge für Ausländer allein "im Falle vorbereitender Studien- und Deutschkurse für berechtigt". Nicht nachvollziehbar seien sie, wenn mit ihnen allgemeine Personalkosten finanziert werden sollen, wie es die HMT vorhat. Die Hochschulrektorenkonferenz schweigt bislang zum Vorgehen ihrer Leipziger Mitgliedsuni.

Die HMT wehrt sich. Sie verweist auf die internationale Marktlage: So kostet ein Studienjahr an den Kunsthochschulen in Amsterdam oder Budapest ein Mehrfaches der nun eingeführten Abgabe. In den USA müssen Studenten mit bis zu 30.000 Euro pro Studienjahr rechnen. International spricht man vom Education Business. In Deutschland ist es anstößig, weil das Studium für Ausländer hierzulande seit den 1960er Jahren als eine Säule der Entwicklungshilfe für die Dritte Welt verstanden wurde. Die Gaststudenten sollten anschließend im Heimatland Wegweiser im Kampf gegen Hunger, Krankheit und Armut sein.

"Entwicklungshilfe über Studienplätze in Deutschland ist und bleibt eine politische Aufgabe", sagt auch die rheinland-pfälzische Wissenschaftsministerin Doris Ahnen (SPD). Allerdings gehen die Meinungen darüber auseinander. Schon vor sechs Jahren sagte beispielsweise der Chef der Hochschulrektoren in Nordrhein-Westfalen, der dichtesten Hochschulregion ganz Europas, im Landtag: Das Studium für Ausländer dürfe nicht länger mit "entwicklungspolitisch motivierter Nachhilfe" verwechselt werden. Im globalen Wettbewerb um Profilierung und Talente bräuchten die Hochschulen vielmehr "Best Graduates" von Partnerunis, die sich nach einem ersten Spitzenabschluss in der Heimat in Deutschland weiterqualifizieren. Das Studium für Ausländer soll die deutschen Anbieter demnach bereichern. Mit Grips und wegen notorisch knapper Kassen eben auch mit Geld.

Einzelne deutsche Hochschulen umgehen die leidige Gebührenfrage, indem sie ihr Edu Business direkt in den Ländern betreiben, deren Studierende sie anwerben will. Die Musikhochschule Weimar hat etwa in Südkorea ein German College eingerichtet. Die Technische Universität München leitet eines mit einem lokalen Kompagnon in Singapur. Die Studiengebühren betragen hier drei- und mehr tausend Euro pro Semester. Auf deutschem Boden konnten staatliche Hochschulen bislang nur über privatrechtliche Ableger ins Geschäft einsteigen. Schrittmacher ist die Uni Karlsruhe mit ihrem International Department für ausländische Ingenieurstudenten. Sie zahlen mindestens 7.000 Euro Semestergebühr.

Sachsen ist mit seinen neuen Gebührenmöglichkeiten konsequent. Seine Hochschulen dürfen nun auch direkt, ohne juristische Umwege ins Portemonnaie der Ausländer greifen, wenn sie wollen.

1. Bilden Sie Sätze mit den folgenden Wortverbindungen und übersetzen Sie ins Deutsche.

1) einen dicken Geldbeutel haben; 2) draußen bleiben; 3) gegen eine neue Gebührenordnung protestieren; 4) als ein Dammbuch in der Hochschulfinanzierung sein; 5) einen Beitrag zahlen; 6) Lehrbeauftragten besolden; 7) unterdurchschnittlich sein; 8) die Gebühren herunter- oder heraufsetzen; 9) die Extra-Kosten aufbringen; 10) Geldmittel für den laufenden Lebensunterhalt nachweisen; 11) 300 Euro Maut; 12) unvorhersehbare Forderungen; 13) Wogen glätten; 14) entwicklungspolitisch motivierte Nachhilfe; 15) ins Portemonnaie der Ausländer greifen.

II. Was bedeuten folgende Wörter und Wendungen? Erklären Sie auf Deutsch.

1) die Studienbewerber; 2) der EU-Pass; 3) das Masterstudium; 4) die Ausländerbehörde; 5) die Maut; 6) die Landeswissenschaftsministerin; 7) der Studierendenrat; 8) der Wegweiser; 9) notorisch; 10) privatrechtliche Ableger; 11) die Semestergebühr; 12) konsequent.

III. Recherchieren Sie im Internet. Finden Sie die Information über die Ausdrücke "Das Sächsische Hochschulfreiheitsgesetz" und "Der Deutsche Akademische Austauschdienst". Stellen Sie Ihre Ergebnisse im Kurs vor.

IV. Stellen Sie sich vor, Sie möchten ein Semester an einer deutschen Universität studieren. Entwerfen Sie ein kurzes Schreiben, in dem Sie sich um einen Studienplatz bewerben. Begründen Sie, warum Sie sich für ein Studium in Deutschland entschieden haben und nennen Sie Gründe, warum gerade Sie der richtige für den Studienplatz sind.

V. Haben Sie selbst einige Zeit in Deutschland studiert oder einen Sprachkurs besucht? Berichten Sie über Ihre Erfahrungen und erzählen Sie, welche Probleme Sie damals hatten. Wenn Sie noch nie in Deutschland waren: Bilden Sie Kleingruppen und diskutieren Sie über die folgenden Fragen: Welche Probleme haben ausländische Studierende mit dem Studium und Leben in Ihrem Land? Wie sieht Ihrer Meinung nach die ideale Betreuung für ausländische Studierende aus? Tragen Sie Ihre Ergebnisse im Kurs vor.

<http://www.zeit.de/studium/hochschule/2013-04/auslaenderstudium-gebuehren>

Thema 4. Umweltschutz
Artikel
Elektroschrott in Frankfurt
"Total sorgloser Umgang mit Schadstoffen"



(Zeitung: FRANKFURTER ALLGEMEINE, Von Mechthild Harting,
Frankfurt, 27.12.2012)

Wegen der hohen Metallpreise wird immer mehr Elektroschrott illegal ausgeschlachtet und nicht geordnet wiederverwertet. Die Stadt will jetzt dagegen vorgehen. Elektroschrott wird leider oft nicht wie hier fachgerecht auf dem Werkstoffhof entsorgt.

Die FES Frankfurter Entsorgungs- und Service GmbH hat sich seit der Gründung 1996 aus dem Amt für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung zum führenden Komplettdienstleister für Entsorgung und Reinigung in der Rhein-Main-Region entwickelt.

Die hohen Preise, die derzeit für Metalle aller Art gezahlt werden, beschäftigen inzwischen auch die Frankfurter Müllentsorgung. Nach Angaben der FES verschwinden nämlich aus dem Sperrmüll, den jeder Bürger unentgeltlich vor die Tür stellen und abholen lassen darf, lange, bevor die Männer von der Müllabfuhr kommen, sämtliche Teile, die aus Metall bestehen: Kabel, Kühlaggregate und Beleuchtungen aus alten Gefriertruhen und Kühlschränken, Computer, Bildschirme und zahllose Kleinteile. Dem Entsorgungsunternehmen entgehe auf diese Weise Jahr für Jahr ein sechsstelliger Euro-Betrag, heißt es – Geld von dem ansonsten die Gebührenzahler profitieren könnten. Bei der Werkstatt Frankfurt, die den Elektroschrott recycelt und kaputte Geräte repariert, ist das Aufkommen an "Wertstoffschrott" in den vergangenen beiden Jahren um gut 50 Prozent zurückgegangen.

Die Folgen der Metalldiebstähle beschäftigen auch Peter Postleb. Der Leiter der Stabsstelle Sauberes Frankfurt erfährt immer öfter von "wilden" Abladeplätzen für ausgeschlachtete Bildschirme und Rechner und von Orten, an denen sich ausgehöhlte Kabelummantelungen türmen. Beispielsweise am Kaiserlei und am Rand von Seckback wird Müll dieser Art abgeladen, Postleb zufolge gibt es aber auch zahlreiche Hinterhöfe in der Stadt, in denen die Geräte erst unsachgemäß und ohne Rücksicht auf Schadstoffe ausgeschlachtet und die Gerätehüllen dann achtlos weggeworfen werden. Das gefährde nicht nur die Umwelt, sondern auch Menschen.

Einsatztruppe "Goldgrube"

Doch nun bietet sich Postleb die Möglichkeit, gegen illegale Elektroschrottsammler vorzugehen: Das zum 1. Juni geänderte Kreislaufwirtschaftsgesetz verbietet allgemein das Einsammeln „elektronischer Altgeräte“ und erlaubt die Entsorgung nur noch den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, sprich in Frankfurt der FES. Die Frankfurter Polizei hat in den vergangenen Wochen deshalb eigens eine Einsatztruppe mit dem Namen "Goldgrube" gebildet, um gegen den illegalen Handel mit Elektroschrott vorzugehen. Diese hat inzwischen schon einige Großeinsätze gegen die Sammler, die nahezu alle aus Osteuropa, vorrangig aus Bulgarien und Rumänien, stammen, organisiert – mit beachtlichem Erfolg. Denn sowohl der Polizei als auch dem Ordnungsamt sind die Schrotthändler, denen die Metalle zum Kauf angeboten werden, bestens bekannt.

In jüngster Zeit sind die Funde allerdings zurückgegangen. Das könnte nach Ansicht von Postleb mit der Jahreszeit zusammenhängen, denn im Frühjahr und Sommer werde deutlich mehr Sperrmüll an die Straßen gestellt. Der Amtsleiter will aber auch nicht ausschließen, dass sich das Geschäft schon ins Umland verlagert hat, zu Schrotthändlern außerhalb Frankfurts.

Kontrollen schaden nur den Kleinen

"In jedem Fall schöpfen wir durch die Kontrollen nur die Kleinen ab", meint Postleb. Die organisierten Strukturen, mit deren Hilfe die Bulgaren und Rumänen in Frankfurt Unterschlupf fänden und nicht selten sogar mit gültigen Gewerbescheinen versorgt würden, könnten solche Kontrollen nicht aufdecken. Dennoch würde es der Amtsleiter begrüßen,

wenn in Frankfurt – wie in anderen Großstädten üblich – die Schrotthändler von der Polizei stärker kontrolliert würden.

Anlass der von der EU initiierten Novellierung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist der Vorsatz, die im Abfall enthaltenen Rohstoffe wiederzuverwerten und schädliche und damit gefährliche Stoffe aufzufangen. Der "total sorglose Umgang mit Schadstoffen", den er immer wieder bei den illegalen Metallsammlern beobachte, treibt auch Postleb um, der sich an einen von Beamten gestoppten Kleintransporter erinnert, der voller von Hand zerschnittener, asbesthaltiger Glasfaserkabeln war.

"Ausgeprägtes Umweltbewusstsein" nötig

Dass der Handel mit Elektroschrott so floriert, hat Postleb zufolge allerdings nicht nur mit den Edelmetall-Preisen zu tun. Schuld sei auch das Fehlen eines bürgerfreundlichen Sammelsystems. Computer-Monitore, Tastaturen, Handys, Toaster und Elektrozahnbürsten gehörten nämlich offiziell gar nicht in den Sperrmüll. Das treffe nur für Geräte zu, die größer als eine Mikrowelle seien, alle anderen müssten von den Besitzern eigentlich zu einem der FES-Betriebshöfe gebracht werden.

Selbst FES-Geschäftsführer Benjamin Scheffler gesteht zu, dass schon ein "ausgeprägtes Umweltbewusstsein" nötig sei, um zum Beispiel einen kaputten Rasierer eigens zum Wertstoffhof zu bringen. Das System sei "verbesserungswürdig", meint auch Scheffler. Dem Vernehmen nach verhandelt die FES deshalb derzeit mit einer großen Lebensmittelkette, in deren Läden die Frankfurter künftig Geräte abgeben können sollen. Eine solche Verbesserung scheint dringend notwendig, denn Postleb zufolge sind im Jahr 2011 von den bundesweit rund 1,7 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikschrott nur 800 000 Tonnen offiziell erfasst und entsorgt worden.

<http://www.faz.net/aktuell/rhein-main/elektroschrott-in-frankfurt-total-sorgloser-umgang-mit-schadstoffen-12007700.html>

1. Bilden Sie Sätze mit den folgenden Wortverbindungen und übersetzen Sie ins Deutsche.

1) den Elektroschrott illegal ausschachten; 2) fachgerecht auf dem Werkstoffhof entsorgen; 3) aus dem Sperrmüll verschwinden; 4) profitieren; 5) den Elektroschrott recyceln; 6) Abladeplätze für ausgeschlachtete Bildschirme; 7) sich türmen; 8) ohne Rücksicht auf Schadstoffe ausschachten; 9) gegen illegale Elektroschrottsammler vorgehen; 10) die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger; 11) eine Einsatztruppe bilden;

12) gegen den illegalen Handel vorgehen; 13) zum Kauf anbieten; 14) den Kleinen schaden; 15) mit Elektroschrott florieren; 16) verbesserungswürdig sein.

II. Erklären Sie auf Deutsch.

1) die Müllentsorgung; 2) das Entsorgungsunternehmen; 3) sechsstelliger Euro-Betrag; 4) der Wertstoffschrott; 5) die Kabelummantelungen; 6) das Kreislaufwirtschaftsgesetz; 7) der Unterschlupf; 8) der Glasfaserkabel; 9) der FES-Betriebshof; 10) das Umweltbewusstsein.

III. Ergänzen Sie folgende Sätze.

1. Elektroschrott wird leider oft nicht wie hier fachgerecht auf... entsorgt.

2. Die hohen Preise, die derzeit für... gezahlt werden, beschäftigen inzwischen auch die Frankfurter Müllentsorgung.

3. Nach Angaben der FES verschwinden nämlich..., den jeder Bürger unentgeltlich vor die Tür stellen und abholen lassen darf, lange, bevor die Männer von der Müllabfuhr kommen, sämtliche Teile, die aus ... bestehen.

4. Der Leiter der Stabsstelle Sauberes Frankfurt erfährt immer öfter von... für ausgeschlachtete Bildschirme und Rechner und von..., an denen sich ausgehöhlte Kabelummantelungen türmen.

5. Der Amtsleiter will aber auch nicht ausschließen, dass... schon ins Umland verlagert hat, zu Schrotthändlern außerhalb Frankfurts.

6. Die Frankfurter Polizei hat in den vergangenen Wochen deshalb... mit dem Namen „Goldgrube“ gebildet, um gegen den... mit Elektroschrott vorzugehen.

7. "In jedem Fall schöpfen wir durch... die Kleinen ab", meint Postleb.

8. Anlass der von der EU initiierten Novellierung des... ist der Vorsatz, die im Abfall enthaltenen Rohstoffe wiederzuverwerten und schädliche und damit... aufzufangen.

9. Selbst FES-Geschäftsführer Benjamin Scheffler gesteht zu, dass... nötig sei, um zum Beispiel einen kaputten Rasierer eigens zum Wertstoffhof zu bringen.

10. Eine solche Verbesserung scheint dringend notwendig, denn... 1,7 Millionen Tonnen Elektro- und Elektronikschrott nur 800 000 Tonnen offiziell erfasst und entsorgt worden.

IV. Teilen Sie sich in zwei Gruppen ein und versuchen Sie einander zu überreden, dass es wichtig und nötig ist, den Elektroschrott zu recyceln und kaputte Geräte zu reparieren. Welche Vorteile gibt es dabei? Und welche Nachteile? Begründen Sie Ihre Meinungen.

V. Übersetzen Sie ins Deutsche.

1. Из-за высоких цен на металл электрический железный лом все больше разделяется нелегально и перерабатывается неупорядоченно.

2. К сожалению, электрический железный лом часто устраняется не в специально отведенном для него месте.

3. Между тем высокие цены, которые платятся теперь за металлы всякого рода, касаются также уборки мусора во Франкфурте.

4. По данным сервиса по утилизации отходов из блокировочного мусора исчезают именно все части, которые состоят из металла: кабель, холодильные агрегаты, освещения из старых морозильных камер и холодильников, компьютеры, экраны и бесчисленные мелкие детали.

5. В цехе Франкфурта, который повторно использует электрический железный лом и ремонтирует испорченные устройства, выход продукции «железного лома ценного материала» увеличился в течение обоих последних лет на 50 %.

6. Это угрожало бы не только окружающей среде, но и человеку.

7. Закон запрещает вообще собирание «электронных старых устройств» и позволяет утилизацию отходов только лишь общественно-правовым носителям утилизации отходов.

8. Франкфуртская полиция образовала в течение прошедших недель специально оперативную группу с именем «Золотой прииск», чтобы выступать против нелегальной торговли электрическим железным ломом.

9. Полицейский наблюдал совершенно беззаботное обращение нелегальных металлических собирателей с вредными веществами.

10. Торговля электронным железным ломом процветает до сих пор.

Thema 5. Die Bücher in unserem Leben
Artikel
Und, was liest Du so?

(ZEIT
ZEIT
LINE,
Stefan
Mesch,



tung:
ON-
Autor:

31.08.2009)

Buch-Communitiys im Netz brummen vor Geschäftigkeit. Aber welche Bücher liest man dort eigentlich? Unser Autor hat den Selbstversch gemacht.

In Richard Yates' Kleinbürger-Roman Revolutionary Road schaut sich der Schnösel Frank ungefragt im Bücherregal seines Nachbarn Shep um. Als Frank die Stirn runzelt, will Shep zu seiner Ehrenrettung am liebsten quer durchs Zimmer rufen: "Das sammelt sich eben im Lauf der Jahre so an! Unsere anspruchsvollen Bücher sind irgendwo verloren gegangen."

Im Internet geht nichts verloren. Zwei große öffentliche Lesewiesen erlauben, das eigene Bücherregal der ganzen Welt zu zeigen: Goodreads und Library Thing haben nur eine knappe Million meist englischsprachiger Benutzer, aber brummen vor Geschäftigkeit: Wenn ich mit einem Buch im Zug oder Café sitze, lade ich meine Umwelt zu Kommentaren ein. Im Netz sind diese Kommentare lauter und oft qualifizierter. Fremde, Freunde und die Computerdatenbank geben einander Tipps und Warnungen.

Der Pionier dieses Gedankens war das Online-Radio last. fm mit der Funktion, jeden Song, den man sich abspielt, im Profil zu eigenen, privaten Charts zu verrechnen. Nach ein paar Monaten kennt last. fm den eigenen Musikgeschmack genauer als man selbst. Videospiele zeigen

auf MobyGames, was sie gerade zocken. Und für Filme gibt es die Services Flixster und Criticker.

Das Sammelwort für solche medialen Zettelkästen ist Social Cataloging: Offene Datenbanken, in denen sich Benutzer ein Profil anlegen und dann die Privatsammlung verwalten, Kritiken schreiben und Netzwerke bilden. Goodreads und Library Thing ermuntern dabei an jeder Ecke, immer auch die Außenwelt via E-Mail-Newsletter und Bulletins, Twitter- und Facebook-Update über jede neue Lektüre zu benachrichtigen.

Wenn ich Freunde frage, ob sie etwas Interessantes gelesen haben, seufzen sie meist: "Ja, warte, ich muss überlegen." Mir selbst geht rasch die Puste aus, wenn ich mehr als drei Lieblingsbands oder – Filme nennen muss. Bei last.fm, Criticker und Goodreads sind meine Daten klar sortiert: Die Bücher nach Genres, Sprachen, Lese- oder Erscheinungsjahr, alphabetisch oder nach meiner Bewertung auf einer 5-Sterne-Skala. Jeweils als virtuelle Mosaik-Wand, die ich per Mausclick umsortiere und von jedem Computer aus durchsehen kann.

Freund Heiko stellt bei Facebook Straße der Ölsardinen auf sein Visual Bookshelf. "Sag Bescheid, ob ich das mögen würde!", maile ich ihm. Meine Benutzerprofile verraten, was auch die engsten Freunde nicht in Worte fassen könnten: Ein Schatz aus Daten und Verweisen, der den Zugriff und Konsum, das Reden und die Vermarktung von Kultur so scharf zeichnet wie nie zuvor. Wer sein mediales Leben mit solchen Fahrtenschreibern dokumentiert, braucht künftig keine zehn Minuten, um gute Kinderbücher aufzuzählen oder sich zu erinnern, mit wem er vor fünf Jahren im Kino war.

LibraryThing hat eine senfgelbe Kraut-und-Rüben-Optik und stellt sich durch die Regelung ins Abseits, dass man für den Account bezahlen muss, sobald man mehr als 200 Bücher speichert. Goodreads ist schlichter und freundlicher. Auch hier gibt es polemische Leser, die pauschal Fünf-Sterne-Bewertungen geben und Dan Brown abfeiern, aber als Kompass oder für den Direktvergleich sind die Bewertungen oft erstaunlich akkurat: Michael Endes Momo erhält 4,23 von 5 Sternen, Der Wunschpunsch nur 3,75. Asterix und Cleopatra: 4,11. Asterix und Latraviata: 3,66. Alles klar – vielen Dank für die klare Tendenz!

Wer bibliophil genug ist, um sich in einem Lese-Netzwerk anzumelden, macht sich auch gern die Mühe, auch eine faire Wertung abzugeben. Die Kritiken klingen fundierter als bei Amazon, und zugleich werden Favoriten Wer die Nachtigall stört (Harper Lee), Die Straße (Cormac McCarthy) und eben Revolutionary Road so empathisch von Tausenden Benutzern angepriesen, wie es keine PR-Kampagne könnte:

Wer bei Goodreads vorsortiert, findet tatsächlich bessere Bücher. Und interessante Menschen: Jemandem, der 80 Bücher mit mir teilt, traue ich auch ein Urteil über Buch Nummer 81 zu. Und bin gespannt, wer er sonst so ist.

Nur als ich Freund Johannes zu Goodreads einlade, windet er sich: "Bestimmt wäre das großartig, aber es wäre auch ein peinlicher Offenbarungseid! Jeder könnte dann genau sehen, welche Bücher ich noch nicht gelesen habe!" Das stimmt: Marktforscher, Freunde, Kollegen und der Chef können aus dieser Datenflut ihre Schlüsse ziehen. Dass Amazon gleich nach der Filmdatenbank imdb auch schleunigst Library Thing und Shelfari schluckte, wundert nicht. Oder, dass viele Verlage über Goodreads Vorabexemplare verschenken, um die Mundpropaganda für neue Bücher anzukurbeln.

Nischen und Foren für Gleichgesinnte sind die wichtigste soziale Funktion des Internets. Social Cataloging jedoch weitet diese Nischen, macht Expertisen auch für Außenstehende transparent: Ich streite mich bei Goodreads nicht mit anderen Lesern über Subjektives, sondern speise vor allem einen rigiden sozialen Katalog mit messbaren Daten: Die eigene Bildungs- und Geschmackshistorie landet als Statistik und Wertungskurve sauber aufgereiht in einem öffentliches Schaufenster.

Wer will, kann sich dieses Fenster abdichten. Jeder Service erlaubt, Profile auf "privat" zu setzen. Aber das wäre so, als entferne man den Schutzumschlag, bevor man sein Buch mit ins Café nimmt. Da ginge das Attraktivste am öffentlichen Lesen verloren: die private Eitelkeit und der Stolz auf eigenen Geschmack. Gibt es schon Seiten, wo ich den Inhalt meiner Schuh- und Kleiderschränke präsentieren kann?
<http://www.zeit.de/online/2009/33/buch-communities-2>

I. Ordnen Sie zu, führen Sie Ihre Beispiele.

- | | |
|-------------------------------|------------------|
| 1) vor Geschäftigkeit brummen | a) verrechnen |
| 2) die Stirn | b) sich anmelden |
| 3) quer durchs Zimmer | c) sagen |
| 4) zu Kommentaren | d) anlegen |
| 5) Tipps und Warnungen | e) ankurbeln |
| 6) im Profil verrechnen | f) umsortieren |
| 7) den eigenen Musikgeschmack | g) sich stellen |
| 8) ein Profil | h) durchsehen |
| 9) die Privatsammlung | i) ziehen |
| 10) die Puste | j) brummen |
| 11) per Mausclick | k) dokumentieren |

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| 12) von jedem Computer aus | l) fassen |
| 13) Bescheid | m) verwalten |
| 14) in Worte | n) sein |
| 15) mit den Fahrtenschreibern | o) kennen |
| 16) ins Abseits | p) einladen |
| 17) bibliophil genug | q) rufen |
| 18) in einem Lese-Netzwerk | r) geben |
| 19) ihre Schlüsse | s) ausgehen |
| 20) für neue Bücher | t) runzeln |

II. Diskutieren Sie in Kleingruppen Ihre Lesegewohnheiten.

1. Welche Bücher lesen Sie? 2. Wann lesen Sie am liebsten?
3. Haben Sie Ihre Lieblingsbücher? 4) Wie oft lesen Sie?

III. Übersetzen Sie die eingeklammerten Wörter und Wortgruppen. Gebrauchen Sie sie in einem Satz.

1. Als Frank die Stirn (морщить), will Shep zu seiner (защита чести) am liebsten quer durchs Zimmer rufen.
2. Unsere (требовательный) Bücher sind irgendwo verloren gegangen.
3. Der Pionier dieses Gedankens war das Online-Radio last.fm mit der Funktion, jeden Song, den man (проигрывается), im Profil zu eigenen, privaten Charts zu (рассчитывать).
4. Goodreads und LibraryThing (побуждать) dabei an jeder Ecke, immer auch die Außenwelt via E-Mail-Newsletter und Bulletins, Twitter- und Facebook-Update über jede neue Lektüre zu (уведомлять).
5. (Соответственно) als virtuelle Mosaik-Wand, die ich per Mausclick umsortiere und von jedem Computer aus durchsehen kann.
6. Wer sein (медиаальный) Leben mit solchen Fahrtenschreibern dokumentiert, braucht künftig keine zehn Minuten, um gute Kinderbücher (перечислять) oder sich zu erinnern, mit wem er vor fünf Jahren im Kino war.
7. Wer (антикварный) genug ist, um sich in einem Lese-Netzwerk anzumelden, macht sich auch gern die Mühe, auch eine faire Wertung (отдавать).
8. Ich streite mich bei Goodreads nicht mit anderen Lesern über Subjektives, sondern (снабжать) vor allem einen (жесткий) sozialen Katalog mit messbaren Daten.

9. Die (своеобразный) Bildungs- und Geschmackshistorie (приземляться) als Statistik und Wertungskurve sauber aufgereiht in einem öffentliches Schaufenster.

10. Gibt es schon Seiten, wo ich den Inhalt meiner Schuh- und Kleiderschränke (предлагать) kann?

IV. Übersetzen Sie ins Deutsche.

1. «Это накапливается в течение нескольких лет!»

2. Когда я сижу с книгой в поезде или в кафе, мой окружающий мир требует комментариев.

3. «Скажи точно, понравилось бы мне это?»

4. Книги отсортированы в алфавитном порядке по жанрам, языкам, году издания.

5. Если я спрашиваю друзей о том, что интересного они читали в последнее время, они в большинстве случаев вздыхают.

6. Соответственно это как виртуальная мозаичная стена, которую я пересортировываю посредством нажатия на мышшь и могу просматривать с каждого компьютера.

7. Также здесь имеются полемические читатели, которые дают целиком пятизвездочные оценки.

PLAN DES REFERIERENS DES ZEITUNGSARTIKELS

a) Einleitung

Der zu referierende Artikel / Zeitungsbericht /
Der Artikel, über den ich heute berichten werde,
ist der Zeitung (Zeitschrift) entnommen
wurde in der Zeitung (Zeitschrift) veröffentlicht / publiziert /
abgedruckt.

b) Thema und Gegenstand des Artikels

Im Artikel wird von ... berichtet
Das Hauptthema des Artikels ist...
Im Mittelpunkt des Artikels steht die Frage/ die These ...
Der Artikel hat ... zum Thema

c) Hauptthese des Artikels

Die Hauptthese des Artikels würde ich / könnte man so formulieren...
Die Hauptthese lässt sich so formulieren...
Die zentrale Aussage des Artikels besteht darin, dass ...

d) Kurze Inhaltswiedergabe des Artikels, dabei soll die Hauptthese bewiesen werden

Laut dem Artikel / Im Artikel ist davon die Rede, dass / Im Artikel
wird berichtet, dass...
Hier wird betont / unterstrichen / hervorgehoben, dass...
Es wird darauf hingewiesen, dass...
Es wird behauptet...
Der Autor merkt an, dass...
Der Verfasser bekräftigt das mit (folgenden) Zahlen und Fakten: ...

e) Bestimmung der Presstextsorte mit Beispielen aus dem Text (!)

Der vorliegende Artikel ist meiner Meinung nach ein(e) ...
Der Artikel ist deshalb als ein(e) ... zu bezeichnen, weil...
Der Stil des Artikels ist ...
Für die Einordnung des Artikels als Bericht spricht auch, dass...
Für die für eine(n)... typische, ... Lexik können einige Beispiele
vorgebracht werden, nämlich....

f) Schlussfolgerungen und Äußerung der eigenen Meinung zum Artikel

Dem Artikel nach kann man zur Schlussfolgerung kommen, dass...

Nach all dem Gesagten kann man schließen, dass...

Abschließend könnte man sagen...

Ich schließe mich der Meinung des Autors an / nicht an, dass...

Ich stimme dem Autor zu / nicht zu, (dass)

Ich finde den Artikel nicht / sehr interessant / spannend / anregend / empörend, weil...

Die Wiedergabe des Inhalts des Artikels

Die sprachlichen Mittel		Grammatik	
Die Einführung	Die Angaben Der Titel Die Quelle Der Autor	Der Artikel " _____ " ist (D.) der Zeitung/Zeitschrift " _____ " vom (21. September 1999) entnommen. Der Artikel, den ich gelesen habe, heißt ____. Dieser Artikel ist in D. veröffentlicht. Der Autor dieses Artikels ist _____. Der Autor ist nicht bekannt (unbekannt)	Präsens Aktiv/Stativ
	Das Thema (die Hauptidee) Der Kommunikationsbereich	Es handelt sich um Akk. darum..., dass..., wo..., wann.... Es geht um Akk. darum..., dass..., wo..., wann.... Der Artikel ist D. gewidmet. Der Autor beschäftigt sich mit D. Der Text/Artikel ist aus dem Alltag. - aus dem Bereich der schöngeistigen Literatur, - aus dem Bereich der Wissenschaft, - aus dem pädagogisch-didaktischen Bereich, - aus dem Bereich des öffentlich-gesellschaftlichen Verkehrs	Präsens Aktiv/Stativ Objektsätze
Die Inhaltswiedergabe	Die Inhaltswiedergabe	Der Verfasser macht uns mit. D. bekannt. damit bekannt, dass..., wo... Er berichtet über Akk von D. (darüber/davon, dass..., wo...) Aus dem Text /Artikel erfahren wir, dass..., wo..., warum.... Wir verschaffen uns einen Überblick über <i>Akk</i> . Von grossem Interesse ist für uns noch <i>N</i> . (z.B. die Information, die Möglichkeit ...). Der Autor unterstreicht ... (z.B. Die Bedeutung Gen.). Er richtet den Blick auf <i>Akk</i> ./darauf, dass..., warum... Der Verfasser weist in seinem Pressebeitrag auf <i>Akk</i> ./darauf ... hin. Weiter setzt er fort, ... zu ... (die Gründe, die Tatsachen ... zu analysieren, zu beschreiben...). Er kolportiert... Am Ende des Artikels fasst der Verfasser zusammen, dass... Der Autor kommt zu der Schlußverfolgung, dass...	Präsens Aktiv Objektsätze Infinitivkonstruktionen

Die sprachlichen Mittel		Grammatik	
Die Schlussfolgerung	Die Kommunikationsaufgaben	In seinem Bericht verfolgt der Autor/Verfasser das Ziel... - zu informieren, - Kontakte herzustellen, - Probleme zu lösen, - Den Leser zu aktivieren, emotional zu bewegen, zu überzeugen, zu mobilisieren	Infinitivkonstruktionen
	Die eigene Meinung	Ich finde den Artikel (nicht) interessant, inhaltsreich, nützlich, wichtig für das Verstehen des Problems Gen	

LITERATUR

1. Катаев, С. Д. Язык немецкой прессы = Deutsche Presse in Ubersich : пособие по чтению и реферированию / С. Д. Катаев. – Самара : Вышш. шк., 2005. – 158 с.
2. Дулганова, В. Н. Referieren des Zeitungsartikels : учеб.-метод. пособие для специальности «Зарубежная филология» / В. Н. Дулганова. – Бурят. гос. ун-т. – Улан-Удэ : Изд-во Бурят. ун-та, 2005. – 91 с.
3. Zeit Online [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zeit.de/studium/uni-leben/2012-07/studie-alkohol-studenten>. – Загл. с экрана.
4. Mitteldeutsche Zeitung [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zeit.de/studium/hochschule/2013-04/auslaenderstudium-gebuehren>. – Загл. с экрана.
5. Frankfurter Allgemeine Reihn-Main [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.faz.net/aktuell/rhein-main/elektroschrott-in-frankfurt-total-sorgloser-umgang-mit-schadstoffen-12007700.html>. – Загл. с экрана.
6. Zeit Online [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zeit.de/online/2009/33/buch-communities-2>. – Загл. с экрана.

Учебное издание

DEUTSCHE PRESSE

Методические указания
по реферированию газетных статей

Составитель
Кисеева Ольга Викторовна

Печатается в авторской редакции

Верстка О.Н. Медведковой
Технический редактор В.В. Чечвина

Подписано в печать 10.09.2013 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,9. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 100. Заказ № 61.

Оригинал-макет подготовлен в редакционно-издательском отделе
издательского центра СурГУ.
Тел. (3462) 76-30-65, 76-30-66.

Отпечатано в полиграфическом отделе
издательского центра СурГУ.
г. Сургут, ул. Энергетиков, 8. Тел. (3462) 76-30-67.

ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1.
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29.

DEUTSCHE PRESSE

**Методические указания
по реферированию газетных статей**

**Сургут
2013**

ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

ГОУ ВПО «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ»

Кафедра немецкого языка

DIE ZEITFORMEN DER VERGANGENHEIT

Методические указания

DIE ZEITFORMEN DER VERGANGENHEIT

Методические указания

Сургут
2010
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ

Сургут
Издательский центр СурГУ
2010

Печатается по решению
редакционно-издательского совета СурГУ

Составитель
А.Н. Таджибова

Рецензент
кандидат философских наук,
доцент кафедры немецкого языка СурГУ **А.П. Евласьев**

Die Zeitformen der Vergangenheit : метод. указания / сост.
А. Н. Таджибова ; Сургут. гос. ун-т ХМАО – Югры. – Сургут :
ИЦ СурГУ, 2010. – 32 с.

Методические указания представляют собой собрание теоретического и практического материала, необходимого для выработки и закрепления умений пользоваться грамматическими формами выражения прошедшего времени глагола в немецком языке.

Предназначены для студентов III курса факультета лингвистики специальностей «Теория и методика преподавания иностранных языков и культур», «Перевод и переводоведение», а также неязыковых факультетов.

© Таджибова А.Н., составление, 2010
© ГОУ ВПО «Сургутский государственный
университет ХМАО – Югры», 2010
INHALTSVERZEICHNIS

Teil I. Das Präteritum	4
Was man über das Präteritum wissen sollte	4
Die Bildung des Präteritums der „regelmäßigen Verben“	5
Die Bildung des Präteritums der „starken Verben“	6
Die Bildung des Präteritums der „unregelmäßigen Verben“	7
Die Bildung des Präteritums der Modalverben	9
Teil II. Das Perfekt	17
Was man über das Perfekt wissen sollte	17
Bildung des Partizip II	17
Das Perfekt mit Modalverben	18
Die Hilfsverben „haben“ und „sein“	21
Teil III. Das Plusquamperfekt	25
Was man über das Plusquamperfekt wissen sollte	25
Die Bildung des Plusquamperfekts	25
Konjugation der Verben im Plusquamperfekt	25
Liste der starken Verben	28
Literaturverzeichnis	30

DAS PRÄTERITUM

Was man über das Präteritum wissen sollte

Das Präteritum, auch **Imperfekt** genannt, bildet zusammen mit dem Perfekt eine Zeitstufe. Der Unterschied liegt allein in ihrer Verwendung. Das Perfekt wird in der gesprochenen Sprache benutzt, während das Präteritum überwiegend in geschriebenen Texten Verwendung findet, wie zum Beispiel in Zeitungen, Zeitschriften, Literatur, Geschichten, Märchen etc. Aber auch in den Nachrichten, im Fernsehen oder im Radio wird das Präteritum benutzt, um über Vergangenes zu berichten. Es bezeichnet Handlungen und Zustände in der Vergangenheit und stellt sowohl das Nacheinander der Geschehnisse als auch Gleichzeitiges dar.

Die Personalpronomen „**du**“ und „**ihr**“ werden im Präteritum sehr selten benutzt, da diese Personen ausschließlich in der gesprochenen Sprache, also im Perfekt, Anwendung finden.

Die Ausnahme bilden die Verben „**haben**“, „**sein**“ sowie die „**Modalverben**“. Sie sind im Präteritum einfacher zu bilden. Daher werden die Präteritumformen dieser Verben auch im Perfekt benutzt. Das ist möglich, da das Perfekt und das Präteritum die gleiche Zeitstufe vertreten.

Alle Verben bekommen im Präteritum folgende Personalendungen.

Person	Singular	Plural
1.	-	-(e)n
2.	-(e)st	-(e)t
3.	-	-(e)n
die Höflichkeitsform -(e)n		

Für **alle Verben** im Präteritum gilt: Die 1. und 3. Person wird gleich konjugiert, im Singular wie im Plural.

Die trennbaren Präfixe werden im Präteritum abgetrennt: *sie sah heute sehr gut aus*. Im Nebensatz werden sie nicht getrennt, und stehen im Satz mit dem konjugierten Verb an der letzten Stelle: *ich sagte, dass sie sehr gut aussah*.

Die Bildung des Präteritums der „regelmäßigen Verben“

Das Präteritum der regelmäßigen Verben, auch **schwache Verben** genannt, bildet man wie folgt:

Verbstamm + Präteritumendung-te

Person	Stamm	Endung	Beispiele
ich	lernen	-te	Damals lernte ich in Berlin Deutsch
du	lernen	-test	Du lerntest im Skiurlaub viele Menschen kennen
er/sie/es	lernen	-te	Der Junge lernte auf der Schule Französisch
wir	lernen	-ten	Wir lernten in Afrika eine Menge über die Wildnis
ihr	lernen	-tet	Lerntet ihr Spanisch?
sie/Sie	lernen	-ten	Sie lernten viel für das Leben

Lautliche Besonderheiten:

Gelegentlich kommt es vor, dass der Verbstamm mit **t**, **d**, **tm**, **dn**, **chn**, **ffn**, oder **gn** endet. Beispiele sind die Verben: **arbeiten**, **atmen**, **rechnen** usw. Die Folge sind Ausspracheprobleme beim Bilden des Präteritums. Deshalb wird beim Präteritum ein „e“ zwischen „Verbstamm“ und der „Endung“ eingeschoben.

Person	Verbstamm	Endung	Beispiele
ich	arbeiten	-ete	Damals arbeitete ich in Berlin
du	heiraten	-etest	Wie alt warst du, als du heiratetest ?
er/sie/es	atmen	-ete	Der Schwerverletzte atmete nur noch sehr schwach
wir	beobachten	-eten	Wir beobachteten den Fremden schon sehr lange
ihr	warten	-etet	Warum wartetet ihr stundenlang auf ihn?
sie/Sie	antworten	-eten	Die Frauen antworteten ihnen nicht

Übung 1. Konjugieren Sie die Verben im Präteritum:

Leben, wohnen, antworten, machen, kaufen, lernen, versäumen, sagen, ablegen, sich ausruhen, besuchen, erzählen.

Übung 2. Sagen Sie die Sätze im Präteritum:

1. Ich warte ungeduldig auf seinen Brief. 2. Anna studiert an der Universität. 3. Wozu öffnest du alle Fenster? 4. Er erzählt mir viel Interessantes darüber. 5. Er löst diese Aufgabe zwei Stunden. 6. Wir besichtigen die Sehenswürdigkeiten der Stadt. 7. Ich wohne im Haus 65. 8. Mein Bruder malt gern. 9. Die Kinder baden im Fluß. 10. Die Schüler begrüßen den Lehrer. 11. Du setzt dich an das Fenster. 12. Ich richte meine neue Wohnung ein. 13. Sie erinnern sich an ihre Kindheit. 14. Ihr legt die Bücher auf den Tisch.

Übung 3. Setzen Sie das Verb im Präteritum in richtiger Form ein:

1. Im Park ... sie viele neue Bäume (anpflanzen). 2. Endlich ... man einen neuen Busbahnhof (anlegen). 3. Für diese Dateien habe ich ein neues Verzeichnis (einrichten). 4. Wir ... unser Haus (ausbauen). 5. Jeder nur ein Stück von dem Kuchen (bekommen). 6. Der Autofahrer ... in einer gefährlichen Kurve (überholen). 7. Warum ... du das nicht (verhindern)? 8. Man ... den Luftverschmutzer (feststellen). 9. Wir ... unsere Mäntel in der Garderobe (ablegen). 10. Mein Körper ... sich für die Belastungen des kommenden Tages (aufbauen).

Die Bildung des Präteritums der „starken Verben“

Der Präteritumstamm der starken Verben wird mit dem Ablaut gebildet: *kommen – kam, schreiben – schrieb, fahren – fuhr, laufen – lief* usw. Nach der Veränderung des Stammvokals in den drei Grundformen lassen sich alle starken Verben in drei Gruppen einteilen:

Gleicher Stammvokal im Prät. und Part. II	Gleicher Stammvokal im Inf. und Part. II	Jede Grundform hat einen anderen Stammvokal
Inf-Prät-Part. II	Inf-Prät-Part. II	Inf-Prät-Part. II
ei-ie-ie/ei-i-i	e-a-e	i-a-u
e-o-o/i-o-o/ü-o-o	a-u-a/a-i-a/a-ie-a	e-a-o
		i-a-e
		i-a-o i/ie-a-o

Lautliche Besonderheiten:

Bei der Konjugation bekommen die Verben, deren Stamm auf *-s, -ß* ausgeht, „e“ in der zweiten Person Sg. „e“ steht auch vor der Personalendung der 2. Person Pl. (manchmal auch des Singulars), wenn das Verbstamm auf *-d* oder *-t* ausgeht.

Person/Verb	lesen-las	sitzen-saß	einladen-lud ein
ich	las	saß	lud ein
du	las-e-st	saß-e-st	lud-st ein (oder lud-e-st ein)
er/sie/es	las	saß	lud ein
wir	las-en	saß-en	lud-en ein
ihr	las-t	saß-t	lud-et ein
sie/Sie	las-en	saß-en	lud-en ein

Die Bildung des Präteritums der „unregelmäßigen Verben“

Einige Verben, zum Beispiel „haben“, „sein“, und „werden“, werden sehr häufig benutzt, da sie auch in der gesprochenen Sprache, also im Perfekt, benutzt werden. Einige davon finden darüber hinaus auch als Hilfsverb Verwendung. Das Präteritum der folgenden Verben sollte man unbedingt kennen.

Infinitiv	Präteritum	ich/er; sie; es	du	wir/sie; Sie	ihr
sein	war	war	warst	waren	wart
haben	hatte	hatte	hattest	hatten	hattet
werden	wurde	wurde	wurdest	wurden	wurdet
wissen	wusste	wusste	wusstest	wussten	wusstet
stehen	stand	stand	standest	standen	standet
gehen	gingen	ging	gingst	gingen	gingt
tun	tat	tat	tatest	taten	tatet
bringen	brachten	brachte	brachtest	brachten	brachtet

Die **besondere (gemischte) Gruppe** entsteht aus den Verben, die das Präteritum mit *-te* und das Partizip II mit *-t* wie die schwachen Verben bilden. Sie verändern auch den Stammvokal, manchmal den Stammkonsonanten, wie die starken Verben.

Infinitiv	Präteritum	Partizip II	Übersetzung
-----------	------------	-------------	-------------

kennen	kannte	gekannt	знать
nennen	nannte	genannt	называть
brennen	brannte	gebrannt	гореть
rennen	rannte	gerannt	мчаться
bringen	brachte	gebracht	приносить
denken	dachte	gedacht	думать
senden*	sandte	gesandt	посылать
wenden*	wandte	gewandt	поворачивать

*Die Verben haben parallele schwache Formen im Präteritum/Partizip II: sendete/gesendet, wendete/gewendet.

Übung 5. Konjugieren Sie die Verben im Präteritum:

Befehlen, gehen, genießen, fliegen, sitzen, frieren, schweigen, schwimmen, springen, sterben, sitzen, tragen, treffen, lassen.

Übung 6. Sagen Sie die Sätze im Präteritum:

1. Ich schreibe eine Übersetzung. 2. Am Sonntag treibt er Sport. 3. Du kommst spät nach Hause. 4. Die Stunde beginnt. 5. Der Junge läuft durch den Platz. 6. Wer singt so laut? 7. Ihr versteht mich nicht. 8. Die Frau steigt die Treppe hinauf. 9. Wer hilft dir beim Übersetzen? 10. Meine Freundin ruft mich oft an. 11. Die müden Kinder schlafen schnell ein. 12. Er geht immer zu Fuß zur Arbeit. 13. Die Studenten verlassen den Raum. 14. Womit fahrt ihr nach Hause? 15. Was befindet sich in dieser Straße?

Übung 7. Haben, sein oder werden? Setzen Sie das passende Verb im Präteritum ein. Übersetzen Sie die Sätze ins Russische:

1. Was ... dein Freund von Beruf? 2. Die Kinder ... zu Hause. 3. Im Frühling ... alles grün, es ... immer wärmer. 4. ... es deine Tasche? 5. Natürlich ... wir einige Schwierigkeiten, aber das ... nicht so schlimm. 6. Der Unterricht ... um 3 Uhr zu Ende. 7. Wer ... einen Taschenrechner mit? 8. Was ... los? 9. Endlich ... an Ort und Stelle. 10. ... das Hauptgebäude der Universität weit von hier? 11. Das Haus und seine Bewohner ... allmählich älter. 12. Das Mädchen ... keine Angst vor Dunkelheit. 13. Meine kleine Enkelin ... schon drei Jahre alt. 14. Aus nichts ... nichts. 15. Der Herbst ... in diesem Sommer warm und sonnig. 16. Die Kinder ... älter, aber nicht immer ... sie auch vernünftiger. 17. Er ... Weise und ... keine Verwandten. 18. Mit dem saufenden Ehemann ... ihr Leben unverträglich.

Übung 8. Sagen Sie die Sätze im Präteritum:

1. Mein Vater ist ein guter Sportler. 2. Ich habe viele Freunde. 3. Sie kennen seinen Namen nicht. 4. Dein Besuch Bringt mir viel Freude. 5. Sie nennt ihn immer ihren besten Freund. 6. Die Kinder rennen im Schulhof hin und her. 7. Wir denken oft an unseren Verwandten. 8. Was tust du morgens? 9. Er wendet sich an den Lehrer mit der Frage. 10. Mein Bruder wird zum Dolmetscher. 11. Sie nennen einige Synonyme zu diesem Wort. 12. Was brennt draußen?

Die Bildung des Präteritums der Modalverben

Die Perfektformen der Modalverben sind vom Satzbau ein wenig kompliziert, daher werden auch in der gesprochenen Sprache die Modalverben im Präteritum benutzt.

Infinitiv	Präteritum	ich, er; sie; es	du	wir sie; Sie	ihr
dürfen	durften	durfte	durftest	durften	durftet
können	konnten	konnte	konntest	konnten	konntet
mögen	mochten	mochte	mochtest	mochten	mochtet
möchten*	wollten	wollte	wolltest	wollten	wolltet
müssen	mussten	musste	musstest	mussten	musstet
sollen	sollten	sollte	solltest	sollten	solltet
wollen	wollten	wollte	wolltest	wollten	wolltet

*Der Konjunktiv II. von mögen ist „möchten“. „Möchten“ ändert sich alerdings im Präteritum in „wollten“.

Position 1	Position 2	Mittelfeld	Satzende
Subjekt	Verb 1	Ergänzung	Verb 2
Die Kinder	durften	gestern Abend mit ihren Freunden ins Kino	gehen.
Die Arbeiter	konnten	wegen des schlechten Wetters nicht	arbeiten.
Viele Schüler	wollten	bei dem schönen Wetter keine Hausaufgaben	machen.

Position 1	Position 2	Mittelfeld	Satzende
------------	------------	------------	----------

Alle Arbeitnehmer	mussten	im vergangenen Monat viele Überstunden	leisten.
Die Ärzte	sollten	sich nach der Operation sofort beim Chefarzt	melden.
Peter	wollte	als kleiner Junge nie zur Schule	gehen.

Übung 9. Setzen Sie die Verben im Präteritum ein:

1. Ich ... in der Kindheit sehr gut Klavier spielen (können). 2. Die Touristen ... unsere Stadt besichtigen (wollen). 3. Du ... mich noch heute morgen anrufen (sollen). 4. Er ... zur Arbeit gehen (müssen). 5. Früher ... ich Kaffee nicht (mögen). 6. Dre Kranke ... nicht mehr rauchen (dürfen). 7. Sie ... den Brief per Luftpost schicken (können). 8. Ihr ... früher aufstehen (müssen). 9. Der Film ... früher beginnen (sollen). 10. Die Besucher ... nich ausgehen (dürfen). 11. Wer ... sich damit beschäftigen (müssen)? 12. Im Sommer ... wir ins Dorf fahren (wollen).

Übung 10. Setzen Sie eine richtige Variante des Modalverbs im Präteritum ein:

1. **Ich ... nicht beten, ich hörte nur mein Herz schlagen.**
a) konnte; b) kann; c) könnte.
2. **Er ... doch immer an die Kleinen denken.**
a) mußte; b) muß; c) müßte.
3. **Ich ... mich aufstützen, aber ich ... es nicht.**
a) wollte; kannte; b) wollte; konnte; c) will, kann.
4. **Alles ... auch Täuschung sein.**
a) kannte; b) konnten; c) konnte.
5. **Aber als sie alle raus waren, ... er die Tränen einfach laufen.**
a) ließ; b) läßt; c) ließt.
6. **Den nächsten Tag, Donnerstag, ... ich frei haben.**
a) sollte; b) soll; c) sollt.
7. **Ich ... nicht mutig angesehen haben, als ich antwortete: „Den Mut der Verzweiflung“.**
a) magte; b) mag; c) mochte.
8. **Als er hinaus gehen ... , rief ihn abermals Murkers Stimme zurück.**

- a) will; b) wollte; c) wolltet.
9. **Wir ... uns gestehen, falsch kalkuliert zu haben.**
a) müßten; b) mußte; c) mußten.
10. **Einen ganzen Berg Brot ... er den Kleinen kaufen.**
a) wollte; b) will; c) wolltet.
11. **Du ... das nicht machen!**
a) durftest; b) darfst; c) durfte.
12. **Er ... es, nach dem Essen auf dem Rücken zu liegen.**
a) mag; b) mochte; c) möchte.
13. **Er steckte eine Zigarette in den Mund, aber ... sie unangezündet.**
a) ließ; b) läßt; c) laßte.
14. **Eigentlich ... man uns dankbar sein.**
a) soll; b) sollte; c) sollten.
15. **... ich das oder nicht, das war für mich schon egal.**
a) darfte; b) durfte; c) dürfte.
16. **Sie sagte: „Sie ... Ihren Urlaub nehmen, Herr Doktor, und das Rauchen besser lassen“.**
a) sollte; b) sollen; c) sollten.
17. **Und ich ... meine Vermittlertätigkeit niederlegen.**
a) konnte; b) kann; c) könnte.
18. **Ich ... das Brot nicht mit ihnen teilen.**
a) will; b) wolltet; c) wollte.
19. **Und wann immer wir das Gespräch über das Wesen der Kunst begannen, ... wir zuerst auf jenes höhere Wesen, das wir verehren, blacken.**
a) müssen; b) mußten; c) mußte.
20. **Du ... , aber ... das nicht.**
a) konntest, wolltest; b) kannst, willst; c) konnte, wollt.

Übung 11. Setzen Sie die Verben im Präteritum ein:

1. Die Mutter ... die Wäsche. Der Junge ... vor Angst (bleichen). 2. Das Auto .. das Kind. Das Kind ... vor dem Auto (erschrecken). 3. Er ... das Bild an die Wand. Die Lampe ... über der Couch (hängen). 4. Die Köchin den Reis. Der Reis ... (quellen). 5. Der Arbeiter ... das Erz. Der Schnee ... im Frühling (schmelzen). 6. Der Wind ... die Segel. Sein verletzter Fuß ... (schwellen). 7. Ich ... den Schlüssel in das Schlüsselloch. Der Schlüssel ... im Schlüsselloch (stecken). 8. Er ... das Licht. Das Licht ... (löschen).

Übung 12. Erzählen Sie den Text im Präteritum nach:

Max hat Geburtstag. Er ruft seine Freunde an und lädt sie ein. Am Nachmittag besuchen sie ihn. Sie steigen die Treppe hinauf und klingeln an die Tür. Seine Mutti macht die Tür auf. Die Freunde begrüßen sie, und sie führt sie ins Zimmer. Dort empfängt Max seine Freunde. Sie gratulieren ihm zum Geburtstag und schenken ihm ein Buch. Er wünscht es schon lange. Alle setzen sich an den Tisch. Auf dem Tisch gibt es viele leckere Gerichte. Alles schmeckt sehr gut. Die Freunde verbringen den Abend sehr lustig. Die Zeit vergeht aber schnell. Schon sehr spät nehmen die Freunde ihre Mäntel, ziehen sich an und verabschieden sich von Max und seiner Mutter. Sie eilen sich nach Hause.

Übung 13. Übersetzen Sie ins Deutsche:

Вчера я встал в 7 часов. Я умылся, оделся, убрал постель и проветрил комнату. Затем я пошел на кухню. Я сел за стол, съел бутерброд с сыром и выпил чашку горячего чая. Без четверти 8 я был уже готов. Я надел пальто и спустился вниз. На работу я пошел пешком. Я работал до половины первого. Затем у меня был перерыв. В перерыв я пообедал. Я закончил работу в 4 часа. Домой я поехал на автобусе, поэтому я рано вернулся домой. Дома я отдохнул, почитал газеты, посмотрел телевизор. Вечером я поужинал и вскоре пошел спать. Так прошел мой день.

Übung 14. Setzen Sie die Verben im Präteritum ein:

1. (Wissen) ... du, dass Petra einen neuen Freund hat? 2. Der Autofahrer (telefonieren) ... während der Fahrt und (machen) ... anschließend einen Unfall. 3. (Können) ... du nicht mehr warten? 4. In den letzten Ferien (fahren) ... wir mit dem Auto nach Italien. 5. Heute Nacht (schlafen) ... ich wie ein Baby. 6. Silke und Anja (dürfen) ... leider nicht auf die Party kommen. 7. Peter (sich benehmen) ... sich gestern sehr schlecht! 8. Die kleine Susi (lieben) ... ihren Teddybären wirklich sehr. 9. Erst vor einer Woche (waschen) ... ich mein Auto. 10. Dirk (glauben) ... mir nicht. 11. Meine Eltern (sich entschließen) ... , nach Italien zu fahren.

Übung 15. Setzen Sie die trennbaren Verben im Präteritum richtig ein:

1. Klaus (einladen) ... seine Freunde zum Geburtstag ... 2. Mein Bruder (ausgeben) ... sein ganzes Geld für Computerspiele ... 3. Er (zurücklaufen) ... schnell in die Schule ... , weil er seine Tasche vergessen hat. 4. Die Lehrerin (sich ausdenken) ... ein neues Spiel ... 5. Du (sich ansehen) ... den neuen Film von Spielberg ... 6. Max (fortfahren) ... am Abend ... 7. Er (aufsetzen) ... den Hut ... 8. Sie (anziehen) ... die Handschuhe ... 9. Wir (zuknöpfen) ... den Mantel ... 10. Ihr (zurückkehren) ... bald in die Heimat ... 11. Sie (hinuntersteigen) ... die Treppe ... 12. Die Leute (einsteigen, aufsteigen) ... auf dem Bahnhof ... und ...

**Übung 16. Übertragen Sie in das Präteritum:
Ein aufregender Tag**

Endlich **ist** es soweit! Ich **fahre** mit Oma nach Österreich in die Ferien! Ich **kann** es kaum erwarten Maria endlich wieder zu sehen. Ich **muss** schon um 6.00 Uhr aufstehen, weil ich den Zug nicht verpassen **will**. Zum Frühstück **bin** ich zu nervös, ich **trinke** nur eine Tasse Kakao. Ich **hoffe**, dass Maria sich noch an mich erinnert! Die Oma **sitzt** schon im Zug und **winkt** mir aus dem Fenster **zu**. Auf der Zugfahrt **spielen** wir Karten und ich **entspanne** mich ein bisschen. Endlich **kommen** wir **an**: Am Bahnsteig **wartet** Maria auf mich. Sie **erkennt** mich sofort. Wie durch ein Wunder **spreche** ich plötzlich fließend Deutsch...

Konrad schreibt am Abend in seinem Tagebuch...

Liebes Tagebuch!

Endlich **war** es soweit! Ich _____

**Übung 17. Ergänzen Sie die fehlenden Präteritumformen!
Der undankbare Sohn**

Nach einem Märchen der Brüder Grimm

Eines Abends ... (sitzen) ein Ehepaar vor der Haustür, weil es Abendbrot ... (essen). Es ... (geben) ein Brathendl. Da ... (sehen) der Mann seinen alten Vater die Straße zu seinem Haus heraufkommen. Er ... (sagen) zu seiner Frau: „Schnell, trag das Hendl ins Haus, sonst isst uns der Alte alles weg!“ Die Frau ... (nehmen) das Brathendl und ... (ver-

stecken) es in der Küche. Dann ... (anbieten) sie ihrem Schwiegervater ein Glas Wasser Der alte Mann ... (trinken) das Wasser und ... (gehen) hungrig nach Hause, wo er alleine und einsam sein Nachtmahl ... (essen). Nun ... (wollen) sein Sohn das Hendl wieder auf den Tisch tragen. Aber als er es ... (angreifen), ... (verwandeln) es sich in eine Kröte. Die ekelige Kröte ... (springen) ihm ins Gesicht und dort sitzt sie bis zum heutigen Tage, weil sie sich von niemanden anfassen lässt. Jedermann kann die ekelhafte „Geiz- Kröte“ nun im Gesicht des gierigen Sohnes sehen.

Übung 18. Setzen Sie die Verben im Präteritum ein:

Der Fuchs und die Trauben (nach Äsop)

An einem Rebstock, der sich an einer hohen Mauer ... (emporrannt), ... (hängen) wundervolle, saftige Trauben. Das ... (sieht) ein hungriger Fuchs, und gierig ... (macht) er sich daran, die Trauben zu erwischen. Ein ums andere Mal ... (springt) er, ... (springt) ganz verzweifelt, so hoch er ... (kann); ja schließlich ... (versucht) er sogar, die Mauer zu erklettern.

Aber alles umsonst - die Trauben ... (hängen) doch zu hoch!

Da ... (sagt) der Fuchs verächtlich: "Diese Trauben sind mir viel zu sauer!", ... (macht) ein hochmütiges Gesicht – und ... (geht) davon.

Übung 19. Setzen Sie die Verben im Präteritum ein:

Ausführlicher Lebenslauf

Am 12.3.1979 ... (werden) ich, Clara Lutz, als Tochter von Hans und Hilde Lutz, geb. Lutz, in Hamburg geboren. Meine Kindheit ... (verbringen) ich in Kassel, wohin meine Familie aus beruflichen Gründen ... (ziehen). Von 1985 bis 1995 ... (besuchen) ich die Realschule 3 in Kassel, die ich mit dem Realschulexamen ... (abschließen). Meine Berufsausbildung ... (beginnen) ich 1996 an der Fachschule für Friseurhandwerk in Kassel. Nach dem Berufsabschluss als Damenfriseurin ... (machen) ich in der Abendschule 1998 das Abitur und ... (nehmen) das Studium der Betriebswirtschaft an der Universität Hagen auf. Im Jahre 2000 ... (unterbrechen) ich mein Studium, um das nächste Jahr als Fremdenführer für das Hessische Reisebüro zu ... (arbeiten). Nebenher ... (absolvieren) ich mehrere berufsbildende Kurse. 2003 ... (nehmen) ich mein Studium wieder auf und ... (schließen) es mit 2006 mit dem Magisterexamen ab. Seit Januar 2007 ... (arbeiten) ich beim Frisiersalon Hannchen in Kassel.

Übung 20. Schreiben Sie im Präteritum:

Vorschläge für schriftliche Arbeiten:

- a) Erzählen Sie Ihr Lieblingsmärchen im Präteritum!
- b) Erzählen Sie ein Märchen, das in Ihrer Heimat sehr berühmt ist, im Präteritum!
- c) Erzählen Sie die Lebensgeschichte Ihres Großvaters oder Ihrer Großmutter im Präteritum!
- d) Schreiben Sie eine Geschichte im Präteritum und verwenden Sie dabei folgende Wörter:

Tante Ingrid – Insel (e) – Auto (s) – schwarz – rot – Urlaub (r)

- e) Erzählen Sie im Präteritum, wie Ihr gestriger Tag verging!

Übung 21. Setzen Sie eine richtige Variante des schwachen oder des starken Verbs ein:

Nach dem Märchen „Der kluge Mann“

- 1. In einem Dorf ... einmal zwei Männer:**
 - a) leben; b) lebte; c) lebten; d) lebt.
- 2. Der eine ... reich und der andere ... arm:**
 - a) war, war; b) wäre, ware; c) hatte, ware; d) wurde, wurde.
- 3. Der reiche Mann ... alles. Der arme jedoch ... nur eine einzige Ganz:**
 - a) habte, habte; b) hat, hat; c) war, hatte; d) hatte, hatte.
- 4. Eines Tages ... dieser arme Mann kein Essen mehr für seine Kinder und ... weder ein noch aus:**
 - a) findet, weiß; b) fand, wusste; c) findete, wusste; d) findete, weißte.
- 5. Er ... lange nach, was wohl zu tun sei:**
 - a) denkt; b) dachte; c) dach; d) dachte.
- 6. Schließlich ... er einen Entschluss:**
 - a) traf; b) trieft; c) trifft; d) trafte.
- 7. Er ... zu seiner Frau: „Wir müssen die Gans braten!“:**
 - a) sagt; b) sagte; c) sag; d) sieg.
- 8. Also ... die Frau die Gans und ... den Tisch:**
 - a) bratte, deckte; b) briet, dachte; c) briet, deckte; d) bratte, deckte.
- 9. Aber sie ... kein Brot. Der Mann ...: „Wie können wir ohne Brot essen? Ich werde die Gans dem Reichen bringen und ihn um Brot bitten“:**
 - a) habten, sagte; b) habt, sieg; c) hatten, sagte; d) hatten, siegen.
- 10. „Gott segne dich!“, ... ihm seine Frau und ... ihm sorgenvoll:**
 - a) antwortet, verabschiedete; b) antwortete, verabschiedete; c) antwortete, verabschiedet; d) antwortete, verabschiedete.

Teil II DAS PERFEKT

Was man über das Perfekt wissen sollte

Das Perfekt, auch **vollendete Gegenwart** genannt, wird in der **gesprochenen Sprache** benutzt, und beschreibt eine abgeschlossene Handlung in der Vergangenheit mit Gegenwartsbezug oder einen erreichten Zustand. Man benutzt das Perfekt ausschließlich im privaten Bereich, wenn man mit **Freunden** oder mit **Familienmitgliedern** über etwas spricht, was vergangen ist. So wird das Perfekt auch in privaten Briefen benutzt, um Familienmitgliedern oder Freunden schriftlich mitzuteilen, was man beispielsweise im Urlaub erlebt hat.

Das Perfekt dient auch zum Ausdrücken gegenüber dem Präsens die Vorzeitigkeit in der Gegenwart. z.B. *Ich habe die Hausaufgaben gemacht und jetzt gehe ich spazieren.*

Das Perfekt besteht aus zwei Teilen, dem Hilfsverb „**haben**“ oder „**sein**“ und dem „**Partizip II**“:

haben/sein + Partizip II = Perfekt

Das Hilfsverb wird konjugiert und zeigt die Person an. Das Partizip II ist unveränderlich und schließt den Satz ab.

Position 1	Verb 1	Mittelfeld	Verb 2
Meine Frau	hat	eine Pizza	gemacht
Die Kinder	haben	heute keine Hausaufgaben	gemacht
Ich	bin	gestern nach Bielefeld	gefahren
Das Kind	ist	am Sonntag schon um 6:30 Uhr	aufgewacht

Bildung des Partizip II

Das Partizip II der schwachen und starken Verben wird auf verschiedene Weise gebildet.

Die schwachen Verben bilden das Partizip II mit dem Präfix **ge-** und dem Suffix **-(e)t**.

ge + Verbalstamm + (e)t

Beispiele: kaufen-kaufte-gekauft; warten-wartete-gewartet.

11. So ... der Mann zum Reichen und ...: „Ich bringe dir eine Gans. Bitte, nimm dieses Geschenk und gib mir Brot. Ich habe kein Essen mehr für meine Kinder“:

a) kam, sagte; b) kommt, sagte; c) kammte, sieg; d) kam, sieg.

12. „Also gut,“ ... der reiche Mann, „du kannst mir die Gans schenken. Aber du sollst sie gerecht teilen, dann gebe ich dir Brot“:

a) erwudert; b) erwidert; c) erwiderte; d) erwidertet.

13. Die Familie des Herrn ... groß. Da ... er und seine Frau, zwei Söhne und zwei Töchter:

a) war, waren; b) wurde, wurden; c) wurde, wurde; d) war, war.

14. Der Mann ... ein Messer und ... , die Gans zu teilen:

a) nahm, beginnt; b) nehmt, beginnt; c) nahm, begann; d) nahm, begann.

15. Zuerst ... er den Kopf ... und ... ihn dem Herrn: „Dies ist für dich, denn du bist der Kopf der Familie“:

16. a) schneidete ab, gab; b) schnitt ab, gab; c) schnitt ab, gibt; d) schneidete ab, gibt.

17. Er ... den Bürzel ... und ... an die Frau: „Du sollst zu Hause sitzen. Das ist für dich“:

a) schnitt ab, richtete sich; b) schneidete ab, richtete sich; c) schnitt ab, roch sich; d) schneidete ab, roch sich.

18. Die Söhne ... zwei Füsse: „Das sind für euch, damit ihr einmal den Weg eures Vaters geht“:

a) erhalteten; b) erhielt; c) erhielt; d) erhielten.

19. Die Töchter ... die Flügel. „Wenn ihr gross seid, werdet ihr aus dem Nest fliegen, also gebe ich euch die Flügel“:

a) bekamen; b) bekommen; c) bekam; d) bekommen.

20. Den Körper der Gans ... der Mann für sich ...:

a) hebte auf; b) hebt auf; c) hobte auf; d) hob auf.

21. Der Herr ... und ... den armen Mann: „Du hast deine Gans gut geteilt. Deshalb gebe ich dir Brot und Geld, und die Gans sollst du auch haben“:

a) lachte, lobtet; b) lachte, lieb; c) lachtet, lobtete; d) lachte, lobte.

Die starke Verben haben im Partizip II das Präfix **ge-** und das Suffix **-en**. Zusätzlich findet häufig ein Vokalwechsel im Wortstamm statt.

ge + Verbalstamm + en

Beispiele: fahren-fuhr-gefahren, sehen-sah-gesehen.

Besonderheiten bei der Bildung des Partizip II:

- In den Verben mit trennbaren Präfixen steht das Präfix **ge-** zwischen dem trennbaren Präfix und dem Wurzel.

Beispiele: mitspielen-mitgespielt, einsteigen-eingestiegen

- Das grammatische Präfix **ge-** fehlt:

a) bei den Verben mit untrennbaren Präfixen.

Beispiele: zerstören-zerstört, verstehen-verstanden.

b) bei den Verben mit dem Suffix **-ieren**.

Beispiele: passieren-passiert, studieren-studiert.

Das Perfekt mit Modalverben

Das Perfekt der Modalverben wird in der Praxis nur selten benutzt. In der Regel wird das **Präteritum** benutzt. Die Modalverben als **Vollverb** bilden das Perfekt wie folgt:

haben + Partizip II

Infinitiv	Partizip II	Position 1	Hilfsverb	Mittelfeld	Partizip II
dürfen	gedurft	Das	hast	du nicht	gedurft.
können	gekonnt	Alle Schüler	haben	die Rechenaufgaben	gekonnt.
mögen	gemocht	Herrn Murx	haben	die Schüler nicht	gemocht.
müssen	gemusst	Klaus	hat	in jeder Pause auf die Toilette	gemusst.
sollen	*				
wollen	gewollt	Das	habe	ich nicht	gewollt.

*Diese Form existiert nicht.

Das Perfekt der Modalverben mit einem zusätzlichen **Vollverb** wird wie folgt gebildet:

haben + Infinitiv Vollverb + Infinitiv Modalverb

Infinitiv	Position 1	Hilfsverb	Mittelfeld	Partizip II
dürfen	Das	hast	du nicht	machen dürfen
können	Alle Schüler	haben	die Rechenaufgaben	lösen können
mögen	Viele Schüler	haben	nicht zur Schule	gehen mögen
müssen	Klaus	hat	auch schmutzige Arbeiten	machen müssen
sollen	Wir	haben	das Zimmer	aufräumen sollen
wollen	Das	habe	ich nicht	machen wollen

Übung 22. Bilden Sie drei Grundformen von den Verben:

- a) tanzen, kochen, sagen, zahlen, fragen, bauen, stellen, führen, grüßen, arbeiten, baden, öffnen;
- b) treiben, backen, fliegen, bieten, essen, laufen, fallen, ziehen, nehmen, schneiden, gehen, fahren;
- c) kennen, nennen, brennen, bringen, denken, senden, wenden;
- d) müssen, dürfen, können, mögen, sollen, wollen, wissen;
- e) sein, haben, werden, tun, gehen, stehen.

Übung 23. Bilden Sie das Partizip II von den folgenden Verben:

- a) erzählen, erklären, beantworten, entwerfen, empfehlen, verschwinden;
- b) diskutieren, marschieren, reparieren, demonstrieren, komponieren, deklinieren;
- c) anbauen, darstellen, fernsehen, zuhören, aufstehen;
- d) frühstücken, kennzeichnen, handhaben, vollenden.

Übung 24. Nennen Sie den Infinitiv von den folgenden Partizipien:

hingewiesen, zurückgekehrt, studiert, überwinden, geschnitten, demonstriert, angewandt, festgestellt, erschienen, zerrissen, begriffen, durchdacht, angeboten, getan, gebrochen, gebracht, gebraucht, vergangen, ausgebildet, verglichen, unternommen.

Übung 25. Setzen Sie das Partizip Perfekt in der richtigen Form ein:

Übung 26. Setzen Sie das Partizip Perfekt in der richtigen Form ein:

1. Im Park haben sie viele neue Bäume (anpflanzen) ... 2. Endlich hat man einen neuen Busbahnhof (anlegen) ... 3. Wir haben unser Haus (ausbauen) ... 4. Für diese Dateien habe ich ein neues Verzeichnis (einrichten) ... 5. Ich habe die Beziehung zu Klaus (abbrechen) ... 6. Hast du dir schon ein neues Auto (anschaffen) ... ? 7. Die Schule hat einen „Tag der offenen Tür“ (veranstalten) ... 8. Dass Fritz auch mitkommt, habe ich aber nicht (einplanen) ... 9. Hat man den neuen Stadtplan schon (herausgeben) ... ? 10. Schau mal, ich habe mein Fahrrad grün (anstreichen) ... 11. Warum hast du das nicht (verhindern) ... ? 12. Man hat den Luftverschmutzer (feststellen) ...

Übung 27. Übersetzen Sie ins Deutsche, beachten Sie die Zeitformen:

1. Я не могу ответить на вопрос. Я не понял тему. 2. Я благодарю друга. Он помог мне в работе. 3. Он не может писать тест. Он к нему не подготовился. 4. Я очень доволен. Я написал контрольную работу без ошибок. 5. Девушка очень радуется. Ее друг позвонил ей. 6. Посетители поздравляют художника. Его картины оказали на них глубокое впечатление.

Übung 28. Gebrauchen Sie die in Klammern stehenden Verben im Perfekt:

1. Der Kranke stand schon auf (dürfen). 2. Ohne Führerschein fuhrt du Auto nicht (dürfen). 3. Wir lernten dieses Gedicht auswendig (müssen). 4. Ich grüßte dich von ihm (sollen). 5. Wir fuhren in den Ferien ans Meer (wollen). 6. Man arbeitete an der Fremdsprache täglich (müssen). 7. Mein Freund besuchte den Zahnarzt regelmäßig (sollen). 8. Diese Zeitschriften las man nur im Lesesaal (dürfen). 9. Ohne Fachwörterbuch übersetzten wir diesen Text (können). 10. Sie redete mit ihrer Mutter über alles (mögen).

Die Hilfsverben „haben“ und „sein“

Die Hilfsverben „haben“ und „sein“ werden wie die Vollverben **haben** und **sein** konjugiert.

Das Perfekt mit dem Hilfsverb „haben“ bilden:

1) alle Verben mit **Akkusativ-Ergänzung:**

- Er liebt mich noch heute. – Damals **habe** ich ihn auch **geliebt**.

- Hein gibt täglich sehr viel Geld aus. – Hein **hat** täglich sehr viel

Geld **ausgegeben**.

2) alle **reflexive Verben:**

- Er wäscht sich selten. Heute **hat** er sich auch noch nicht **ge-**

waschen.

- Du erkältest dich noch. Siehst du, du **hast** dich schon **erkältet**.

3) Alle **Modalverben** als Vollverb (ihr Gebrauch ist aber selten!):

- Das **habe** ich nicht **gewollt**. – Die Arbeit **hat** er nicht **machen**

wollen.

- Der Schüler **hat** die Aufgabe nicht **gekonnt**. – Der Schüler **hat**

es nicht **machen können**.

4) alle **unpersönliche Verben:**

- Heute regnet es zum Glück nicht. – Gestern **hat** es den ganzen

Tag **geregnet**.

- Es hat geschneit.

5) **die meisten anderen Verben:**

- Mein Nachbar hilft mir nicht. – Aber ich **habe** ihm immer **ge-**

holfen.

- Gibst du mir ein Bonbon ab? – Ich **habe** dir gestern auch eins

abgegeben.

Das Perfekt mit dem Hilfsverb „sein“ bilden:

- alle Verben der **Ortsveränderung:**

Infinitiv	Position 1	Verb 1	Mittelfeld	Verb 2
gehen	Mein Kollege	ist	heute früher nach Hause	gegangen.
an kom men	Unser Zug	ist	heute mal wieder zu spät	angekommen.
fahren	Gestern	sind	wir mit dem Fahrrad nach Ulm	gefahren.

- alle Verben der **Zustandsänderung**:

Infinitiv	Position 1	Verb 1	Mittelfeld	Verb 2
aufstehen	Ich	bin	heute Morgen sehr früh	aufgestanden.
aufwachsen	Meine Frau	ist	in einem kleinen Dorf bei Ulm	aufgewachsen.
einschlafen	Endlich	ist	das kranke Kind wieder	eingeschlafen.
sterben	Ihr Mann	ist	schon mit 43 Jahren	gestorben.
wachsen	Was	sind	deine Kinder schon	gewachsen.

- folgende Verben:

Infinitiv	Position 1	Verb 1	Mittelfeld	Verb 2
bleiben	Mein Freund	ist	gestern sehr lang bei uns	geblieben.
gelingen	Mir	ist	endlich mein Experiment	gelingen.
geschehen	Was	ist	gestern eigentlich auf der Party	geschehen?
passieren	Gestern	ist	etwas Schreckliches	passiert.
sein		Seid	ihr auch schon mal in der Schweiz	gewesen?
werden	Das Kind	ist	heute 8 Jahre alt	geworden.

Übung 29. Setzen Sie das passende Hilfsverb haben oder sein ein:

1. Die Gäste ... schon gekommen. 2. Ich ... gestern meiner Freundin begegnet. 3. Ich ... dich schon lange nicht gesehen. 4. Endlich ... er Deutschlehrer geworden. 5. ... Sie diese Arbeit schon gemacht? 6. In welchem Jahr ... Ihre Familie nach Deutschland gefahren? 7. Der Fremde ... in die Wohnung eingetreten. 8. Zwei Jahre ... dein Vater in diesem Werk gearbeitet. 9. Wann ... ihr in Dresden angekommen? 10. Wir ... in diesem Haus fünf Jahre gewohnt. 11. Du ... sehr gut auf meine Frage geantwortet. 12. Was ... geschehen? 13. Mein Bekannter ... an dieser Hochschule studiert. 14. Wir ... unsere Verwandten schon lange nicht besucht. 15. Sie ... lange in Bonn gelebt.

Übung 30. Setzen Sie die Hilfsverben („sein“ oder „haben“) in der richtigen Form ein:

1. ... du gewusst, dass Petra einen neuen Freund hat? 2. Der Autofahrer ... während der Fahrt telefoniert und anschließend ... er einen Unfall gemacht. 3. ... du gestern im Kino gewesen? 4. In den letzten Ferien ... wir mit dem Auto nach Italien gefahren. 5. Heute Nacht ... ich wie ein Baby geschlafen. 6. Silke und Anja ... leider nicht bei der Party gewesen. 7. Peter ... sich gestern sehr schlecht benommen! 8. Die kleine Susi ... ihren Teddybären wirklich sehr geliebt. 9. Erst vor einer Woche ... ich mein Auto gewaschen. 10. Dirk ... mir nicht geglaubt. 11. Meine Eltern ... sich entschieden, nach Italien zu fahren.

Übung 31. Sagen Sie die Sätze im Perfekt:

1. Er erzählt uns viel von seiner Arbeit. 2. Wir übersetzen diesen Text mit dem Wörterbuch. 3. Sie liest einen interessanten Roman. 4. Mein Bruder kommt sehr spät nach Hause. 5. Die Schüler schreiben viele Diktate. 6. Nach dem Unterricht bleibt er im Institut. 7. Ich stehe um 7 Uhr auf und gehe in den Laden. 8. Die Stadt gefällt mir sehr. 9. Er ist immer zu Hause. 10. Meine Freundin richtet ihre Wohnung modern ein. 11. Ich danke den Gästen für das Geschenk. 12. Die Fahrgäste steigen in den Wagen ein. 13. Im Sommer erholt sich unsere Familie im Dorf. 14. Er lernt ein hübsches Mädchen kennen. 15. Sie lädt mich zu ihrem Geburtstag ein.

Übung 32. Setzen Sie die Verben im Perfekt ein:

1. Er (zurücklaufen) ... schnell in die Schule ... , weil er seine Tasche vergessen hat. 2. Franz (abfliegen) ... vor einer Stunde nach Madrid 3. Erich (mitteilen) ... mir nicht ... , dass ihr heute (ankommen) 4. Klaus (einladen) ... seine Freunde zum Geburtstag 5. Mein Bruder (ausgeben) ... sein ganzes Geld für Computerspiele 6. Die Lehrerin (sich ausdenken) ... ein neues Spiel 7. Du (sich ansehen) ... den neuen Film von Spielberg

Übung 33. Übersetzen Sie ins Deutsche:

1. Ты видел этот фильм? 2. Он еще не пришел. 3. Опыт мне опять не удался. 4. Он хорошо сдал все экзамены. 5. Я принес тебе кассету. 6. Эта книга мне очень понравилась. 7. Вчера я заснул очень поздно. 8. Мой брат уехал домой. 9. Он стал переводчиком. 10. Ты все сделал правильно. 11. Он всегда помогал мне, поэтому я смог закончить учебу. 12. Мы опоздали, поэтому мы не поняли

смысла дискуссии. 13. Кто сделал это упражнение иначе? 14. Куда он так быстро побежал? 15. Ты ничего сегодня не ел. 16. Я замечательно провел свой отпуск в Москве. 17. Наша семья получила недавно новую квартиру. 18. Ты был вчера в кино? 19. Один из моих друзей проводил меня в аэропорт. 20. Вчера отсутствовали два студента.

Übung 34. Schreiben: Stellen Sie eine Situation im Perfekt zusammen:

a) heute, gut schlafen, früh aufstehen, wecken, das Radio einschalten, das Bett machen, ins Badezimmer gehen, sich kalt wachen, sich rasieren, frühstücken, aus dem Hause gehen, in den Bus einsteigen, bis zur Haltestelle zu Fuß gehen;

b) das Wochenende verbringen, sich gut erholen, dem Freund begegnen, einladen, zu Besuch gehen, sich unterhalten, am Nachmittag, sich einen deutschen Film ansehen, zu Hause spät sein, sich verabreden, sich treffen, gefallen.

**Teil III
DAS PLUSQUAMPERFEKT**

Was man über das Plusquamperfekt wissen sollte

Das Plusquamperfekt, auch die **Vorvergangenheit** genannt, ist das Tempus der **Vorzeitigkeit** gegenüber dem Präteritum und dem Perfekt. Es gibt die Vergangenheit wieder, die **vor dem Präteritum/Perfekt geschehen war** und die für die Handlung im Präteritum/Perfekt wichtig ist. Deshalb heißt sie auch Vorvergangenheit.

Die Bildung des Plusquamperfekts

Das Plusquamperfekt ist so wie das Perfekt eine zusammengesetzte Zeitform der Vergangenheit. Es wird mit dem Hilfsverb *haben* oder *sein* im Präteritum und dem Partizip II des Vollverbs gebildet:

Präteritum von haben/sein + Partizip II des Vollverbs

Der Gebrauch der Hilfsverben „haben“ oder „sein“ im Plusquamperfekt fällt mit dem Perfekt zusammen.

Konjugation der Verben im Plusquamperfekt

Person	schreiben	fahren
ich	hatte geschrieben	war gefahren
du	hattest geschrieben	warst gefahren
er/sie/es	hatte geschrieben	war gefahren
wir	hatten geschrieben	waren gefahren
ihr	hattet geschrieben	wart gefahren
sie/Sie	hatten geschrieben	waren gefahren

Anwendungsbeispiele.

Das Plusquamperfekt wird besonders oft in den Temporalsätzen mit den Konjunktionen *nachdem* und *als* gebraucht. Es wird generell nicht als eine einzelne Aussage verwendet. Die Vorzeitigkeit, die das Plusquamperfekt ausdrückt, wird immer im Bezug zu einer Aussage im Präteritum bzw. dem Perfekt gestellt. Es kann zu folgenden Kombinationen kommen:

- Plusquamperfekt im Hauptsatz:

Hauptsatz in der Vergangenheit	Hauptsatz mit Plusquamperfekt			
	Pos. 1	Verb 1	Mittelfeld	Verb 2
Ihm war schlecht.	Er	hatte	zuvor 8 Grillwürstchen	gegessen.
Karl hatte einen Unfall.	Zuvor	hatte	er sehr viel Alkohol	getrunken.

- Plusquamperfekt im Nebensatz:

Nebensatz mit Plusquamperfekt				Hauptsatz
Konj	Subjekt	Mittelfeld	Verben	
Nachdem	Tom	die Wahrheit	erfahren hatte,	reichte er die Scheidung ein
Nachdem	die Dinosaurier		ausgestorben waren,	eroberten die Säugetiere den Planeten

- Plusquamperfekt mit Modalverb:

Position 1	Verb 1	Mittelfeld	Verben 2
Das Schulkind	hatte	seine Hausaufgaben nicht	machen wollen
Der Mechaniker	hatte	das Auto nicht	reparieren können

Übung 35. Bilden Sie Sätze nach dem Muster:

Muster: War Monika zu Hause, als die Mutter zurückkehrte? (zu ihrer Freundin gehen) – *Nein, als die Mutter zurückkehrte, war Monika zu ihrer Freundin gegangen.*

1. Warst du in der Klasse, als der Lehrer kam? (in den Hof laufen).
2. Waren die Touristen schon im Bus, als der Fremdenführer kam? (aus dem Bus aussteigen).
3. Waren Sie da, als die Diskussion begann? (sich verabschieden schon).
4. Wart ihr im Labor, als es läutete? (von der Pause nicht kommen).
5. War der Zug noch da, als ihr auf den Bahnsteig kam? (schon abfahren).
6. Blist du noch in der Versammlung, als Paul seine Rede hielt? (sich schlecht fühlen, nach Hause gehen).

Übung 36. Gebrauchen Sie die in den Klammern stehenden Verben in richtiger Form ein. Drücken Sie die Vorzeitigkeit aus:

1. Der Freund (empfehlen) mir Romane Lion Feuchtwanger und ich (lesen) sie gern. 2. Es (schneien) gestern stark und am Morgen (liegen) auf dem Boden viel Schnee. 3. Als ich ihn (anrufen), (weggehen) er schon. 4. Die Schüler (ablegen) die Prüfungen und (machen) eine Klassenfahrt an den See. 5. Herr Schuster (kommen) nach Moskau nur für einen Tag und (können) uns nicht besuchen. 6. Nachdem ich sein Telegramm (erhalten), (werden) ich ruhig. 7. Wir (reservieren) ein Doppelzimmer für Montag, aber (kommen) erst am Dienstag. 8. Der Vater (fliegen) nach Deutschland auf Dienstreise für eine Woche, aber (bleiben) dort fast einen Monat. 9. Es (werden) dunkel draußen und Heidi (anmachen) das Licht. 10. Als wir in den Saal (kommen), (anfangen) der Film schon. 11. Der Arzt (verschreiben) mir eine Arznei, am nächsten Tag (gehen) ich in die Apotheke. 12. Fräulein Jeme (kaufen) sich ein schönes Kleid und (anziehen) es zu ihrem Geburtstag. 13. Die Eltern (bringen) den Kindern einen Tannenbaum und sie (schmücken) ihn am 31. Dezember. 14. In unserer Stadt (ankommen) ein Zirkus und alle Einwohner (sich ansehen) gern seine Vorstellungen.

Übung 37. Übersetzen Sie ins Deutsche, beachten Sie die Zeitformen:

1. После того как он окончил школу, прошло много лет. 2. Мы сдали экзамены и поехали потом на природу. 3. Когда Анна вернулась домой, мама еще не пришла с работы. 4. Я не пошел со всеми в кино – я уже видел этот фильм раньше. 5. В июле наша семья отдыхала на Черном море, осенью мы все вспоминали это время. 6. Моя мама испекла вкусный пирог, мы все его ели с удовольствием. 7. Учитель объяснил правило, дома мы прочитали его еще раз в учебнике. 8. Я не узнал Катю, я ее давно не видел. 9. Стемнело, и на улицах зажгли свет. 10. Мы прибежали на вокзал, но поезд уже ушел. 11. Прозвенел звонок, и ученики выбежали в коридор. 12. Я не смог сделать домашнее задание и получил на уроке плохую оценку. 13. У меня был в Германии друг по переписке, но он меня потом забыл. 14. Туристы долго гуляли по городу, потом они поздно вернулись в гостиницу. 15. Прошел сильный дождь: улицы, дома и деревья стали мокрыми.

Liste der starken Verben

bleiben – blieb – geblieben leihen – lieh – geliehen meiden – mied – gemieden preisen – pries – gepriesen scheiden – schied – geschieden scheinen – schien – geschienen schreiben – schrieb – geschrieben schreien – schrie – geschrien schweigen – schwieg – geschwiegen steigen – stieg – gestiegen treiben – trieb – getrieben verzeihen – verzieh – verziehen weisen – wies – gewiesen beißen – biss – gebissen gleichen – glich – geglichen gleiten – glitt – geglitten greifen – griff – gegriffen leiden – litt – gelitten pfeifen – pfiff – gepfiffen reiten – ritt – geritten schneiden – schnitt – geschnitten schreiten – schritt – geschritten streichen – strich – gestrichen streiten – stritt – gestritten	bewegen – bewog – bewogen fechten – focht – gefochten heben – hob – gehoben quellen – quoll – gequollen schmelzen – schmolz – geschmolzen biegen – bog – gebogen bieten – bot – geboten fliegen – flog – geflogen fließen – floss – geflossen frieren – fror – gefroren genießen – genoss – genossen gießen – goss – gegossen riechen – roch – gerochen kriechen – kroch – gekrochen schieben – schob – geschoben schließen – schloss – geschlossen verlieren – verlor – verloren wiegen – wog – gewogen ziehen – zog – gezogen lügen – log – gelogen
backen – buk – gebacken fahren – fuhr – gefahren laden – lud – geladen schaffen – schuf – geschaffen schlagen – schlug – geschlagen tragen – trug – getragen wachsen – wuchs – gewachsen waschen – wusch – gewaschen braten – brät – gebraten fallen – fiel – gefallen halten – hielt – gehalten lassen – ließ – gelassen raten – riet – geraten schlafen – schlief – geschlafen laufen – lief – gelaufen fangen – fing – gefangen	essen – aß – gegessen fressen – fraß – gefressen geben – gab – gegeben genesen – genas – genesen geschehen – geschah – geschehen lesen – las – gelesen messen – maß – gemessen sehen – sah – gesehen treten – trat – getreten vergessen – vergaß – vergessen gehen – ging – gegangen heißen – hieß – geheißen rufen – rief – gerufen kommen – kam – gekommen

befehlen – befahl – befohlen brechen – brach – gebrochen empfehlen – empfahl – empfohlen erschrecken – erschreck – erschrocken helfen – half – geholfen nehmen – nahm – genommen sprechen – sprach – gesprochen stechen – stach – gestochen stehlen – stahl – gestohlen sterben – starb – gestorben verderben – verdarb – verdorben werben – warb – geworben werfen – warf – geworfen gewinnen – gewann – gewonnen schwimmen – schwamm – geschwommen	binden – band – gebunden finden – fand – gefunden gelingen – gelang – gelungen klingen – klang – geklungen ringen – rang – gerungen schlingen – schlang – geschlungen singen – sang – gesungen sinken – sank – gesunken springen – sprang – gesprungen trinken – trank – getrunken zwingen – zwang – gezwungen dringen – drang – gedrungen
--	---

LITERATURVERZEICHNIS

1. Паремская, Д. А. Практическая грамматика (немецкий язык) : учеб. пособие / Д. А. Паремская. – 3-е изд. – Мн. : Высш. шк., 2004. – 350 с.
2. Шекасюк, Б. П. Практическая грамматика немецкого языка для студентов-германистов и переводчиков. Ч. 1: Морфология : учебник. – М. : ЛИБРОКОМ, 2010. – 296 с.
3. Марфинская, М. И. Грамматика немецкого языка / М. И. Марфинская, Н. И. Монахова. – М. : Юристъ, 2001. – 70 с.
4. Dreyer. Lehr- und Übungsbuch der deutschen Grammatik / Dreyer, Schmitt. – Max Hueber Verlag, 2002. – 370 с.

Учебное издание

DIE ZEITFORMEN DER VERGANGENHEIT

Методические указания

Составитель
Таджибова Аксана Наруллаховна

Корректор Д.В. Вейраух
Верстка А.А. Лашмановой
Технический редактор В.В. Чечевина

Подписано в печать 23.12.2010 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,8. Уч.-изд. л. 1,1. Тираж 100. Заказ № 136.

Оригинал-макет подготовлен в редакционно-издательском отделе
издательского центра СурГУ.
Тел. (3462) 23-25-75.

Отпечатано в полиграфическом отделе
издательского центра СурГУ.
г. Сургут, ул. Лермонтова, 5. Тел. (3462) 32-33-06.

ГОУ ВПО «Сургутский государственный университет ХМАО – Югры»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1.
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29.



**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Сургутский государственный университет
Ханты-Мансийского автономного округа–Югры»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по организации самостоятельной работы аспирантов**

Рекомендовано методической комиссией
для аспирантов
направления подготовки 06.06.01 «Биологические науки»

Сургут, 2015

УДК 378.2(072)
ББК 74.58я73
М545

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы аспирантов [Электронный ресурс] : учебно-метод. рекомендации / В. П. Стариков ; СурГУ, 2015. – 28 с.

Рецензент: д.б.н., профессор Л. Ф. Шепелева

Настоящие методические рекомендации являются обязательными для аспирантов Сургутского государственного университета направления подготовки 06.06.01 «Биологические науки».

В рекомендации включены основные требования по выполнению самостоятельной работы: докладов, рефератов, презентаций, контрольных работ.

Оглавление

Пояснительная записка.....	5
Введение.....	5
1. Методические рекомендации по работе с литературой.....	9
2. Методические рекомендации по составлению конспекта.....	10
3. Общие положения и рекомендации по подготовке материалов самостоятельных работ.....	11
3.1 Доклад.....	11
3.1.1 Структура доклада.....	12
3.1.2 Оформление печатного варианта доклада.....	13
3.2 Реферат.....	14
3.2.1 Структура реферата.....	15
3.2.2 Порядок работы при написании реферата.....	15
3.3 Презентация в Microsoft PowerPoint.....	17
3.3.1 Структура презентации.....	17
3.3.2 Рекомендации по оформлению презентаций в Microsoft PowerPoint	18
3.3.3 Порядок и принципы выполнения компьютерной презентации.....	18
3.4 Контрольная работа.....	19
3.4.1 Структура контрольной работы.....	20
3.4.2 Порядок выполнения контрольной работы.....	21
Список литературы.....	23

Приложение 1. Образец титульного листа реферата.....	25
Приложение 2. Образец титульного листа контрольной работы.....	26
Приложение 4. Образец оформления библиографического описания использованных источников.....	27

Пояснительная записка

Методические рекомендации по выполнению внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов предназначены для аспирантов направления подготовки 06.06.01 «Биологические науки».

Настоящие методические рекомендации содержат работы, которые позволят аспирантам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, опытом творческой и исследовательской деятельности, профессиональными умениями и навыками в рамках отрасли «Биологические науки».

Введение

Конкурентоспособным на современном рынке труда может стать только квалифицированный работник соответствующего уровня и профиля, компетентный, свободно владеющей своей профессией и ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов и готовый к постоянному профессиональному росту. Это в равной степени относится к изменению содержания и характера учебного процесса. В современных условиях задача преподавателя высшей школы заключается в организации и направлении познавательной деятельности аспирантов, эффективность которой во многом зависит от их самостоятельной работы.

Целью данных методических рекомендаций является организация, управление и обеспечение эффективности самостоятельной работы аспирантов в процессе обучения.

В современной науке существуют **виды самостоятельной работы аспирантов.**

Репродуктивная – повторение учебного материала, самостоятельный просмотр, прочтение, конспектирование учебной литературы; прослушивание, запоминание, заучивание и пересказ магнитофонных записей лекций, Интернет-ресурсы и др.

Познавательно-поисковая – написание контрольных работ и рефератов. Разработка сообщений, эссе, докладов, докладов с презентациями. Подготовка выступлений на практических и

семинарских занятиях, проработка литературы по дисциплинарным проблемам и др.

Творческая – подготовка научных статей, рефератов, участие в научно-исследовательской работе, в конференциях различного уровня.

Аспиранты в ходе выполнения самостоятельной работы должны руководствоваться ориентировочной основой деятельности на каждом этапе:

- 1) определить цель самостоятельной работы;
- 2) конкретизировать познавательные (практические или проблемные) задачи;
- 3) оценить собственную готовность к самостоятельной работе по решению познавательных задач;
- 4) выбрать оптимальный способ действий (технологии, методы и средства), ведущий к достижению поставленной цели через решение конкретных задач;
- 5) спланировать (самостоятельно или с помощью преподавателя) программу самостоятельной работы;
- 6) реализовать программу самостоятельной работы.

Преподаватель заранее планирует систему самостоятельной работы, учитывает все ее цели, формы, отбирает учебную и научную информацию и методические средства коммуникаций, продумывает свое участие и роль аспиранта в этом процессе.

Вопросы для самостоятельной работы аспирантов, указанные в рабочих программах дисциплин, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Аспиранты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Содержание деятельности преподавателя и аспиранта при выполнении самостоятельной работы представлено в табл. 1.

Таблица 1

Содержание деятельности при выполнении самостоятельной работы

Основные характеристики	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
Цель выполнения самостоятельной	● объяснить смысл и цель самостоятельной	● понять и принять цель

работы	<p>работы;</p> <ul style="list-style-type: none"> ● дать подробный инструктаж о требованиях, предъявляемых к самостоятельной работе и методах ее выполнения; ● продемонстрировать образец самостоятельной работы 	<p>самостоятельной работы как лично значимую;</p> <ul style="list-style-type: none"> ● познакомиться с требованиями и образцами самостоятельной работы
Мотивация	<ul style="list-style-type: none"> ● раскрыть теоретическую и практическую значимость самостоятельной работы, ● сформировать познавательную потребность аспиранта и готовность к выполнению самостоятельной работы; ● мотивировать аспиранта на достижение цели 	<ul style="list-style-type: none"> ● сформировать у себя познавательную потребность в выполнении самостоятельной работы; ● сформировать целевую установку и принять решение о выполнении самостоятельной работы
Управление	<ul style="list-style-type: none"> ● осуществлять управление через воздействие на каждом этапе процесса выполнения самостоятельной работы; ● дать оптимальные технологии выполнения самостоятельной работы 	<p>самому осуществлять управление самостоятельной работой (проектировать, планировать, рационально распределять время и т.д.) на основе предложенных технологий</p>
Контроль и коррекция выполнения	<ul style="list-style-type: none"> ● осуществлять входной контроль, предполагающий выявление начального уровня готовности аспиранта к выполнению самостоятельной работы; ● намечать 	<ul style="list-style-type: none"> ● осуществлять текущий и итоговый операционный самоконтроль за ходом выполнения самостоятельной работы; ● самоанализ и

	<p>дальнейшие пути выполнения самостоятельной работы;</p> <ul style="list-style-type: none"> ● осуществлять итоговый контроль конечного результата выполнения самостоятельной работы 	<p>исправление допущенных ошибок и внесение корректив в работу;</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ведение поиска оптимальных способов выполнения самостоятельной работы; ● осуществлять рефлексию к собственной деятельности
Оценка	<ul style="list-style-type: none"> ● давать оценку самостоятельной работе на основе сличения результата с образцом; ● давать методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы, выявлять затруднения и типичные ошибки; подчеркивать положительные и отрицательные стороны; ● устанавливать уровень и определять уровень продвижения студента и тем самым сформировать у него мотивацию достижения успеха в учебной деятельности 	<p>дать оценку собственной работе, своим познавательным возможностям и способностям, сопоставляя достигнутый результат с целью самостоятельной работы</p>

1. Методические рекомендации по работе с литературой

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой ко всем занятиям: семинарским, практическим, при подготовке к зачетам, экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Основные методы работы с литературой:

- 1) метод повторения - прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются;
- 2) метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно провести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей. Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План – первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющий последовательность изложения материала.

План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в следующем.

Во-первых, план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения.

Во-вторых, план позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.

В-третьих, план позволяет при последующем возвращении к нему – быстрее обычного вспомнить прочитанное.

В-четвертых, с помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т.д.

Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме.

Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. *Во-первых*, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. *Во-вторых*, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. *В-третьих*, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т.е. без использования прямого цитирования.

Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация.

Резюме – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего, выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются.

Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему.

2. Методические рекомендации по составлению конспекта

Внимательно прочитайте текст, уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести

справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного.

3. Общие положения и рекомендации по подготовке материалов самостоятельных работ

3.1. Доклад

Доклад – это развернутое устное сообщение, посвященное заданной теме, сделанное публично, в присутствии слушателей. Основным содержанием доклада может быть описание состояния дел в какой-либо научной или практической сфере; авторский взгляд на ситуацию или проблему, анализ и возможные пути решения проблемы.

Темами доклада обычно являются вопросы, не освещенные в полной мере или вообще не рассматриваемые на лекциях, предполагающие самостоятельное изучение аспирантами. Обычно аспиранты выступают с докладами на семинарских занятиях или конференциях, по результатам которых публикуется сборник тезисов докладов.

Доклад изначально планируется как устное выступление и должен соответствовать определенным критериям: хорошо восприниматься на слух, а значит должно быть интересно поданным для аудитории. Для представления устного доклада необходимо составить *тезисы* – опорные моменты выступления аспиранта (обоснование актуальности, описание сути работы, основные термины и понятия, выводы), ключевые слова, которые помогут логичнее изложить тему. Аспирант во время выступления может опираться на пояснительные материалы, представленные в виде

слайдов, таблиц и пр. Это поможет ему ярко и четко изложить материал, а слушателям наглядно представить и полнее понять проблему, о которой идет речь в докладе.

Тезисы докладов являются самостоятельной разновидностью научной публикации и представляют собой текст небольшого объема, в котором кратко сформулированы основные положения доклада. Тезисы доклада обычно имеют объем до 3 страниц, содержат в себе самые существенные идеи, сохраняют логику доклада и его основное содержание.

3.1.1. Структура доклада

Структура доклада традиционно состоит из трех разделов: введения, основной части и заключения.

Во введении необходимо указать тему и цель доклада, определить проблему и ввести основные понятия и термины доклада, а также обозначить тематические разделы доклада и наметить методы решения представленной в докладе проблемы и моделировать ожидаемые результаты.

Основная часть доклада представляет последовательное раскрытие тематических разделов работы в целях решения выше обозначенной проблемы.

В заключении аспирант приводит основные результаты и собственные суждения по поводу возможных путей решения рассмотренной проблемы, которые оформляет в виде рекомендаций.

Текст доклада должен составлять 4-5 машинописных листа. Данный объем текста обеспечит выступление аспиранта в течение 7-10 минут в соответствии с регламентом. Следовательно, необходимо тщательно отбирать материал для доклада, не перегружая его лишней информацией. Очень важно уложиться в отведенное для доклада время: если вас прервут на середине доклада, то вы не сможете сообщить самого главного – результатов вашей самостоятельной работы, что отрицательно отразится на качестве выступления и существенно снизит оценку.

Конспект доклада должен кратко отражать главные моменты из введения, основной части и заключения. Во время подготовки конспекта следует подобрать и необходимый иллюстративный материал, сопровождающий доклад (основные тезисы, формулы, схемы, таблицы, графики и диаграммы, фотографии и т.п.).

3.1.2. Оформление печатного варианта доклада

Текст доклада набирается в текстовом процессоре Microsoft Word версий 97-2010 и распечатывается на компьютере на одной стороне листа бумаги формата А4 (210 × 297мм).

Основной текст: шрифт Times New Roman– 14 пт, без переноса слов, абзацный отступ («красная строка») – 1,25 см, выравнивание – по ширине страницы, межстрочный интервал – полуторный.

Поля: слева – 3 см, сверху – 2 см, справа – 2 см, внизу – 2 см.

Заголовки первого уровня (главы): обозначают римскими цифрами, и набирают заглавными буквами, по центру, без отступа и точки на конце; шрифт 18, полужирный.

Заголовки второго уровня (параграфы): выравнивают по центру, без отступа, обозначают арабскими цифрами, без точки, с заглавной буквы, далее строчными буквами; шрифт 16, полужирный.

Между заголовками и текстом, между заголовком и заголовком другого порядка – пропускается одна строка.

Все страницы нумеруют, начиная с титульного листа (на титульном листе номер не ставится). В общем объеме титульный лист учитывается под номером «1», таким образом, первый напечатанный номер (номер «2») будет на листе с оглавлением. Цифру, обозначающую порядковый номер листа, ставят в нижнем правом углу.

Каждую главу начинают с новой страницы. Параграфы следуют друг за другом без разрыва страниц.

Для выделения в тексте отдельных слов или мест допустимо применять подчеркивание, курсив, разрядку или набор прописными буквами.

Таблицы, рисунки, графики, фотографии как в тексте, так и в приложении выполняются на стандартных листах (формат А4).

Все сноски и подстрочные примечания набирают через один интервал.

Все иллюстрации (фотографии, схемы, диаграммы) именуется рисунками и нумеруются сквозным образом через всю работу. Каждую иллюстрацию снабжают подрисовочной надписью, следующей сразу же после номера. Подпись под иллюстрацией

пишут с прописной буквы в одну строку. В конце подписи точку не ставят.

Рисунки должны размещаться сразу после первого упоминания о них в контексте работы. Нумерация рисунков размещается ниже самого рисунка.

Оформление таблиц строго нормировано. Каждая таблица должна иметь номер и название. В тексте дается ссылка на таблицу, в круглых скобках.

Все таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах всего текста. Над правым верхним углом таблицы помещают надпись «Таблица...» с указанием порядкового номера (выравнивание по правому краю, шрифт 12, без выделения). Знак № и точку в конце не ставят. Таблицы снабжают тематическими заголовками, которые располагают посередине страницы, без отступа и пишут с прописной буквы без точки на конце и печатают через один интервал (шрифт 14, по центру, полужирное выделение).

3.2. Реферат

Реферат (от лат. referre – докладывать, сообщать) – краткое точное изложение сущности какого-либо вопроса, темы на основе одной или нескольких книг, монографий или других первоисточников. Реферат должен содержать основные фактические сведения и выводы по рассматриваемому вопросу.

Тема реферата разрабатывается преподавателем, который читает дисциплину. Темы рефератов определяются в установленном преподавателем порядке. По согласованию с преподавателем, возможна корректировка темы.

Реферат выполняет следующие функции:

- информативная;
- поисковая;
- справочная;
- сигнальная;
- индикативная;
- коммуникативная.

Язык реферата должен отличаться ясностью, точностью, краткостью и простотой. Содержание следует излагать объективно от имени автора.

При оценке реферата учитывается качество реферирования прочитанной литературы, аргументированное изложение собственных мыслей аспиранта по рассматриваемому вопросу. Результат работы аспиранта оценивается преподавателем по балльной системе. Также допускается оценивать работы «зачтено» или «не зачтено» соответственно.

Объем реферата должен составлять 10-15 печатных страниц.

Реферат не является основанием для не допуска аспиранта к зачету или экзамену.

3.2.1. Структура реферата

Реферат, выполняемый аспирантами СурГУ, должен содержать следующие структурные элементы: титульный лист, заполненный по единой форме (Приложение 1); оглавление с указанием всех разделов реферата и номерами страниц; введение объемом не более 1,5-2 печатных страниц; основная часть, которая содержит одну или несколько глав, состоящих из 2-3 параграфов (пунктов, разделов); заключение, которое содержит главные выводы основной части, и в котором отмечается выполнение задач и достижение цели, сформулированных во введении; приложения, включающие график и таблицы (если таковые имеются); библиографическое описание использованных источников оформленных по ГОСТ 7.1-2003 [1]. В тексте реферата обязательны ссылки на первоисточники.

3.2.2. Порядок работы при написании реферата

В процессе работы над рефератом можно выделить 4 этапа:

- вводный – выбор темы, работа над планом и введением;
- основной – работа над содержанием и заключением реферата;
- заключительный – оформление реферата;
- защита реферата (на практическом занятии, экзамене и т.д.)

Работа над рефератом начинается с выбора темы исследования. Заинтересованность автора в проблеме определяет

качество проводимого исследования и соответственно успешность его защиты.

План – это точный и краткий перечень положений в том порядке, как они будут расположены в реферате, этапы раскрытия темы. Существует два основных типа плана: простой и сложный (развернутый). В простом плане содержание реферата делится на параграфы, а в сложном на главы и параграфы. При работе над планом реферата необходимо помнить, что формулировка пунктов плана не должна повторять формулировку темы.

При работе над введением необходимо опираться на навыки, приобретенные при написании изложений и сочинений. В объеме реферата введение, как правило, составляет 1-2 машинописные страницы. Введение обычно содержит вступление, обоснование актуальности выбранной темы, формулировку цели и задач реферата, краткий обзор литературы и источников по проблеме.

Содержание реферата должно соответствовать теме, полно ее раскрывать. Все рассуждения нужно аргументировать. Реферат показывает объективное отношение автора к излагаемому материалу. Следует стремиться к тому, чтобы изложение было ясным, простым и точным.

Заключение – самостоятельная часть реферата. Оно не должно быть переложением содержания работы. Заключение должно содержать основные выводы в сжатой форме, а также оценку полноты и глубины решения тех вопросов, которые вставали в процессе изучения темы.

Объем заключения не должен превышать 2 печатных страниц.

Типичными ошибками, допускаемыми при подготовке реферата, являются:

- недостаточное обоснование актуальности, практической и теоретической значимости полученных результатов, поверхностный анализ используемого материала;
- неглубокие критические оценки и рекомендации по решению исследуемой проблемы;
- поверхностные выводы и предложения;
- нарушение требований к оформлению реферата;
- использование информации без ссылок на источник.

3.3. Презентация в Microsoft PowerPoint

Учебная презентация представляет собой результат самостоятельной работы аспирантов, с помощью которой они наглядно демонстрируют материалы публичного выступления перед аудиторией.

Компьютерная презентация – это файл с необходимыми материалами, который состоит из последовательности слайдов. Каждый слайд содержит законченную по смыслу информацию, так как она не переносится на следующий слайд автоматически в отличие от текстового документа. Автору презентации необходимо уметь распределять материал в пределах страницы и грамотно размещать отдельные объекты. В этом ему поможет целый набор готовых объектов (пиктограмм, геометрических фигур, текстовых окон и т.д.).

Презентация помогает самому выступающему не забыть главное и точнее расставить акценты.

Компьютерная презентация обладает целым рядом достоинств:

- *информативность* – элементы анимации, аудио – и видеофрагменты способны не только существенно украсить презентацию, но и повысить ее информативность;
- *транспортабельность* – электронный носитель с презентацией компактен и удобен при транспортировке. При необходимости можно переслать файл презентации по электронной почте или опубликовать в Интернете или сделать сообщение дистанционно.

Одной из основных программ для создания презентаций в мировой практике является программа PowerPoint компании Microsoft.

3.3.1. Структура презентации

Первый слайд презентации должен содержать тему работы, фамилию, имя и отчество исполнителя, номер учебной группы, а также фамилию, имя, отчество, должность и ученую степень преподавателя.

На втором слайде целесообразно представить цель и краткое содержание презентации.

Последующие слайды необходимо разбить на разделы согласно пунктам плана работы.

На заключительный слайд выносятся самое основное, главное из содержания презентации.

3.3.2. Рекомендации по оформлению презентаций в Microsoft PowerPoint

Для визуального восприятия текст на слайдах презентации должен быть не менее 18 пт, а для заголовков – не менее 24 пт.

Макет презентации должен быть оформлен в строгой цветовой гамме. Фон не должен быть слишком ярким или пестрым. Текст должен хорошо читаться. Одни и те же элементы на разных слайдах должны быть одного цвета.

Пространство слайда (экрана) должно быть максимально использовано, за счет, например, увеличения масштаба рисунка. Кроме того, по возможности необходимо занимать верхние $\frac{3}{4}$ площади слайда (экрана), поскольку нижняя часть экрана плохо просматривается с последних рядов.

Каждый слайд должен содержать заголовок. В конце заголовков точка не ставится. В заголовках должен быть отражен вывод из представленной на слайде информации. Оформление заголовков заглавными буквами можно использовать только в случае их краткости.

На слайде следует помещать не более 5-6 строк и не более 5-7 слов в предложении. Текст на слайдах должен хорошо читаться.

При добавлении рисунков, схем, диаграмм, снимков экрана (скриншотов) необходимо проверить текст этих элементов на наличие ошибок. Необходимо проверять правильность написания названий улиц, фамилий авторов, методик и т.д.

Нельзя перегружать слайды анимационными эффектами – это отвлекает слушателей от смыслового содержания слайда.

3.3.3. Порядок и принципы выполнения компьютерной презентации

Основные этапы работы над компьютерной презентацией.

1. Спланируйте общий вид презентации по выбранной теме, опираясь на собственные разработки и рекомендации преподавателя.
2. Распределите материал по слайдам.
3. Отредактируйте и оформите слайды.
4. Задайте единообразный анимационный эффект для демонстрации презентации.

Основные принципы выполнения и представления компьютерной презентации:

- помните, что компьютерная презентация не предназначена для автономного использования, она должна лишь помогать докладчику во время его выступления, правильно расставлять акценты;
- не усложняйте презентацию и не перегружайте ее текстом, статистическими данными и графическими изображениями. Наиболее эффективная презентация PowerPoint – простая презентация;
- Не читайте текст на слайдах. Устная речь докладчика должна дополнять, описывать, но не пересказывать, представленную на слайдах информацию;
- дайте время аудитории ознакомиться с информацией каждого нового слайда, а уже после этого давать свои комментарии показанному на экране. В противном случае внимание слушателей будет рассеиваться;
- делайте перерывы. Не следует торопиться с демонстрацией последующего слайда. Позвольте слушателям подумать и усвоить информацию;
- предложите раздаточный материал в конце выступления, если это необходимо. Не делайте этого в начале или в середине доклада, т.к. все внимание должно быть приковано к вам и к экрану;
- обязательно отредактируйте презентацию перед выступлением после предварительного просмотра (репетиции).

3.4. Контрольная работа

Контрольная работа – это одна из основных форм межсессионного контроля знаний. Цель контрольной работы заключается в оценке качества усвоения аспирантами отдельных,

как правило, наиболее важных разделов, тем и вопросов изучаемой дисциплины, а также умения решать конкретные практические и теоретические задачи.

Тематика контрольных работ разрабатывается преподавателем, читающим данную дисциплину.

В контрольной работе должны быть даны обстоятельные ответы на теоретические вопросы, правильно решена(ы) задача(и), если таковые имеются. При написании контрольной работы аспирант должен использовать новейшую литературу по данному курсу, а также литературные и нормативные источники, рекомендованные преподавателем.

Проверка контрольной работы позволяет выявить насколько глубоко и полно аспирант усвоил соответствующие разделы или темы курса, имеются ли недоработки, пробелы в усвоении изучаемого материала. Оценку «зачтено» выставляется работам, которые отвечают следующим требованиям:

- все вопросы задания раскрыты полно, четко и логически последовательно;
- контрольная работа выполнена аспирантом самостоятельно;
- контрольная работа оформлена в соответствии с настоящими рекомендациями.

Замечания, выявленные преподавателем в ходе проверки, фиксируются на полях работы. К рассмотрению не принимаются ксерокопии контрольных работ и работы, которые выполнены с нарушением установленных требований, Студент, контрольная работа которого не получила положительную оценку, не допускается к сдаче экзамена (зачета) по соответствующей дисциплине.

3.4.1. Структура контрольной работы

В общем виде контрольная работа, выполняемая аспирантами, должна содержать следующие структурные элементы: титульный лист (Приложение 2), оглавление, основная часть (ответы на поставленные вопросы), решение задач (при их наличии), список использованных источников.

Общий объем контрольной работы должен быть в пределах 10-12 печатных страниц, оформленных в соответствии с ГОСТом.

3.4.2. Порядок выполнения контрольной работы

Приступать к написанию контрольной работы следует лишь после изучения основных тем дисциплины. Список рекомендуемой преподавателем научной литературы необходимо рассматривать как основу для самостоятельного поиска и анализа.

Подбор материала и план контрольной работы разрабатывается аспирантом самостоятельно, что дает преподавателю основание оценить степень усвоения изученного материала. При написании контрольной работы следует проявить самостоятельность и не прибегать к простому переписыванию литературы. Преподаватель вправе учитывать качество проделанной работы при сдаче аспирантом зачета или экзамена по соответствующей дисциплине.

Введение контрольной работы должно содержать формулировку контрольного задания, краткое изложение цели контрольной работы.

Основная часть контрольной работы должна содержать базовые определения, доказательства, описание методики расчётов. В ходе написания основной части следует давать ссылки на используемые источники информации. В этой части следует также изложить ход собственных рассуждений, описать последовательность расчётов, привести промежуточные доказательства и результаты решения поставленной задачи.

В заключении следует сформулировать краткие выводы по проделанной работе и привести список использованных источников информации.

Типичными ошибками при выполнении контрольной работы являются:

- несоответствие содержания контрольной работы цели и поставленным задачам;
- неверное решение предложенных задач;
- нарушение установленных требований к оформлению работы;
- использование информации без ссылок на источник информации.

Сроки хранения контрольных работ устанавливаются в соответствии с номенклатурой дел СурГУ.

Список литературы

1. ГОСТ 7.1–2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Введ. 2004-07-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2004. – 48 с.
2. ГОСТ 7.88–2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Правила сокращения заглавий и слов в заглавиях публикаций. – Введ. 2005-05-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
3. ГОСТ 7.89–2005. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Оригиналы текстовые авторские и издательские. Общие требования. – Введ. 2006-06-30. – М.: Стандартинформ, 2006. – 19 с.
4. Дубовый В.К., Парамонова Л.Л. Общие требования и правила оформления студенческих работ. Учебное пособие. – СПб, 2010. – 118 с.
5. Измайлова М.А. Организация внеаудиторной самостоятельной работы студентов: Методическое пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2008. – 64 с.
6. Резник С. Д. Студент вуза: технологии и организация обучения: учебное пособие для вузов / С. Д. Резник, И. А. Игошина; под общ.ред. С. Д. Резника. – М. : ИНФРА-М, 2009 . – 474 с.
7. Еросланова Р.И. Информационные технологии в профессиональной деятельности: методические рекомендации по выполнению внеурочной самостоятельной работы для студентов по специальности 111801 «Ветеринария». – Салехард, 2013. – 43 с.
8. Ширманов В.С. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов: учебно-метод. пособие / В.С. Ширманов, В.Н. Волков, Е.И. Яковлева, А.В. Крымов, Ю.В. Родионова, О.Н. Косырева. – Нижний Новгород: Нижегород. госун-т, 2013. – 45 с.
9. Силласте Г.Г. Самостоятельная работа студентов: методические рекомендации / Г.Г. Силласте, Е.Е.

Письменная, Н.М. Белгарокова. – М. : Финансовый университет, кафедра «Теоретическая социология», 2013. – 35 с.

БУ ВО
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»

Институт естественных и технических наук
Кафедра зоологии и экологии животных

Реферат

по дисциплине «...»

на тему: «_____»

Выполнил: студент ___ гр. ___ курса

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Проверил:

(звание, ученая степень)

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Сургут, 2015

БУ ВО
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»

Институт естественных и технических наук
Кафедра зоологии и экологии животных

Контрольная работа

по дисциплине «...»

на тему: «_____»

Выполнил: студент ___ гр. ___ курса

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Проверил:

(звание, ученая степень)

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Образец оформления библиографического
описания использованных источников

Книги

Однотомное издание

Автор. Заглавие: сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле). - Сведения об издании (информация о переиздании, номер издания). - Место издания: Издательство, Год издания. - Объем. - (Серия).

Ивантер Э.В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. – Л.: Наука. 1975. – 246 с.

Многотомные издания

Автор. Заглавие издания: сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле). - Город издания: Издательство, Год начала издания - год окончания издания. - Кол-во томов. - (Серия).

Атлас пресноводных рыб России: В 2 т. Т.2. / Под ред. Ю.С. Решетникова. – М. : Наука. 2003. – 253 с.

Отдельный том многотомного издания

Автор. Заглавие тома. - Город издания: Издательство, Год издания - Объем. - (Заглавие издания: сведения относящие к заглавию; обозначение и номер тома).

Казьмин В. Д. Детские болезни. – М.: АСТ: Астрель, 2002. - 503 с.: ил. - (Справочник домашнего врача: в 3 ч.; ч. 2).

Неопубликованные документы

Диссертации

Автор. Заглавие: сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле): шифр номенклатуры специальностей научных работников. - Место написания, Дата написания. - Объем.

Первушина Е.М. Экологический анализ летнего населения рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) Среднего Урала: дис. канд. биол. наук: 03.00.16. Екатеринбург, 2005. – 151 с.

Автореферат диссертации

Автор. Заглавие: сведения, относящиеся к заглавию (см. на титуле): шифр номенклатуры специальностей научных работников: дата защиты. - Место написания, Дата написания. - Объем.

Мухачева М.М. Структура и организация населения птиц южнотаежного Причумылья : автореф. дис. канд. биол. наук : 03.00.08. Новосибирск, 2003. – 20 с.

Электронные ресурсы

Электронный ресурс локального доступа (CD)

Автор. Заглавие [Электронный ресурс]: сведения, относящиеся к заглавию. - Обозначение вида ресурса ("электрон. дан." и/или "электрон. прогр"). - Место издания: Издательство, Год издания. - Обозначение материала и количество физических единиц. - (Серия).

Электронный ресурс удаленного доступа (Internet)

Автор. Заглавие [Электронный ресурс] : сведения, относящиеся к заглавию. - Обозначение вида ресурса ("электрон. текст. дан."). - Место издания: Издательство, Дата издания. - Режим доступа: URL. - Примечания ("Электрон. версия печ. публикации").

Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»

Кафедра теории и методики профессионального образования

Ф. Д. Рассказов

ПСИХОЛОГИЯ И ПЕДАГОГИКА

ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ



ББК Ч 448.4(2):Ц35(2)
УДК 378.147:355.231.3
Р24

Рецензент: Косенок С.М, – д.п.н., профессор, профессор
кафедры «Теория и методика профессионального образования»

Рассказов, Ф. Д. Педагогика и психология высшей школы :
методические рекомендации / Авт.-сост. Ф. Д. Рассказов; Сургут.
гос. ун-т ХМАО-Югры. – Сургут, 2015. – 36 с.

Методические рекомендации имеют целью:

- оказать помощь аспирантам в изучении дисциплины «Педагогика и психология высшей школы»;

- содействовать углублению знаний и усовершенствованию умений аспирантов в области методологии, теории и технологии научно-исследовательской деятельности.

Содержание и структура материала соответствует Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки: 44.06.01 для вузов. В методических рекомендациях представлены указания к лекционным и практическим занятиям по дисциплине.

Методические рекомендации предназначены для аспирантов, занимающихся **по направлениям подготовки:**

- 01.06.01 Математика и механика.
- 03.06.01 Физика и астрономия.
- 04.06.01 Химические науки.
- 06.06.01 Биологические науки.
- 09.06.01 Информатика и вычислительная техника.
- 10.06.01 Информационная безопасность.
- 30.06.01 Фундаментальная медицина.
- 31.06.01 Клиническая медицина.
- 32.06.01 Медико-профилактическое дело.
- 37.06.01 Психологические науки.
- 38.06.01 Экономика.
- 40.06.01. Юриспруденция.
- 44.06.01. «Образование и педагогические науки».
- 45.06.01 Языкознание и литературоведение.
- 46.06.01 Исторические науки и археология.
- 47.06.01 Философия, этика и религиоведение.
- 49.06.01 Физическая культура и спорт.

Содержание

Пояснительная записка.....	4
Формируемые компетенции.....	6
Лекция 1 Теоретические концепции современного высшего образования, стандарты современной высшей школы.....	8
Лекция 2. Образовательная среда высшей школы.....	9
Лекция 3. Взаимосвязь личностного и профессионального компонента в образовательном процессе в высшей школе.....	10
Лекция 4. Активизация обучения и научно исследовательской работы студентов в высшей школе на основе использования современных психологических теорий и концептуальных педагогических подходов.....	11
Лекция 5. Организационно-педагогические условия образования и воспитания в высшей школе.....	12
Лекция 6. Формы и технологии обучения и управления научно-исследовательской деятельностью аспирантов.....	13
Лекция 7. Психодиагностика и диагностика учебных достижений, аттестация студентов.....	14
Лекция 8. Профессиональная деятельность преподавателя высшей школы..	15
Практическая работа 1. Теоретические концепции современного высшего образования, стандарты современной высшей школы.....	16
Практическая работа 2. Образовательная среда высшей школы.....	17
Практическая работа 3. Взаимосвязь личностного и профессионального компонента в образовательном процессе в высшей школе.....	18
Практическая работа 4. Активизация обучения и научно исследовательской работы студентов в высшей школе на основе использования современных психологических теорий и концептуальных педагогических подходов.....	19
Практическая работа 5. Организационно-педагогические условия образования и воспитания в высшей школе.....	20
Практическая работа 6. Формы и технологии обучения и управления научно-исследовательской деятельностью аспирантов.....	21
Практическая работа 7. Психодиагностика и диагностика учебных достижений, аттестация студентов.....	22
Практическая работа 8. Профессиональная деятельность преподавателя высшей школы..	23
Контрольные задания, материалы для самооценки.....	24
Общие требования к оформлению письменной (контрольной) работы.....	36
Список литературы.....	38

Пояснительная записка

В психологии издавна закрепились такие понятия, как "психология искусства", "психология труда", и т. п. Они используются для краткого обозначения совокупности психологических проблем, закономерностей, феноменов, характерных для художественной, трудовой или мыслительной деятельности человека. В таком контексте понятны и правомерны выражения "психология высшей школы", "психология высшего образования", в самом первом приближении указывающие область психологических проблем, возникающих в сферах человеческой деятельности, обеспечивающих функционирование системы высшего образования (прежде всего деятельности учения и преподавания).

Более строгие определения предметов психологии высшей школы, представляющей собой раздел педагогической психологии, и педагогики высшей школы будут даны ниже. Наряду с техникой и медициной она является не фундаментальной, а прикладной наукой. В ее задачи входит использование фундаментальных знаний, добытых психологией, биологией, общественными науками применительно к решению проблем обучения и воспитания.

Вряд ли кто-то возьмется оспаривать утверждение, что в ряду дисциплин, на которые опирается педагогика, психология занимает особое, центральное место. Цели и содержание образования, методы и средства обучения, организационные формы учебной деятельности, индивидуализация и дифференциация обучения, воспитание творческой личности, специфика преподавательского труда - какой бы педагогической проблемы мы ни коснулись, тут же всплывает ее психологический контекст, обнаруживается синкретическая слитность педагогического и психологического знаний.

Поэтому если педагогика хочет опираться на науку, а не ограничиваться самоочевидными истинами, подсказываемыми здравым смыслом, она почти неизбежно превращается в "психопедагогику" [Стоуне Э. - 1984]. Разумеется, здесь необходимо чувство меры, которое должно предотвратить растворение знания педагогического в знании психологическом, пусть даже и имеющем важное прикладное значение для теории и практики обучения и воспитания.

Педагогика и психология высшей школы как самостоятельная дисциплина сложилась в системе институтов и факультетов повышения квалификации преподавателей вузов, хотя отдельные исследования по данной проблематике проводились еще в прошлом веке. В конце 80-х годов курс "Основы педагогики и психологии высшего образования" был введен в качестве электива для аспирантов всех специальностей.

Объем этих рекомендаций не позволяет охватить все разделы типовой программы курса "Педагогика и психология высшего образования". При отборе материала для пособия автор руководствовался не принципом полноты охвата проблематики данной дисциплины, а стремлением отразить наиболее актуальные вопросы педагогики и психологии высшего образования, описать основные тенденции ее развития на современном этапе. Еще одним важным критерием при отборе материала было стремление избежать общих мест, повторения тривиальных истин, рассуждений, опирающихся не на науку, а на элементарный здравый смысл, которыми так богаты учебники и учебные пособия по педагогике. Но именно здравый смысл подсказывает, что самоочевидные положения, которые может формулировать практически любой грамотный человек и которые выдаются за достижения педагогической мысли, лишь дискредитируют эту науку в глазах аспиранта или другого читателя, не лишённого способности мыслить самостоятельно.

Существует еще одна веская причина, по которой в настоящих рекомендациях широко представлены перечисленные выше разделы общепсихологического знания. Курс по педагогике и психологии высшей школы читается в основном для слушателей аспирантов, которые вообще не изучали психологию или изучали так давно и в такой форме, что сохранившиеся знания совершенно недостаточны для понимания психолого-педагогических проблем высшего образования без актуализации основных элементов общепсихологического знания.

Формируемые компетенции:

- УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

- УК-3: Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач

- УК-6 (УК-5): Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- теоретические концепции современного высшего образования, стандарты современной высшей школы;

- взаимосвязь личностного и профессионального компонента в образовательном процессе в высшей школе;

- организационно-педагогические условия образования и воспитания в высшей школе;

- формы и технологии обучения и управления научно-исследовательской деятельностью студентов.

Уметь:

- анализировать имеющиеся международные документы по проблемам образования;
- выделять актуальные социально-педагогические проблемы современного высшего образования;
- на основе анализа психолого-педагогических теорий составлять таблицу возможных подходов к разработке проектов обучения в высшей школе;
- характеризовать инновационные модели обучения;
- составлять аннотированный список литературы по инновациям в практике образования, реализуемых в высшей школе;
- писать статьи по проблемам индивидуализации обучения в высшей школе; - анализировать имеющиеся в психологии и дидактике подходы к диагностике учебных достижений;
- разрабатывать вариант оценки достижений студентов в учебном процессе.

Владеть:

- навыками самовоспитания, самообразования, определения темперамента;
- использования психологии общения в межличностных отношениях;
- дидактическими системами и моделями обучения в структуре современного высшего образования.

Лекция 1. Теоретические концепции современного высшего образования, стандарты современной высшей школы

Цель лекции: познакомить аспирантов с концепциями современного высшего образования, раскрыть особенности стандартов современной высшей школы.

Учебные вопросы:

1. Современные концепции высшего образования: основные понятия, возможности, дидактические функции в учебном процессе.
2. Вариативные модели университетского образования.
3. Основные направления образования, тенденции и проблемы его развития.
4. Международная декларация о современном высшем образовании.
5. Образовательные стандарты и профессионально-образовательные программы высшей школы.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 1.

1. Дайте характеристику современным концепциям современного высшего образования.
2. Раскройте дидактические функции учебного процесса.
3. Какие знаете вариативные модели университетского образования?
4. Какая роль отводится современному высшему образованию согласно Международной декларации о современном высшем образовании?
5. Назовите отличительные признаки новых образовательных стандартов.
6. Что нового появилось в профессионально-образовательных программах высшей школы?

Лекция 2. Образовательная среда высшей школы

Цель лекции: познакомить аспирантов с основами дидактики и охарактеризовать дидактические теории обучения в высшей школе.

Учебные вопросы:

1. Основы дидактики высшей школы. Принципы и характеристика процесса обучения.
2. Дидактические теории обучения в высшей школе.
3. Дидактические системы и модели обучения в структуре современного высшего образования.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 2.

1. Раскройте основы дидактики высшей школы.
2. Дайте характеристику процесса обучения.
3. Основные требования принципов обучения.
4. Какие знаете дидактические теории обучения в высшей школе?
5. Назовите дидактические системы процесса обучения.
6. Охарактеризуйте модели обучения в структуре современного высшего образования.

Лекция 3. Взаимосвязь личностного и профессионального компонента в образовательном процессе в высшей школе

Цель лекции: раскрыть аспирантам сущность и структура профессиональной компетентности специалиста и влияние факторов формирования личности в образовательном процессе.

Учебные вопросы:

1. Факторы образования, способствующие личностному развитию студентов.
2. Структура профессиональной компетентности специалиста.
3. Психолого-педагогические теории развития личности в образовательном процессе.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 3.

1. Дайте характеристику факторам образования, которые способствуют личностному развитию студентов.
2. Раскройте психолого-педагогические теории, развития личности в образовательном процессе.
3. Охарактеризуйте социально-ролевые позиции студентов и преподавателей высшей школы.
4. Представьте сущность и структура профессиональной компетентности специалиста.

Лекция 4. Активизация обучения и научно исследовательской работы студентов в высшей школе на основе использования современных психологических теорий и концептуальных педагогических подходов

Цель лекции: познакомить аспирантов с современными психологическими теориями активизации обучения в высшей школе.

Учебные вопросы:

1. Современные психологические теории и концептуальные педагогические подходы в учебном процессе.
2. Активизация обучения и научно-исследовательской работы студентов в высшей школе.
3. Мотивация в обучении в высшей школе, соотношение стандартизации и индивидуализации в обучении.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 4.

1. Дайте характеристику современным психологическим теориям и концептуальным педагогическим подходам в учебном процессе.
2. Раскройте учебную и научно-исследовательскую деятельность студентов.
3. Какие знаете способы активизации научно-исследовательской деятельности студентов?
4. Какая роль отводится мотивации в обучении в высшей школе?
5. Раскройте соотношение стандартизации и индивидуализации студентов в обучении.

Лекция 5. Организационно-педагогические условия образования и воспитания в высшей школе

Цель лекции: раскрыть аспирантам сущность и организационно-педагогические условия образования и воспитания в высшей школе.

Учебные вопросы:

1. Процесс воспитания, его сущность и структура.
2. Психолого-педагогическая структура коллектива. Учебная группа как студенческая общность.
3. Организация воспитательной работы в высшей школе.
4. Коммуникационное поле и педагогическое общение преподавателя высшей школы.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 5.

1. Дайте характеристику процессу воспитания, его сущности и структуре.
2. Раскройте психолого-педагогическую структуру коллектива учебная группа.
3. Охарактеризуйте организацию воспитательной работы в высшей школе.
4. Представьте сущность и структуру коммуникационной культуры преподавателя высшей школы.

Лекция 6. Формы и технологии обучения и управления научно-исследовательской деятельностью аспирантов

Цель лекции: Раскрыть организационные формы и технологии обучения и управления научно-исследовательской деятельностью аспирантов.

Учебные вопросы:

1. Организационные формы обучения в высшей школе.
2. Лекционная деятельность преподавателя. Проектирование семинарских практических и лабораторных занятий в университетском образовании.
3. Управление самостоятельной работой студентов.
4. Инновационные педагогические технологии в системе высшего образования.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 6.

1. Дайте характеристику организационным формам обучения в высшей школе.
2. Раскройте педагогические возможности лекционной деятельности преподавателя.
3. Назовите отличие проектирования семинарских от практических и лабораторных занятий.
4. Раскройте особенности управление самостоятельной работой студентов.
5. Какие знаете Инновационные технологии в системе высшего образования?

Лекция 7. Психодиагностика и диагностика учебных достижений, аттестация студентов

Цель лекции: Раскрыть сущность и показать значение психолого-педагогической диагностики процесса образования.

Учебные вопросы:

1. Сущность и структура психолого-педагогической диагностики образования.
2. Диагностика и аттестация учебных достижений студентов.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 7.

1. Дайте характеристику сущности и структуре психолого-педагогической диагностики образования.
2. Критерии и показатели диагностики и аттестации учебных достижений студентов.

Лекция 8. Профессиональная деятельность преподавателя высшей школы

Цель лекции: Раскрыть особенности и структура педагогической деятельности преподавателя высшей школы.

Учебные вопросы:

1. Особенности педагогической деятельности преподавателя высшей школы.
2. Структура и индивидуальный стиль педагогической деятельности преподавателя.
3. Анализ эффективности преподавательской деятельности, аттестация преподавателя.
4. Повышение квалификации и самообразование преподавателя высшей школы.

Вопросы для самостоятельной проверки знаний по лекции № 8.

1. Дайте характеристику педагогической деятельности преподавателя высшей школы.
2. Раскройте структуру и индивидуальный стиль педагогической деятельности преподавателя.
3. Как осуществляется анализ эффективности преподавательской деятельности?
4. Повышение квалификации и самообразование преподавателя высшей школы. Аттестация преподавателя.

Практическая работа 1. Теоретические концепции современного высшего образования, стандарты современной высшей школы

Цель работы: Углубить, систематизировать знания международных документов и образовательных стандартов по проблемам образования.

Учебные вопросы:

1. Представить современные концепции высшего образования: основные понятия, возможности, дидактические функции в учебном процессе.
2. Представить и охарактеризовать вариативные модели университетского образования (не менее двух).
3. Выделить и представить основные направления образования, тенденции и проблемы его развития.
4. Что необходимо знать преподавателю из Международной декларации о современном высшем образовании в России?
5. Раскрыть цели и задачи образовательных стандартов и профессионально-образовательных программ высшей школы.
6. Выделите актуальные социально-педагогические проблемы современного высшего образования, предложите варианты их решения.

Практическая работа 2. Образовательная среда высшей школы

Цель работы: Закрепить знания аспирантами основ дидактики и моделей обучения в высшей школе.

Учебные вопросы:

1. Обсудить основы дидактики высшей школы.
2. Дать характеристику процесса обучения.
3. Раскрыть основные требования и условия реализации принципов обучения.
4. Рассмотреть дидактические теории обучения в высшей школе?
5. Назвать и охарактеризовать дидактические системы процесса обучения.
6. Представить модели обучения (не менее двух) в структуре современного высшего образования.

Практическая работа 3. Взаимосвязь личностного и профессионального компонента в образовательном процессе в высшей школе

Цель работы: Закрепить знания аспирантами сущности теории развития личности в образовательном процессе.

Учебные вопросы:

1. Дать характеристику факторам образования, которые способствуют личностному развитию студентов.
2. Раскрыть психолого-педагогические теории, развития личности в образовательном процессе.
3. Охарактеризовать социально-ролевые позиции студентов и преподавателей высшей школы.
4. Представьте сущность и структура профессиональной компетентности специалиста.
5. На основе анализа психолого-педагогических теорий каждому аспиранту составить таблицу возможных подходов к разработке проектов обучения в высшей школе.

Практическая работа 4. Активизация обучения и научно-исследовательской работы студентов в высшей школе на основе использования современных психологических теорий и концептуальных педагогических подходов

Цель работы: Углубить, систематизировать знания аспирантов современных психологических теорий активизации процесса обучения в высшей школе.

Учебные вопросы:

1. Рассмотреть характеристику современных психологических теорий и концептуальных педагогических подходов в учебном процессе.
2. Раскрыть учебную и научно-исследовательскую деятельность студентов.
3. Представить способы активизации научно-исследовательской деятельности студентов?
4. Обосновать роль мотивации в обучении студентов в высшей школе.
5. Раскрыть соотношение стандартизации и индивидуализации студентов в обучении.
6. Подготовить статью по проблемам индивидуализации обучения в высшей школе с конкретными примерами эффективного решения данной проблемы (не более одной страницы).

Практическая работа 5. Организационно-педагогические условия образования и воспитания в высшей школе

Цель работы: Раскрыть, систематизировать понимание аспирантами сущности организационно-педагогических условий образования и воспитания в высшей школе (на основе ФГОС).

Учебные вопросы:

1. Дать характеристику процессу воспитания, его сущности и структуре (на основе ФГОС).
2. Раскрыть психолого-педагогическую структуру коллектива учебной группы.
3. Охарактеризовать процесс организации воспитательной работы в высшей школе.
4. Представить сущность и структуру коммуникационной культуры преподавателя высшей школы.
5. Каждому студенту представить модель коммуникации двухуровневого профессионального обучения (НПО и СПО).

Практическая работа 6. Формы и технологии обучения и управления научно-исследовательской деятельностью аспирантов

Цель работы: Раскрыть, углубить знания аспирантами организационных форм и технологий обучения и управления научно-исследовательской деятельностью аспирантов.

Учебные вопросы:

1. Дать характеристику организационным формам обучения в высшей школе (на примере внедрения требований Болонского процесса).
2. Заслушать рефераты с последующим обсуждением по инновационным педагогическим технологиям в системе высшего образования.
3. Представить и обсудить аннотированный список литературы по инновациям в практике образования с аспирантами в высшей школе.

Практическая работа 7. Психодиагностика и диагностика учебных достижений, аттестация студентов

Цель работы: Раскрыть, углубить, систематизировать знания процесса мониторинга процесса образования.

Учебные вопросы:

1. Представить и проанализировать имеющиеся в психологии и дидактике подходы диагностики учебных достижений студентов. Разработайте вариант оценки достижений студентов в учебном процессе характеристику сущности и структуре психолого-педагогической диагностики образования.
2. Представить разработанный вариант индивидуального творческого задания по оценке достижений студентов в учебном процессе (обсудить варианты не менее 2-3 аспирантов).

Практическая работа 8. Профессиональная деятельность преподавателя высшей школы

Цель работы: Раскрыть, углубить, систематизировать знания сущности и структуры педагогической деятельности преподавателя высшей школы.

Учебные вопросы:

1. Заслушать и обсудить представленных аспирантами индивидуальных творческих заданий с характеристикой индивидуального стиля педагогической деятельности преподавателя.
2. Дать характеристику системы повышения квалификации и самообразования преподавателей высшей школы в ХМАО-Югре.
3. Представить порядок аттестация преподавателя высшей школы.

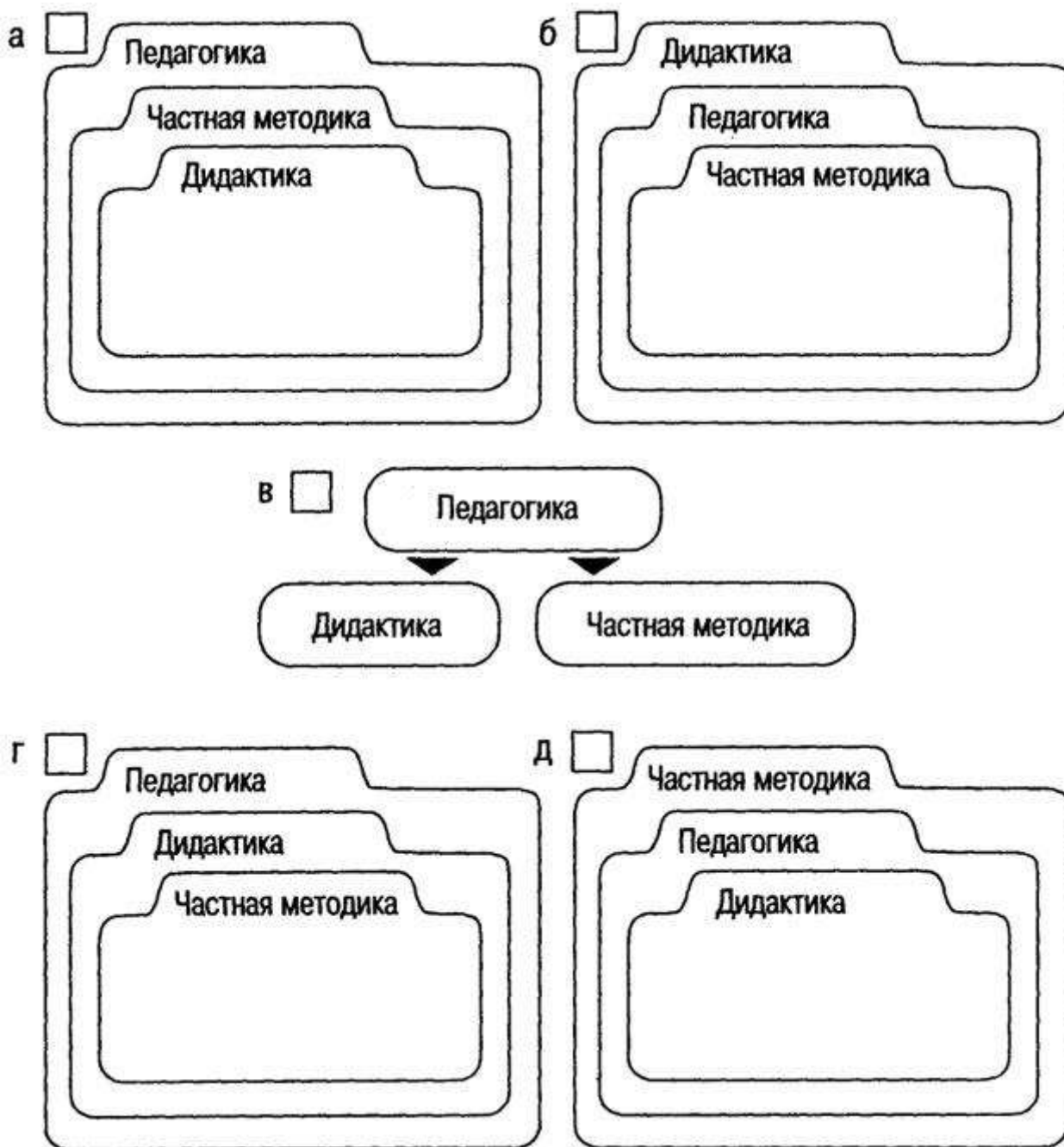
Контрольные задания, материалы для самооценки

аспирантами знаний, умений, владения и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций у аспирантов в процессе освоения образовательной программы

По итогам изучения первых двух тем. Что такое дидактика? Отметьте правильный ответ:

- теория обучения и образования;
- теория воспитания;
- теория обучения;
- часть педагогики, рассматривающая вопросы методики преподавания отдельных учебных предметов;
- теория обучения, образования и воспитания.

По итогам изучения первых пяти тем: Определите иерархию следующих понятий: педагогика, дидактика, частная методика. Какая схема правильно отражает эту иерархию?



По итогам изучения шестой темы: Какие из перечисленных признаков являются особенностями процесса обучения, а какие характеризуют случайный акт обучения. Подчеркните те из них, которые относятся к процессу обучения:

- непродолжительность; - планомерность;
- систематичность; - спонтанность;
- организованность; - нацеленность на результат;
- воспитательная направленность?

По итогам изучения всех тем: 1. Аспирант читает **все** страницы ролевой игры. 2. Каждый аспирант самостоятельно заполняет бланк №6, т.е. «играет за команду»; затем работает с бланком №7, одновременно оценивая их в баллах. 3. Аспирант, набравший 15 и более баллов оценивается на «Отлично», 12-14 баллов – «Хорошо», 10-11 баллов – «Удовлетворительно».

П Л А Н

проведения ролевой игры по теме:

“Современные требования к профессиональным качествам педагога ”

Цели игры:

- проверить знания педагогов требований руководящих документов к их качествам;
- закрепление знаний педагогов и их умений ранжировать профессиональные качества по их важности.

ВРЕМЯ – 2 часа

Порядок проведения ролевой игры.

1. Объявить тему игры.
2. Разделить педагогов на подгруппы по 3-4 человек в каждой.
3. Предоставить группам право самостоятельно выбрать старших подгрупп, которые на заключительном этапе будут обосновывать и отстаивать точку зрения всей подгруппы.
4. Разъяснить порядок игры:
 - игра проходит в 6 туров, в ходе которых старшими групп заполняются, учитывая мнения игроков группы, бланки № 1, 2, 3, 4, 5, 6;

- пояснить играющим, что такие профессиональные качества педагогов как личная примерность, авторитетность умышленно не внесены в перечень качеств, т.к. они являются собирательными понятиями, базирующимися на личностных качествах;
- обратить внимание игроков, что система критериев качеств педагогов разработана на основе требований руководящих документов многих организаций и предприятий к качествам педагога;
- объяснить систему оценок работы группы: за правильно выбранное качество начисляется группе 1 балл, за верное определение его рангового места добавляется еще 1 балл. Оценки выставляет руководитель группы.

5. После того, как все старшие подгрупп завершат работу по заполнению бланка №6, каждый старший подгруппы обосновывает набор качеств, выбранных подгруппой.

В это время руководитель игры заносит перечень предлагаемых качеств в свой рабочий бланк №7, одновременно оценивая их в баллах.

6. Объявить (на основании выставленных баллов) оценки подгруппам, отметить работу лучших подгрупп.
7. Пояснить свой вариант выбора качеств и ответить на возникшие вопросы.

1 тур - Общие личностно-деловые качества

Задание: Из перечисленных качеств выбрать пять, наиболее важных для деятельности педагога

1. Здоровье.
2. Высокая интеллектуальность.
3. Умение замечать новое, передовое.
4. Педагогическая направленность.
5. Инициативность.
6. Гармония развития интеллектуальных и нравственных качеств.
7. Умение организовать работу.
8. Психолого-педагогическая эрудиция.
9. Профессиональная компетентность.
10. Умение строить коллегиальную работу.
11. Деловитость.
12. Стремление к самообразованию.
13. Умение осуществлять подбор и расстановку кадров.
14. Умение строить индивидуальную работу с людьми.
15. Педагогическое мастерство.
16. Умение производить самоанализ и анализ деятельности трудового коллектива.

II тур - Специфические качества педагога (профессиональные)

Задание: Выбрать пять качеств, наиболее важных в работе педагога

1. Постоянное стремление к самосовершенствованию.
2. Педагогический такт.
3. Самостоятельность.
4. Требовательность.
5. Наблюдательность.
6. Высокая общая и профессиональная компетентность.
7. Воображение.
8. Аналитическое мышление.
9. Оптимизм.
10. Любовь к Родине.
11. Самообладание.
12. Энергичность.
13. Распорядительность.
14. Целеустремленность.
15. Высокая культура.
16. Эмоционально-волевая устойчивость.
17. Склонность к риску.
18. Объективность.
19. Готовность и способность брать на себя ответственность в сложной обстановке.

III тур - Качества руководителя и организатора пед. процесса

Задание: Из перечисленных качеств выбрать пять, наиболее важных для руководителя и организатора педагогического процесса коллектива.

1. Умение оценивать и корректировать действия подчиненных и свои.
2. Умение опираться в своей работе на коллектив.
3. Деловитость.
4. Решительность.
5. Сознательность.
6. Умение планировать свою работу и коллектива.
7. Умение определять воспитанность коллектива.
8. Компетентность.
9. Самообладание.
10. Товарищеская взаимовыручка.
11. Стремление к самосовершенствованию.
12. Брать ответственность на себя.
13. Коммуникабельность.
14. Требовательность.
15. Ответственность.
16. Здоровье.
17. Связь с массами.
18. Умение обучать и воспитывать актив.
19. Распорядительность.

IV тур - Психологические качества педагога

Задание: Из перечисленных качеств выбрать пять, наиболее важных для педагога

1. Самообладание.
2. Ответственность.
3. Любовь к профессии.
4. Дисциплинированность.
5. Любовь к людям.
6. Верность долгу руководителя.
7. Высокая культура.
8. Высокая логичность мышления.
9. Педагогическое мастерство.
10. Знания научной организации труда.
11. Умелое применение на практике положений Устава организации.
12. Умение осуществлять психологическую подготовку сотрудников.
13. Твердость в решениях, умение настоять на своем решении.
14. Целеустремленность.
15. Образцовый внешний вид.
16. Забота о сотрудниках.
17. Умение обучать и воспитывать сотрудников.
18. Готовность и способность брать на себя ответственность в сложной обстановке.

V тур - Отрицательные качества

Задание: Из перечисленных качеств личности выбрать пять, представляющих наибольший вред для педагогического коллектива

1. Безынициативность.
2. Вседозволенность.
3. Протекционизм.
4. Личная нескромность.
5. Безответственность.
6. Неприятие критики.
7. Нетребовательность.
8. Равнодушие.
9. Раздражительность в общении.
10. Самоуверенность.
11. Необъективность в оценке дел
12. Злоупотребление положением.
13. Отсутствие деловитости.
14. Высокомерие.
15. Угодничество.
16. Необъективность в подборе и расстановке кадров.
17. Мнительность.
18. Бестактность.
19. Волонтаризм.
20. Эгоизм.

VI тур – Общие выводы

Задание: Руководствуясь бланками № 1, 2, 3, 4, 5 выписать из них выбранные качества, согласно расстановке по ранговым местам.

№	I	К а ч е с т в а	I	Оценка руковод.
п/п	I		I	игры

I. Общие лично-деловые качества

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

II. Специфические качества педагога (профессиональные)

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

III. Качества руководителя и организатора пед. процесса

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

IV. Психологические качества педагога

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

V. Отрицательные качества

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Всего баллов _____

Рабочий бланк руководителя игры

Вариант набора качеств педагога
гр. I б

I 1 гр. I 2 гр. I 3 гр. I 4 гр. I 5

I. Общие лично-деловые качества

1. Профессиональная компетентность
2. Умение организовать работу
3. Деловитость
4. Инициативность
5. Психолого-педагогическая эрудиция

II. Специфические качества педагога (проф.)

1. Высокая общая и профессиональная компетентность.
2. Объективность.
3. Требовательность.
4. Наблюдательность.
5. Готовность и способность брать на себя ответственность в сложной обстановке.

III. Качества руководителя и организатора пед. процесса

1. Компетентность
2. Деловитость
3. Распорядительность
4. Коммуникабельность
5. Опора на коллектив

IV. Психологические качества педагога

1. Самообладание.
2. Умение осуществлять псих. подготовку сотрудников.
3. Твердость в решениях, умение настоять на своем решении.
4. Целеустремленность.
5. Готовность и способность брать на себя ответственность в сложной обстановке.

V. Отрицательные качества

1. Необъективность в оценке дел
2. Протекционизм
3. Равнодушие
4. Самоуверенность
5. Эгоизм

VI Общая оценка

VII Место группы

Общие требования к оформлению письменной (контрольной) работы

1. Письменная научная работа выполняется на одной стороне стандартного листа формата А4 (210x297 мм.). Допускается предоставлять иллюстрации и таблицы на листах формата А3, А4х3, А4х4, А2 и А1.

2. Текстовые документы выполняются одним из следующих способов:

– рукописным – в этом случае текст должен быть выполнен аккуратно, четким почерком;

– машинописным, при этом следует выполнять требования ГОСТ 13.1.002-80. «Репрография. Микрография. Документы для съемки. Общие требования и нормы». Шрифт машинки должен быть четким, высотой не менее 2,5 мм, расстояние между строчками 2 интервала (так, чтобы на странице размещалось 28–30 строк);

– с использованием компьютера.

1. Основные правила компьютерного набора:

1) шрифт – Times New Roman;

2) кегль основного шрифта – 14;

3) по краям листа оставляются свободные поля:

– левое – 3 см.

– правое – 1,5 см.

– верхнее – 2 см.

– нижнее – 2 см.;

4) красная (первая) строка – 1,25 см.;

5) междустрочный интервал – 1,5;

6) сноски сквозные, в тексте в квадратных скобках (например, [2, с. 25]);

7) кавычки в виде «елочек» (Например: «Разработка фирменного стиля...»);

8) следует различать тире, тире без пробелов и дефисы (тире – знак препинания, который ставится между отдельными словами; дефис – знак в виде короткой черточки, применяемый для соединения частей сложных слов

и обозначения переносов; тире без пробелов служит для обозначения периода, например, 10–15 лет);

9) страницы письменной работы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию. Номер страницы на титульном листе не проставляют. Шрифт – Times New Roman. Кегль – 14.

3. Интенсивность цвета шрифта должна быть одинаковой на всей странице.

4. Написание текста должно быть четким, качественным. Исправления в тексте допускаются, но они должны быть выполнены аккуратно.

5. Автонумерация в главах не допускается (все набирается вручную).

6. Абзацный отступ и интервал выравнивается по схеме: Формат – Абзац:

Отступ: слева – 0 см., справа – 0 см.

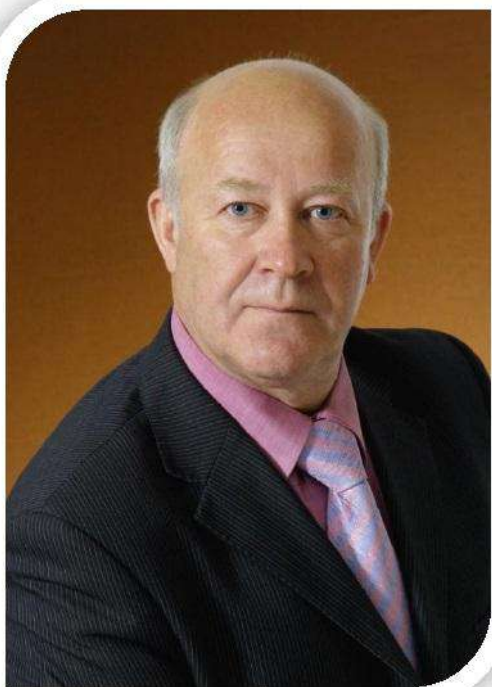
Интервал: перед – 0 пт., после – 0 пт.

Выравнивание – по ширине.

Уровень – основной текст.

Список литературы

1. Бим-Бад, Б. М. Психология и педагогика: учебное пособие / Б. М. Бим-Бад. – М.: Флинта, 2014. – 187 с.
2. Дружкин, А. В. Педагогика и психология высшей школы / А. В. Дружкин. – Саратов : Наука, 2013. – 124 с.
3. Митин, А. Н. Основы педагогической психологии высшей школы / А. Н. Митин. – М.: Проспект, 2016. – 361 с.
4. Новиков, А. М. Методология научного исследования : учеб.-метод. пособие для студентов, аспирантов, докторантов / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. – 2-е изд. – М.: Либроком, 2013. – 270 с.
5. Павелко, Н. Н. Психология и педагогика: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н. Н. Павелко, С. О. Павлов. – Москва : КноРус, 2016. – 139 с.
6. Пастюк, О. В. Психология и педагогика : учебное пособие / О. В. Пастюк. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 172 с.
7. Самойлов, В. Д. Андрогогические основы педагогики и психологии в системе высшего образования России : учебник для студентов вузов / В. Д. Самойлов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015. – 295 с.
8. Симонов, В. П. Педагогика и психология высшей школы. Инновационный курс для подготовки магистров : учебное пособие / В. П. Симонов. – М.: Инфра-М, 2015. – 320 с.
9. Чернышова, Л. И. Психология и педагогика : учебное пособие / Э. В. Островский, Л.И. Чернышова ; Под ред. Э.В. Островский. – М.: Инфра-М, 2015. - 381 с.



**Рассказов Филипп Дементьевич -
доктор педагогических наук,
профессор, Академик МАНПО,
Член-корреспондент РАН,
Заслуженный деятель науки ХМАО-Югры.**

Читает курсы «Педагогика и психология высшей школы», «Методология и методы психолого-педагогического исследования», «Современные педагогические технологии», «Теория и методика профессионального образования», «Методология диссертационного исследования» с использованием разработанных модулей более 15 лет.

Автор более 90 научных трудов. Область научных интересов – высшая школа в современном мире, проблемы профессионального образования и воспитания в новой эпохе.

Является основателем научной школы:
«Инновационные технологии региональной системы непрерывного профессионально-педагогического образования».



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
БУ ВО ХМАО-ЮГРЫ
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Еськов В.В.,
Козлова В.В.,
Попов Ю.М.
Филатов М.А.**

Биофизические основы радиационной безопасности

Учебное пособие предназначено для аспирантов
(специальность 03.02.08 - Экология и 03.01.02 - Биофизика) и
бакалавров (специальность БЖД)

Сургут – 2017

УДК 167/168-005; 517.997; 519.25; 57.081;57.084/.085;616-092.4(57+61)
ББК 32.84
Е89

Учебное пособие содержит теоретический материал направленный на формирование знаний и компетенций в области радиационной безопасности. Издание предназначено для аспирантов, магистрантов и студентов бакалавриата, обучающихся по специальностям и направлениям подготовки «Экология» «Биофизика», «Безопасность жизнедеятельности».

Подготовка обучающихся в области механизмов действия радиоактивного и электромагнитного излучения на живые организмы получает особое значение в связи с увеличением роли ядерной формы получения электроэнергии и тепла современными странами, а также широким использованием различных источников электромагнитных волн в промышленности и биологии.

Понимание биофизической природы действия радиоактивного и электромагнитного излучений особенно актуально, так как их эффекты могут существенно сказаться на эволюции жизненных форм нашей планеты от вирусов и бактерий до человека.

Учебное пособие также представляет интерес для учителей, занимающихся подготовкой учащихся профильных классов элективных курсов по соответствующим разделам современного естествознания.

Под редакцией ЗДН РФ, д.физ.-мат. н.,
д.биол.н., профессора

В.М. Еськова

Рецензенты:

ЗДН РФ, доктор медицинских наук, профессор

А.А. Хадарцев

ЗДН РФ, доктор биологических наук,
доктор технических наук, профессор

А.А.Яшин

Оглавление

	стр.
Введение	4
1.1 Изучение количественных закономерностей в природе с позиций детерминизма, стохастики и теории хаоса-самоорганизации	5
1.2 Понятие стохастических процессов. Явление радиоактивности	13
1.3 Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	20
1.4 Проведение радиационного обследования жилых и общественных зданий при помощи дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б	35
1.5 Оценка радиационной обстановки	58
1.6 Определение загрязненности веществ и поверхностей по α - излучению при помощи дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б	64
1.7 Расчет доз облучения	75
1.8 Поиск источников радиоактивных излучений, предметов и объектов, загрязненных радиоактивными нуклидами при помощи дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б	90
1.9 Особенности действия промышленных электромагнитных полей на организм человека в условиях Севера	97
Приложение	126

ВВЕДЕНИЕ

Если систематизировать общую проблему радиационной безопасности, то она распадается на ряд разделов. Во-первых, по длинам волн мы можем выделить радиоволновый диапазон, который генерируется техногенными источниками на Земле (длинные, средние, короткие и ультракороткие волны), а также они возникают при различных естественных процессах (грозы, землетрясения и т.д.). Солнце является источником радиоволн, инфракрасного и видимого света, а также ультрафиолета, рентгеновского и гамма-излучения. Все это электромагнитные волны с разными длинами волн $\lambda = \frac{c}{\nu} = c \cdot T$, где c – скорость света ($c=3 \cdot 10^8$ м/с), ν – частота ЭМВ, T – период колебаний. Если мы говорим о корпускулярном излучении (получается при ядерных реакциях или при выбивании электронов из атомов), то они тоже обладают длиной волны Де-Бройля ($\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$), где h – постоянная Планка, m – масса частицы, v – ее скорость. Любая корпускула – это волна, но ее энергия может быть очень большой и молекулярно-атомные эффекты тоже могут быть очень значительные при взаимодействии излучения с веществом.

В промышленности очень часто мы имеем дело с ЭМВ, которые генерируют радиоволны и вызывают системный эффект на уровне анализаторов или центральной нервной системы. Эти эффекты могут давать и патологический эффект на уровне психики, вызывать сбои в регуляции сердца, изменять гормональный фон человека. Одна из работ настоящего курса и будет представлять изменения в параметрах сердечно-сосудистой системы (ССС) у работников нефтегазовой промышленности.

В частности, можно зарегистрировать изменения параметров ССС у работающих в условиях ЭМВ - воздействий и без таковых. Эти тонкие эффекты мы сейчас можем регистрировать и описывать в рамках новых методов теории хаоса-самоорганизации, которые не всегда регистрируются и описываются методами классической статистики. Таким образом, кроме изучения эффектов действия ЭМВ и радиации (корпускулярной) мы одновременно изучили и новые методы обработки техногенных или биологических данных в рамках теории хаоса-самоорганизации.

Последнее составляет новое научное направление, которое разрабатывается Сургутской научной школой в области биофизики и теории сложных систем. Существенно, что именно слабые воздействия должны регистрироваться этими новыми методами. Традиционная статистика не может в принципе зарегистрировать такие эффекты из-за того, что только отдельные люди могут дать выраженную реакцию, а массово мы ничего, и не наблюдаем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИЗУЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В ПРИРОДЕ ВВЕДЕНИЕ

Радиоактивность и сопутствующие ей ионизирующие излучения существовали на Земле задолго до зарождения на ней жизни и присутствовали в Космосе до возникновения самой Земли. С момента зарождения Вселенной электромагнитные волны (ЭМВ) и корпускулярная радиация постоянно наполняют космическое пространство. Для Земли – это внешний фактор, действующий на живые организмы. Радиоактивные вещества, хотя и в незначительных количествах, постоянно присутствуют в окружающей человека космической среде и на самой Земле. В любой живой ткани человека присутствуют в следовых (очень малых) количествах радиоактивные вещества, которые поступают в наш организм извне.

Природа наделила человека органами чувств, реагирующими на свет, тепло, холод, боль и другими полезными органами, но не наделила его органами чувств, реагирующими на радиацию. Поэтому её наличие может быть обнаружено только косвенным путём с использованием современной сложной аппаратуры. Однако, в живой природе существуют биоиндикаторы, реагирующие на электрические и магнитные поля, а некоторые насекомые реагируют и на корпускулярное излучение.

Термин «радиация» или ионизирующее излучение означает вид излучения, который изменяет физическое состояние атомов или атомных ядер, превращая их в электрически заряженные ионы или продукты ядерных реакций. При определённых обстоятельствах присутствие таких ионов или продуктов ядерных реакций в тканях организма может изменять течение биологических процессов в клетках и молекулах. При накоплении этих событий может быть нарушен ход различных биологических реакций в организме и таким образом радиация представляет на молекулярно-клеточном уровне опасность для здоровья человека. Электромагнитные волны кроме этого могут давать и системные эффекты, действуя на мозг, различные рецепторы.

Корпускулярное радиоактивное излучение является следствием радиоактивных превращений элементов, точно так же, как, например, тепловое излучение и свет являются в большинстве случаев следствием атомных процессов или химических взаимодействий, например, горения. При воздействии радиоактивного излучения происходят мутации и, в целом, развитие жизни на Земле. Миллионы лет радиоактивному на Земле облучению подвергались живые организмы, подвергаемся сейчас и мы, будут подвергаться наши потомки и все живое. Однако, в связи с освоением атомной энергии радиационный фон Земли может повышаться, как это сейчас и происходит с

уровнем электромагнитного фона Земли (за 100 лет он вырос в миллионы раз в радиоволновом диапазоне).

Уже на ранних этапах своего индивидуального развития человек осознает, что закономерности в окружающей его природе носят различный характер. Например, если ребенок уронит чашечку, то она точно упадет на пол (процесс детерминированный), а вот разобьется она или нет – этого никто не гарантирует (процесс случайный, стохастический). Позже, в школе, подросток узнает, что процесс падения чашки описывается формулой $h = gt^2/2$, где h – высота падения, g – ускорение свободного падения. Это классический пример детерминистского процесса. Однако, теперь мы можем утверждать, что повышая точность измерений в таком опыте, мы убедимся, что для фиксированного h и g значения $t = \sqrt{2h/g}$, найденные в разных опытах, будут не совпадать. Причин здесь будет много, и Вы их сами можете попробовать назвать (какие?), но все невозможно учесть. Априори можно утверждать, что такие эксперименты требуют времени, а со временем и g меняется стохастически!

При таком подходе вся картина окружающего мира резко меняется! Очевидно, что практически мы имеем дело со стохастическими (или хаотическими, о чем будет сказано ниже) процессами. Детерминистские процессы – это, в определенном смысле, идеализация окружающей действительности, т.к. их выполнение всегда требует массы условий, и главное из них – неизменность условий проведения конкретного опыта. В действительности этого никто не гарантирует, и всегда в любых точных измерениях получают, так называемую, выборку-совокупность n измерений одной и той же величины.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

Объектом нашего исследования является радиационный фон бурового инструмента, спущенного в скважины на разные глубины Конитлорского и Федоровского месторождений. Конитлорское месторождение расположено на расстоянии 210 км от г. Сургута, близ деревни Рускинские. Месторождение разрабатывается с конца 1995 года. Федоровское месторождение расположено на расстоянии 45 км от г. Сургута близ пос. Новая Федоровка и пос. Федоровский разрабатывается с 1973 года.

Исследовался инструмент НКТ-73 мм; ТТ-73 мм; НКТ-60 мм; НКТ-89 мм; на шестнадцати скважинах, пяти кустовых площадок месторождения Конитлор и одной скважине одной кустовой площадки Федоровского месторождения. Для сравнительного анализа были выбраны в качестве объектов три жилых помещения г. Сургута, расположенные по пр. Комсомольский, дом построен в 1987 году.

Показания снимались с инструмента на скважинах различной конструкции и глубины: горизонтальных скважинах; скважинах с хвостовиком; на скважинах, которых производился гидроразрыв пластов. Разработка и освоение данных скважин ведется в различном временном периоде. Для анализа были взяты и вновь разрабатываемые скважины (с 2007 г.), и те, освоение и эксплуатация которых ведется более десятка лет (с 1973 г.). Измерения производились в различных временных интервалах, в различное время года, в различное время суток и при различных погодных условиях.

В результате измерений были получены некоторые сводные данные параметров радиационного фона бурового инструмента (табл. 1.3) и исследована зависимость интенсивности излучения от глубины спуска бурового инструмента в скважину.

Все данные были разбиты на три группы:

- глубина от 200 до 1000 метров;
- глубина от 1200 до 2000 метров;
- глубина от 2100 до 2940 метров,

Установлено, что интенсивность радиационного излучения не зависит существенно (статистически значимо) от диаметра и материала инструмента, конструкции скважин, сезонных и погодных условий, времени суток, а зависит лишь от глубины спуска. Это говорит о геологической природе радиационного фона. Имеются различия по показаниям снятым с инструмента Конитлорского и Федоровского месторождений. Радиационный фон бурового инструмента на Конитлорском месторождении менее значителен. Имеются различия с показаниями жилого помещения, в котором используются граниты как стройматериалы. Показания с инструмента, извлеченного с глубин от 1000 до 1500 метров соответствует показаниям жилого помещения, свыше 1500 метров превышает показания, характерные для жилого помещения.

В этой работе предлагается полученные данные (табл. 1.3) обработать с помощью одного из методов статистической обработки информации в виде расчета до доверительного интервала (при доверительной вероятности $\beta = 0,95$). Необходимо также построить корреляционную зависимость интенсивности излучения от глубины для первой и второй группы исследования.

Теория стохастических процессов и ее приложение – математическая статистика – дает нам возможность изучить такого рода количественные закономерности, если они получаются под действием случайных внешних факторов на фоне действия строгих физических законов. Если считать, что наши измерения описываются законом распределения Гаусса для случайной величины (СВ) t , то можно выполнить простейшую количественную оценку природного явления – рассчитать доверительный интервал (ДИ) для t по следующей схеме для некоторой примерной выборки t_i в виде четырех значений ($n=4$):

1. Определяем среднее арифметическое (статистическое математическое ожидание)

$$\langle t \rangle = \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{1,4 + 1,3 + 1,5 + 1,4}{4} = 1,4 \quad (1.1)$$

2. Определяем $D^*(t)$ – статистическую (выборочную) дисперсию (меру общего разброса t_i около t):

$$D^*(t) = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{t} - t_i)^2}{n} = \frac{(1,4 - 1,4)^2 + (1,4 - 1,3)^2 + (1,4 - 1,5)^2 + (1,4 - 1,4)^2}{4} = 0,005 \quad (1.2)$$

3. Определяем σ_t^* – статистическое (выборочное) среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma_t^* = \sqrt{D^*(t)} = 0,071 \quad (1.3)$$

4. Если проделать много серий опытов (из 4-х измерений, например) и найти среднее для всех \bar{t}_j , где j – номер серии опытов, то оказывается, что такое σ_j^* (оно называется среднее квадратическое отклонение среднего арифметического) будет равно:

$$\sigma_j^* = \sigma_t^* / \sqrt{k} = 0,04 \quad (1.4)$$

где $k = n - 1$ и называется числом степеней свободы.

5. Вычислить ДИ путем определения средней погрешности $\Delta \bar{t}$, которая равна:

$$\Delta \bar{t} = t_{k,\beta} \sigma_j^* \quad (1.5)$$

где $t_{k,\beta}$ критерий Стьюдента (берется из таблицы в Приложении 1).

Этот пример специально продемонстрирован для иллюстрации расчета доверительного интервала $\langle t \rangle \pm \Delta t$. Окончательно доверительный интервал определится как: $(\bar{t} - \Delta \bar{t}, \bar{t} + \Delta \bar{t})$. Внутри его с доверительной вероятностью β попадает истинное значение измеряемой случайной величины (СВ), причем обычно берут $\beta = 0,95$ в лабораторных исследованиях, (в медицине – $\beta = 0,99$, а в космонавтике $\beta = 0,999$ и выше!) Грубо говоря, это значит, что в 95 случаях из 100 истинное значение СВ попадает в вычисленный Вами ДИ, а в 5-ти – не попадает.

В общем случае под t можно понимать что угодно, например, вес или рост обучающегося определенного возраста и пола, данные параметров радиационного фона бурового инструмента и т.д.

Отметим, что σ играет большую роль в количественной оценке закономерностей природы. Поясним примером. Вы обследуете группу учащихся какой-либо школы по некоторым показателям. Это могут быть антропометрические (масса, рост, становая сила) или психофизиологические (время сенсомоторной реакции, например) показатели. В нашем случае это также данные параметров радиационного фона бурового инструмента (в

зависимости от глубины скважины), что и предлагается выполнить в данной работе. При получении средних значений \bar{x} и σ_x , будем иметь следующую градацию – количественную оценку данного показателя, которую можно использовать для оценки степени отклонения некоторого элемента выборки от $\langle t \rangle$:

Таблица 1.1

Количественная оценка показателей градации параметров

Градация (параметры)	Граница отклонений
Низкий	$\bar{x} - 2\sigma_x$ и менее
Ниже среднего	$\bar{x} - \sigma_x + \bar{x} - 2\sigma_x$
Средний	$\bar{x} \pm \sigma_x$
Выше среднего	$\bar{x} + \sigma_x + \bar{x} + 2\sigma_x$
Высокий	$\bar{x} + 2\sigma_x$ и более

Очень часто процессы протекают во времени, т.е. зависят от времени или зависят друг от друга. Например, Ваша масса зависит от Вашего роста, результаты параметров радиационного фона бурового инструмента от глубины скважины и т.д. Априори ясно, что эти зависимости имеют не детерминистский характер, т.е. они не описываются функциональной зависимостью типа $y = f(x)$, когда каждому значению независимой переменной x ставится в соответствие одно или несколько, но вполне определенных значения y . Здесь уместно говорить о статистической (вообще – стохастической) зависимости, когда одному x (росту) соответствует целый набор (ряд распределения) переменной y (массы тела). Вам предлагается, используя полученные экспериментальным путем данные (глубина скважины), рассчитать распределение величины y для данной x (показатели счетчика Гейгера), т.е. построить статистический ряд распределения (или гистограмму) для Конитлорского месторождения и сгруппировать в таблицу следующего вида (табл. 1.2).

Далее вам необходимо построить зависимость P_i^* (x), откладывая по горизонтали Δx_i , а по вертикали P_i^* . Существенно, что при $n \rightarrow \infty$ и $\Delta x_i \rightarrow 0$, Вы должны получить некоторый аналог функции распределения Гаусса (однако, выборка тогда должна быть очень большой!), имеющую вид (рис. 1.1), где

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (1.6)$$

Постройте гистограммы и заполните таблицы для параметров глубина скважины и радиационный фон бурового инструмента (показатели счетчика Гейгера)

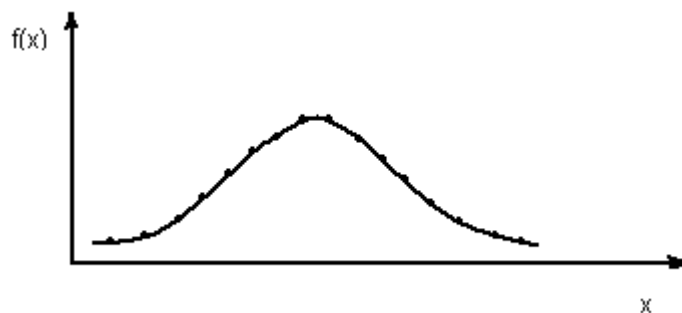


Рис. 1.1 Пример графического представления функции Гаусса на основе экспериментальных расчетов $f(x)$

Многие стохастические процессы описываются функцией Гаусса, но есть и другие распределения, например, Пуассона. Значение $f(x)$ полностью определяет СВ.

Если мы изучаем неизвестные зависимости $y = y(x)$, то существуют методы аппроксимации (приближения) этих зависимостей к некоторым функциональным, которые удобно представлять и исследовать (неудобно же Вам носить за собой все таблицы серий опытов для $y = y(x)!$).

Более того, можно оценить степень взаимосвязи $y = y(x)$, используя коэффициент корреляции r . Рассмотрим это на простейшем примере предполагаемой линейной зависимости:

$$y = kx + b, \quad (1.7)$$

где $k = \operatorname{tg} \alpha$ – угловой коэффициент прямой на оси y . В уравнении (1.7) величина k связана с коэффициентом r , который представляет степень зависимости $y(x)$, однако r вычисляется по формуле (1.11).

Таблица 1.2

Параметры частот событий $P_i^*(x)$ радиационного фона бурового инструмента, спущенного в скважины на разные глубины Конитлорского месторождения, для построения гистограмм на основе табл. 1.3

Интервалы Δx_i (показатели счетчика Гейгера)	50 – 55	55 – 60	60 – 65	65 – 70	70 – 75	75 – 80
m_i – число параметров с данным признаком						
Статистическая частота события $P_i^*(x) = \frac{m_i}{n} = \frac{m_i}{10}$						

Итак, в опыте мы получили значения x_i и им соответствующие y_i , т.е. получили таблицу 1.3, причем x_i возрастает (или убывает). В качестве x могут выступать показатели счетчика Гейгера (число регистрируемых частиц в минуту), а y – глубина скважины в метрах, и Вы должны найти эту зависимость в виде $y = kx + b$ и вычислить степень связи (корреляции) y от x , используя для этого метод наименьших квадратов. Для упрощения этих расчетов мы вам предлагаем уже готовую программу ЭВМ (расчет $y = y(x)$).

Метод наименьших квадратов (МНК) основан на определении суммы:

$$Z = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 \quad (1.8)$$

и выполнения требования чтобы $Z \rightarrow \min$ при $f(x_i) = kx_i + b$. У нас есть возможность варьировать параметрами k и b в (1.7) как переменными величинами, т.е. для вычисления $\min Z$ можно взять производные по k и b и приравнять их к нулю. Тогда имеем:

$$\frac{\partial Z}{\partial k} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - kx_i - b)(-x_i) = 0, \text{ или } 0 = \sum_{i=1}^n (-y_i x_i + kx_i^2 + bx_i).$$

Здесь символ ∂ обозначает частную производную, т.к. у нас Z функция нескольких переменных – k и b .

Поскольку знак суммы применим к каждому слагаемому, то обозначим через:

$$L = \sum_{i=1}^n (-y_i x_i), \quad M = \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad N = \sum_{i=1}^n x_i, \text{ имеем } 0 = L + kM + bN$$

Далее из условия минимума для второй величины b :

$$\frac{\partial Z}{\partial b} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - kx_i - b)(-1) = 0 \text{ или } 0 = \sum_{i=1}^n y_i - k \sum_{i=1}^n x_i - bn$$

Тогда обозначив $R = \sum_{i=1}^n y_i$, получим второе уравнение $0 = R - kN - bn$.

Имеем систему из 2-х уравнений:

$$\begin{aligned} L + kM + bN &= 0 \\ R - kN - bn &= 0. \end{aligned} \quad (1.9)$$

Отсюда легко определить:

$$k = (Ln + RN) / (N^2 - Mn); \quad b = \frac{R - kN}{n} \quad (1.10)$$

Несмотря на некоторую громоздкость вычислений, программа ЭВМ составляется легко и по формулам (1.10) на ЭВМ Вам предстоит построить уравнение регрессии $y = y(x) = kx + b$ и представить это на графике для зависимости показателей счетчика Гейгера от глубины скважины.

Кроме того, Вы должны оценить коэффициент корреляции r , полученной Вами зависимости $y(x)$ по формуле (1.11), которая справедлива только для нормального распределения Гаусса (рис. 1.1).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sigma_y \sigma_x} \quad (1.11)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Используя результаты таблицы 1.3 (параметры: глубина скважины – y и показатели счетчика Гейгера - x) произведите расчет доверительного интервала ($y - \Delta y, y + \Delta y$) с $\beta = 0,95$ и по границам отклонения (табл. 1.1) определите градацию (средний, низкий, высокий для каждого параметра для всех групп исследования).

2. Выполните расчет по таблице 1.2 и постройте гистограмму распределений P_i^* от Δx_i , объединив все три группы исследования.

3. Используя программу ЭВМ (или) калькулятор, рассчитайте L, M, N, R и далее k и b по формулам (1.10). Запишите уравнение регрессии $y = kx + b$, постройте график $y = y(x)$ и вычислите коэффициент корреляции r по формуле (1.11) для трех групп исследования (согласно табл. 1.3).

Примечание. Целесообразно рассчитать 3 коэффициента корреляции для трех интервалов глубин (3 столбца табл. 1.3) и сравнить для наших глубин r выше, т.е. сравнить r_1, r_2, r_3 .

Таблица 1.3

Данные параметров радиационного фона извлеченного из скважин бурового инструмента: зависимость интенсивности излучения от глубины спуска бурового инструмента в скважину для месторождения Конитлорское

1 группа		2 группа		3 группа	
До 1000 метров	Показани я прибора	До 2000 метров	Показани я прибора	До 3000 метров	Показани я прибора
270	52	1200	144	2100	184
280	62	1200	148	2200	218
320	84	1200	154	2200	224
480	90	1230	128	2200	240
500	62	1320	128	2200	242
500	76	1500	124	2210	218
500	116	1500	172	2270	272
510	92	1620	184	2450	280
700	98	1680	194	2500	280
800	122	1750	152	2560	284
900	124	1860	176	2600	280
940	124	1950	182	2640	288
1000	98	1980	210	2800	342

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ПОНЯТИЕ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ЯВЛЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

1-й этап – САМОПОДГОТОВКА

Цель этапа:

1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.
 2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.
1. Исходный уровень знаний.
- Для изучения темы необходимо повторить:
1. Силы в природе (гравитационные, кулоновские, центробежные).
 2. Законы сохранения энергии, массы, заряда.
 3. Строение атома и ядра.
 4. Сведения из теории вероятностей и математической статистики.
2. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся должен уметь ответить на следующие вопросы и решить задачи:
1. Какие виды ядерных взаимодействий Вы знаете?
 2. Что такое α - распад и β - распад? Охарактеризуйте их.
 3. Объясните энергетический спектр β - частиц при β - распаде.
 4. Как происходит испускание γ - лучей ядрами атомов?
 5. Получите дифференциальное уравнение для вероятности радиоактивного распада.
 6. Каков физический смысл произведения $\lambda \Delta t$?
 7. Что такое период полураспада и как он определяется?
 8. Допишите уравнения ядерных реакций:
$${}_6\text{C}^{11} \rightarrow {}_5\text{B}^{11} + e^+ +$$
$${}_6\text{C}^{14} \rightarrow {}_7\text{N}^{14} + e^- +$$
$${}_q\text{Z}^A \rightarrow e^+ +$$
 9. Вычислить, чему равна вероятность того, что ко времени $t = 2$ не произойдет ни одного распада ($m = 0$), если $\lambda = 1/2$.
 10. Чему равен период полураспада изотопа, если $\lambda = 5$?
 11. Как определить константу радиоактивного распада λ_0 и концентрацию C радиоактивного вещества в данной навеске M .

2-й этап – ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Цель этапа: определить фон радиационного излучения (РИ), константу радиоактивного распада данного вещества λ , построить статистический аналог распределения Пуассона, определить период полураспада данного изотопа на основе измерений показаний РИ (счетчика Гейгера).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Включить счетчик Гейгера. Открыть радиоактивный препарат (для выполнения п.4).
2. Определяем радиоактивный фон путем измерения числа импульсов m за $\Delta t = 10$ с 5 раз и усредняем, т.е. $N_\phi = (\sum m_i)/5$.
3. Установить время экспозиции $\Delta t = 10$ с, включить устройство регистрации 20 раз и записать показания счетчика импульсов в таблицу 2.1 после каждого измерения.
4. Вычислить все необходимые величины по таблице 2.1 и, в конце, $dN = \lambda \Delta t$ и значение $\lambda = (1/\Delta t) \cdot \sum m_i \cdot P_m^*(\Delta t)$, где $P_m^*(\Delta t) = K_i/n$ является частотой события – появления в n испытаниях K раз m_i импульсов на табло счетчика за интервал Δt . Вычисляя значение m_i , необходимо вычитать значение фона (N_ϕ).

Таблица 2.1

Показатели, полученные с помощью счетчика Гейгера в эксперименте

число импульсов m_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11...
сколько раз появлялись K_i												
$P_m^*(\Delta t) = K_i/n$ частота появления												
λ												

5. Постройте (в виде прямоугольников) график зависимости P_m^* от m_i , откладывая по горизонтали интервалы изменения Δm_i , а по вертикали P_m^* .
6. Используя из блока информации (2.8) и (2.4), определите константу радиораспада $Co^{60} - \lambda_0$ и его период полураспада T (из (2.9)).

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

В природе многие процессы имеют случайный (стохастический) характер. Вот почему статистический анализ любых измерений крайне важен. В предыдущей работе Вы определяли доверительный интервал величин, с которыми Вы имеете дело на производстве (это были Ваши расчетные показатели радиационного фона). Все подобные процессы приблизительно укладываются в нормальный закон распределения – распределение Гаусса. Однако, в природе есть много процессов, подчиняющихся другому распределению – распределению Пуассона. Это, прежде всего протекающие во времени процессы: вероятность прожить до 70, 80 или 90 лет, вероятность рождения Вашего (будущего?) ребенка в ближайшие 2, 3 или 10 часов,

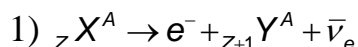
вероятность, что позвонит дорогой Вам человек в ближайшие t минут и т.д. Как оценивать эти процессы количественно? Ответ на эти вопросы – в данной работе на примере реальных физических процессов радиоактивного распада. Мы специально останавливаемся на этом примере, т.к. живем в атомный век, и злободневность основных понятий (радиоактивный фон Земли, токсичность радионуклидов, облучение) не требуют какого-либо специального акцентирования для любого гражданина Планеты. Однако первоначально и прежде всего, небольшой, но необходимый экскурс в основные элементы ядерной физики.

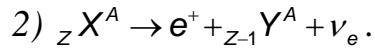
В современной физике под радиоактивностью понимают спонтанное (самопроизвольное) превращение неустойчивого изотопа химического элемента в другой изотоп, при этом самопроизвольно происходит изменение состава атомного ядра, сопровождающееся испусканием ядрами элементарных частиц или других ядер (например, ядер ${}_2\text{He}^4$ - α - частиц). Эти процессы являются результатом либо сильных взаимодействий (ядерных сил), для которых характерно наличие потенциальных барьеров (кулоновского и центробежного), либо слабых взаимодействий (например, для β - распада). Испускание ядрами гамма-излучения обусловлено квантовыми переходами между различными состояниями одного и того же ядра и не приводят к изменению состава ядер, поэтому они не относятся к числу радиоактивных превращений, но они тоже представляют излучение (по характеру - это ЭМВ).

При α - распаде из ядра X вылетает α - частица (двукратно ионизированный атом $\text{He} - {}_2\text{He}^4$), при этом образуется новое ядро Y с зарядом Z , меньшим на 2 единицы, и массовым числом A , меньшим на 4 единицы, т.е.:
 ${}_Z X^A \rightarrow {}_2\text{He}^4 + {}_{Z-2} Y^{A-4}$.

Образуется ядро химического элемента, расположенного в таблице Менделеева левее на 2 клетки от исходного X (смещение влево). Кинетическая энергия вылетающей α - частицы определяется массами ядер X и Y и α - частицы, при этом энергетический спектр α - частицы – дискретный. Известно более 200 α - активных ядер, расположенных, в основном, в конце периодической системы, и 20 α - активных изотопов редкоземельных элементов, которые дают α - частицы с энергиями 4-9 МэВ и 2-4,5 МэВ соответственно ($1 \text{ МэВ} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$).

При β - распаде происходит самопроизвольное испускание или поглощение электронов (e^-) или позитронов (e^+), нейтрино (ν_e) или антинейтрино ($\bar{\nu}_e$), обусловленное взаимным превращением протонов и нейтронов внутри ядра. При этом образуется новое ядро Y химического элемента, расположенного в таблице Менделеева на одну клетку правее исходного или левее (позитронный распад), т.е.:

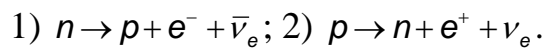




Например:



Т.к. масса β - частицы много меньше массы составных частиц ядра протонов (p) и нейтронов (n), то мы ее не учитываем в наших реакциях. Далее, появление нейтрино при β - распаде было предсказано теоретически на основании закона сохранения энергии и спина, и только в 1956 году удалось экспериментально зарегистрировать эту частицу, которая не имеет заряда, с массой покоя равной нулю, но она обладает полуцелым спином, как все фермионы. При β - распаде массовое число A не изменяется, поэтому общее число протонов и нейтронов тоже сохраняется, значит должны происходить превращения $n \rightarrow p$ и $p \rightarrow n$ согласно реакциям:



Энергетический спектр образующихся β - частиц непрерывный, с выраженным максимумом, характерным для данного радиоактивного ядра. На рисунке 2.1 по вертикали – число частиц, образовавшихся при радиоактивном распаде за некоторый интервал t , по горизонтали – энергия этих частиц.

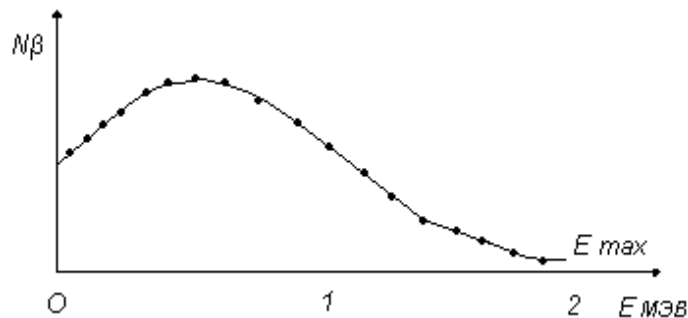


Рис. 2.1 Непрерывный энергетический спектр β - частиц

Гамма - лучи испускаются ядрами в возбужденном состоянии. В этих состояниях (метастабильных) ядра могут существовать, в зависимости от свойств данного энергетического уровня и уровня, на который переходит ядро после излучения (спин, четность, энергия), от 10^{-10} секунд до нескольких лет. Довольно часто возбужденное ядро, не излучая γ - квантов, передает свою избыточную энергию электронной оболочке, при этом вылетает один электрон из атома, и возникает вторичное излучение рентгеновского или оптического диапазонов. Такой процесс называется внутренней электронной конверсией.

Во всех рассмотренных случаях ядерные процессы и последующие излучения являются случайными (стохастическими) процессами, описываемые законами теории вероятности. Если для данного числа ядер процесс распада в интервале $(t, t + \Delta t)$ не зависит от предшествующих событий, а вероятность процесса за малый интервал времени dt пропорциональна этому интервалу и

равна λdt , где λ - некоторая величина, равная среднему числу распадов ядер за время dt при общем количестве ядер N к моменту времени t , то такой процесс подчиняется закону Пуассона. При этом мы считаем вероятность наступления 2-х и более событий (распадов) за dt , близкой к нулю (практически невозможное событие).

Тогда вероятность того, что за время от t до $t + dt$ не произойдет ни одного распада ($m = 0$) определится из дифференциального уравнения следующего вида:

$$dP_0(t)/dt = -\lambda P_0(t) \quad (2.1) \text{ (см. ниже примечание)}$$

Его решением является:

$$P_0(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

В общем случае вероятность наступления m событий за интервал $(0, t)$ равна $P_m(t) = (\lambda t^m / m_i) \cdot e^{-\lambda t}$, где $m_i = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot m$. У этого распределения математическое ожидание равно дисперсии и имеет вид:

$$M[X] = \lambda t = D[X] \quad (2.3)$$

Для определения константы λ необходимо взять малый промежуток времени Δt , в течение которого происходит 3-5 распадов (в среднем) и построить статистическую функцию распределения Пуассона $P_m^*(\Delta t) = K/n$, где K - число испытаний, в которых за Δt зарегистрировано m распадов, а n - общее число испытаний. Для большей точности n берут побольше, тогда $P_m^*(\Delta t) \rightarrow P_m(t)$. Значение λ определим из формулы:

$$\lambda \Delta t = M^*[X] = \sum_{i=1} m_i P_m^*(t) = \sum_{i=1} m_i (K_i / n) \quad (2.4)$$

В нашей работе $n = 20$, $\Delta t = 10$ с, а m_i изменяется от 0 до некоторого максимального числа, которое определяет обучаемый практически, с помощью счетчика импульсов за каждые 10 секунд. В данной работе Вы должны 20 раз измерять каждое m_i (время измерений 10 с) и записывать результаты в таблицу 2.1. Здесь K_i - число раз в 20 опытах, когда появляется одно и то же m_i .

Например, если m_i не превышал фон (т.е. $m_i = 0$) 3 раза в 20 испытаниях, то $K_i = 3$, $P_m^*(10) = 3/20$ и т.д. Зная K_i и P_m^* из формулы (2.4) необходимо определить $\lambda \Delta t$ (где $\Delta t = 10$) и, далее, $\lambda = M^*[X]/10$.

Примечание: вероятность того, что за интервал $(0, t)$ не произойдет ни одного распада $P_0(t)$, а вероятность $P_0(t+dt)$ отсутствия распада в интервале $(0; t+dt)$ равна произведению: $P_0(t+dt) = P_0(t)(1 - \lambda dt)$ (второй сомножитель равен вероятности того, что за dt не будет распада). Отсюда: $(P_0(t+dt) - P_0(t))/dt = -\lambda P_0(t) = dP_0(t)/dt$

Отметим, что, откладывая по горизонтали m_i , а по вертикали P_m^* , и строя из прямоугольников (с основанием 1 или больше, если m_i изменять через 2, 4 или большее число единиц) некоторый график, мы получаем статистический аналог

распределения Пуассона. В данной работе Вам предлагается построить такой график.

Однако, вычисленное значение λ определяет среднее значение распадов данного числа ядер за dt для данного вещества в данный момент времени t . Это значит, что для разных моментов времени t_1 и t_2 среднее число распавшихся ядер за dt ($dN(t_1)$ и $dN(t_2)$ соответственно) будет различным. Конкретно, это число с течением времени уменьшается, вследствие уменьшения оставшихся ядер $N = N(t)$ (не распавшихся). Тогда можно аппроксимировать зависимость $\lambda = \lambda(N)$ линейно - $\lambda = \lambda_0 N$ и среднее число распавшихся ядер dN за интервал dt определится из уравнения:

$$dN = -\lambda_0 N dt \quad (2.5)$$

Где λ_0 – физическая константа, которая не зависит от N , а определяется внутренними физическими процессами (устойчивость ядер). Для каждого вида изотопов она определяется по формуле 2.9, если известно T .

Знак «-» соответствует тому, что общее число оставшихся ядер с течением времени уменьшается, тогда:

$$dN/N = -\lambda_0 dt \rightarrow N = N_0 \cdot e^{-\lambda_0 t} \quad (2.6)$$

где N_0 – число ядер в начальный момент времени $t = 0$.

Величину λ_0 для данного вещества можно определить различными способами. Простейший из них заключается в определении λ (см. выше) и N – числа не распавшихся ядер ко времени t , тогда $\lambda_0 = \lambda/N$. Обычно N определяют из массы навески радиопрепарата M и процентного содержания радиоактивных ядер C_x %:

$$N = (M \cdot C_x \% / A \cdot 100\%) \cdot N_A \quad (2.7)$$

где A – атомная масса исследуемого элемента, а N_A – число Авогадро ($N_A = 6,62 \cdot 10^{26}$).

Для вещества, используемого в работе $M = 0,1$ г, ($C_x = ?\%$ $A = 60$) C_x и A задается преподавателем.

Второй способ требует знаний dN в разные моменты времени t_1 и t_2 : $dN(t_1) = -\lambda_0 \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda_0 t_1} dt$ и $dN(t_2) = -\lambda_0 \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda_0 t_2} dt$, тогда $dN(t_1)/dN(t_2) = e^{\lambda_0(t_2-t_1)}$. Отсюда:

$$\lambda_0 = (\ln dN(t_1) - \ln dN(t_2)) / t_2 - t_1 \quad (2.8)$$

Значение $dN(t_1)$ задается преподавателем из данных предыдущих исследований, а $dN(t_2)$ вычисляется в настоящей работе экспериментатором, оно равно $\lambda \Delta t$ (см. (2.4)). Зная λ_0 , $dN_2(t)$, $dt = 10$ с, можно найти $N(t_2) = N$, которое входит в формулу (2.7). Из формулы (2.7) можно определить процентное содержание радиоактивных ядер C_x в предложенной Вам навеске изотопа кобальта Co^{60} . В целом, это эффективный метод определения содержания радионуклидов в любом препарате.

Однако, если мы имеем дело с изотопом, у которого **период полураспада** (время T , за которое останется половина ядер от исходного числа ядер), уже известен, то можно определить λ . Действительно $N(t) = N_0/2 = N_0 \cdot e^{-\lambda T}$, отсюда:

$$T = \ln 2 / \lambda \quad (9)$$

У некоторых изотопов T очень велик (U_{235}). Тогда использовать вышеуказанный метод на практике сложно ($t_2 - t_1$, очень велико!). Тем не менее, для короткоживущих изотопов он вполне применим.

В заключение отметим, что в учебном процессе, здравоохранении для различных целей используют различные изотопы, в основном короткоживущие (почему?). Количество таких веществ принято характеризовать не весом, а его **активностью** (количество превращений в единицу времени). В настоящее время приняты три единицы измерения активности: 1) **Кюри** – активность некоторого вещества, дающего в секунду $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов, т.е. $1 \text{ кюри} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ распад/с}$ (такова активность 1 г радия); 2) **Резерфорд** – $1 \text{ рд} = 10^6 \text{ распад/с}$; 3) **Беккерель** соответствует одному распаду в секунду.

Зная λ_0 и активность препарата можно определить его количество в данный момент времени (как?).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

Обучаемый должен знать понятие ионизирующего излучения (ИИ), его виды, взаимодействие с веществом, практическое использование ИИ в технике и в быту.

Обучаемый должен уметь с использованием расчетных формул определять длину пробега α - и β - частиц в различных средах и тканях, определять энергию α - и β - частиц различных радионуклидов, плотность поглощающего вещества.

Практическое значение работы: в работе кратко изложены теоретические основы взаимодействия ИИ с веществом, даны основные расчетные соотношения, графики, таблицы для решения задач, с которыми приходится иметь дело при эксплуатации ядерных энергетических установок, и основы описания проводимых исследований при взаимодействии ИИ с веществом.

Бюджет времени: лабораторные и практические занятия – 4 часа, лекции – 2 часа, самостоятельная подготовка – 4 часа.

1-й этап – САМОПОДГОТОВКА

Цель этапа: изучить информацию, необходимую для выполнения работы, осуществить проверку качества усвоения полученных знаний путем ответа на вопросы и решения задач.

Для изучения темы необходимо повторить основные понятия: основные виды ионизирующего излучения: α и β - излучение, для самоконтроля ответить на следующие вопросы:

1. Что такое ион, как образуется пара ионов?
2. В чем измеряется энергия связи электронов в атомах и молекулах, запишите математическую формулу?
3. Что такое моноэнергетическое и немонаэнергетическое ионизирующее излучение.
4. Что такое упругое рассеяние α - частиц?
5. Что такое длина пробега частиц?
6. Как подразделяется ионизирующее излучение, в зависимости от массы и заряда.
7. Запишите формулы Гейгера (3.6) и кривую Брега, поясните их?

Задачи для самостоятельного решения для α - излучения

3.1 Рассчитать пробеги α - частиц в алюминии, свинце, воде, если в воздухе пробег равен $R_a=3$ см.

- 3.2 Определить длину пробега α - частицы с энергией $E_\alpha = 5$ МэВ в биологической ткани, если $A_{\text{ткани}}=15,7$; $Z_{\text{эф.}} = 7,5$; $\rho= 1$ г/см³.
- 3.3 Определить энергию α - частиц радионуклида U-235, если пробег ее в воздухе равен 3 см.
- 3.4 Определить толщину свинцовой фольги, которой необходимо окружить источник α - излучения радионуклида Po-210, если энергия $E_\alpha= 5,3$ МэВ.
- 3.5 В подвальном помещении имеется концентрация радона Rn-222. Пробег α - частиц радона в воздухе $R_{\text{воздух}} = 4$ см. Определить их энергию (МэВ).

Задачи для самостоятельного решения для β - излучения

- 3.6 В медицинской радиационной терапии используют γ - излучение $^{137}_{55}\text{Cs} \xrightarrow{\beta^-} ^{137}_{56}\text{Ba} \xrightarrow{\gamma} ^{137}_{56}\text{Ba}$ (стаб.) с $E_\gamma = 0,662$ МэВ .
Необходимо отсеять β - излучение. Найти толщину экрана из алюминия.
- 3.7 Каков пробег β - частицы в воздухе R_0 (см), если в алюминии ее пробег равен 1,5 г/см²?
- 3.8 Определить максимальную энергию E_β^{max} радиоактивного элемента ряда урана, если максимальный пробег в алюминии $R_{\text{Al}}=1,5$ г/см²?
- 3.9 Вычислить толщину слоя алюминия, уменьшающего интенсивность β - излучения наполовину, если $R_{\text{max}} = 1,1$ г/см²?

2-й этап – ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Цель этапа: изучив блок информации решить задачи и по расчетным формулам научиться определять длину пробега α - и β - частиц в различных средах и тканях, определять энергию α и β - частиц различных радионуклидов, плотность поглощающего вещества.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

Введение. Изменение некоторых величин в области радиационной защиты может быть выражено математически в виде степенной функции. Это означает, что одна величина изменяется так, как другая величина, возведенная в степень. Практическим примером может служить выведение из организма вместе с мочой некоторых радиоактивных веществ как функции времени.

Многие физические явления, которые мы измеряем, в физике радиационной защиты растут или спадают согласно экспоненциальному закону. Это означает, что в расчетные формулы входит "е" — основания натурального логарифма ($e = 2,718281\dots$), возводимое в некоторую положительную или отрицательную степень. Обычными примерами могут быть радиоактивный распад ядер или прохождение гамма-излучения через тонкие слои вещества.

Часто случается, что величина, которая изучается, находится в экспоненте (функции аналогичной зависимости). Из алгебры известно, что натуральный

логарифм от "e", возведенный в некоторую степень, равен этой степени. Это связано, в целом, со свойствами логарифмов.

Вспомним, что $\log 100 = \log (10^2) = 2$ и $\log 1000 = \log (10^3) = 3$. Отсюда, если e — основание натурального логарифма, то $\ln (e^x) = x$.

Механика изучает механические движения тел и силы, которые его обуславливают. Основные законы механики сформулированы в конце XVII века английским физиком Исааком Ньютоном.

Положение любого тела в пространстве возможно определить только относительно другого тела или совокупности тел. В природе все тела движутся и нет тел, которые пребывают в состоянии абсолютного покоя. Таким образом, всякое движение тел и покой являются относительными. Тело или группа тел, относительно которых рассматривается движение данного тела, называется **системой отсчета**. Например, в Солнечной системе отсчета движение тел рассматривается относительно Солнца.

Передвижение тела в системе отсчета всегда имеет **вектор**. Вектор в физике и математике — это величина, имеющая абсолютное значение и направление. Например, **скорость** в физических терминах есть изменение положения тела за определенное время в определенном направлении, и может быть записана так: 90 км/час на Запад. Таким образом, скорость — это векторная величина. Другая векторная величина — это ускорение. **Ускорение** есть изменение скорости за определенное время в определенном направлении. Например, ускорение тела в гравитационном поле Земли имеет значение 9,8 м/сек за секунду по направлению к центру Земли.

Сила есть определенное воздействие на тело. Если это воздействие приведет к перемещению тела, то говорят, что была выполнена определенная физическая работа. Количество работы получается путем умножения силы на величину перемещения. Например, если силой 20 Кг переместить предмет на высоту 1,5 м над поверхностью пола, то работа равна 20 Кг 1,5 м = 30 Кг·м (килограммометров). Фактор времени в отношении работы не принимается во внимание. Время учитывается при определении мощности. **Мощность** есть скорость выполнения работы, при этом количество работы делится на время.

В физике **энергия** означает способность выполнять работу. Эта способность может быть связана как с неподвижным телом (потенциальная энергия, например, вода за высокой плотиной), так и с движущимся (кинетическая энергия, например — падающий счетчик Гейгера). Если счетчик Гейгера лежит на краю стола, он имеет потенциальную энергию относительно пола. Величина этой энергии вычисляется путем умножения его массы на высоту и на ускорение силы тяжести, $9,8 \text{ м/с}^2$. Заметим, что потенциальная энергия может быть преобразована в кинетическую энергию движения путем столкновения предмета со стола и достижения им пола. При столкновении с полом предмет достигает кинетической энергии равной потенциальной,

которую он имел лежа на столе. Предмет, упавший на пол, может выполнить работу, деформируя пол, или нагревая паркет. Равенство кинетической и потенциальной энергий называется законом сохранения энергии. Энергия обычно измеряется в Джоулях ($1 \text{ Дж} = 6,242 \cdot 10^{18} \text{ эВ}$). Количество кинетической энергии движущегося тела вычисляется как половина произведения массы на квадрат скорости.

Электричество рассматривает движение и взаимодействие электрических зарядов. Говорят, что тело несет электрический заряд, если оно обладает электрической потенциальной силой положения. Это значит, что оно может испытывать действие силы в электрическом поле и может двигаться к или от источника поля, если оно свободно. В природе существует два вида электрических зарядов: положительный и отрицательный. Правило о направлении силы, действующей на заряды, определяет, что одноименные заряды отталкиваются, а разноименные заряды притягиваются. Например, положительно заряженный электрод в ионизационной камере может притягивать (собирать) к себе электроны, находящиеся в ней.

Важным законом электричества, который многократно используется в радиационной защите, есть закон Кулона, определяющий величину силы между двумя заряженными объектами. Этот закон назван в честь французского физика Шарля Кулона, который открыл его в 1780г. Закон Кулона выражается следующей формулой:

$$F = \frac{k \cdot Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad (3.1)$$

где: k — коэффициент пропорциональности;

Q_1 — заряд первого объекта;

Q_2 — заряд второго объекта;

r — расстояние;

В соответствии с законом Кулона, сила между зарядами обратно пропорциональна квадрату расстояния между зарядами: чем ближе заряды, тем сила больше. В международной системе единиц (СИ) за единицу заряда принят кулон (Кл). Один кулон равен $6,3 \cdot 10^{18}$ зарядов электрона.

Электрический ток есть перемещение зарядов по проводнику, например, через проволоку. Электрический ток назван по аналогии с течением (током) воды через трубу. Величина тока измеряется в амперах, (сокращенно — А. Все единицы в физике, названные в честь человека, открывшего закон, эффект и т. д., обозначаются заглавными буквами). Один ампер — это ток, который существует при прохождении заряда равного одному кулону через сечение проводника за одну секунду. Так как заряд электрона равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, то ток величиной 1А означает протекание по проводнику $6,3 \cdot 10^{18}$ электронов в сек.

Ион — это атом, который потерял или получил дополнительно заряд, обычно в виде заряда электрона. Например, облучая вещество, можно выбивать

электроны из нормально активных атомов. Положительно заряженный атом и выбитый электрон образуют пару ионов. Например, в сфере радиационной защиты при воздействии ионизирующего излучения на человека первичным результатом является образование положительных и отрицательных ионов воды в клетках организма.

Разность потенциалов, часто неверно называемая напряжением, есть разница электрической потенциальной энергии между точками, которые, например, могут находиться в электрической цепи. Это аналогично давлению в водяной трубе. Единица измерения разности потенциалов называется вольт (В).

В водяной трубе трение воды о стенки приводит к ослаблению потока. В электрическом проводнике это ослабление называется сопротивлением. Сопротивление измеряется в Омах (Ом). Резисторы, применяемые в обычных электронных схемах, имеют сопротивление от нескольких десятых Ома до нескольких миллионов Ом. Такие материалы, как медь, которые имеют малое сопротивление, называются проводниками. Материалы типа стекла или пластика имеют большое сопротивление и называются изоляторами. Некоторые материалы имеют сопротивление, величина которого изменяется в пределах от проводников до изоляторов. Эти материалы называются полупроводниками. Примеры полупроводников — кремний и германий. Полупроводники находят все возрастающее применение в современной электронике.

Для проводников существует определенная связь между током, сопротивлением и разностью потенциалов. Эта зависимость выражается законом Ома, который выражается следующей формулой:

$$U = I \cdot R, \quad (3.2)$$

где: U — разность потенциалов в вольтах,

I — ток в амперах,

R — сопротивление в Омах.

Электрическая мощность (P) измеряется в ваттах (Вт). Мощность вычисляется как произведение тока на разность потенциалов: $P = I \cdot U$.

Электрическая цепь характеризуется направлением потока электронов. Если электроны всегда перемещаются в одном направлении (пусть даже с разной скоростью в различные интервалы времени), тогда ток называется постоянным током. Если электроны перемещаются, изменяя время от времени направление движения, то такой ток называется переменным.

Необходимо отметить, что в периодических волнообразных процессах соотношение между длиной волны и частотой постоянно. Для электромагнитных волн, распространяющихся со скоростью света c ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с), соотношение имеет вид:

$$\lambda = \frac{v}{c}, \quad (3.3)$$

где: λ —длинна волны;

ν — частота.

Энергия связи электронов в атомах и молекулах обычно выражается в электрон-вольтах (эВ). 1 эВ равен работе, которую совершает электрическое поле при перемещении электрона (или другой частицы, обладающей элементарным зарядом) между точками поля, разность потенциалов между которыми равно 1В. Соотношение между данными величинами имеют следующий вид:

$$E = e \cdot U, \quad (3.4)$$

где: E — энергия электрона;

e — заряд электрона;

U — разность потенциалов.

Численно $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1\text{В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

Частица, имеющая заряд Q , прошедшая разность потенциалов U , получит количество энергии, равное произведению $Q \cdot U$. Например, если альфа-частица (заряд равен 2) ускоряется, проходя разность потенциалов 500 В, то она получит энергию 1000 эВ или 1 кэВ.

Ионизирующим излучением называется любое излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к образованию в этом веществе ионов разных знаков.

Ионизирующее излучение способно выбивать электроны из атомов. При этом, видимый свет, ультразвук, ультрафиолетовое, лазерное, Черенковское, микроволновое излучения к ионизирующему излучению не относятся.

Ионизирующее излучение делится на непосредственное и косвенное.

Непосредственное ионизирующее излучение состоит из заряженных частиц, например, из электронов, протонов, α -частиц, имеющих кинетическую энергию, достаточную для ионизации при столкновении, которые выбивают орбитальные электроны из атомов прямо при кулоновском взаимодействии.

Косвенное ионизирующее излучение состоит из незаряженных частиц, например, из нейтронов или фотонов, создающих непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызывающих ядерные превращения. Энергия этих частиц передается вначале заряженной частице (электрону или протону), а затем эти вторичные частицы уже производят ионизацию атомов и (или) вызывают ядерные превращения.

Термин "ионизирующее излучение" впервые в 1896 г. ввели Томсон и Резерфорд, описывая свойства рентгеновских лучей.

К *фотонному ионизирующему излучению* относятся: γ -излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер, при ядерных превращениях или при аннигиляции частиц; *тормозное излучение* с непрерывным энергетическим спектром, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц; *характеристическое излучение* с

дискретным энергетическим спектром, возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома; *рентгеновское излучение*, состоящее из тормозного и (или) характеристического излучений.

К *корпускулярному излучению* относится ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой, отличной от нуля, т.е. α -и β -частицы, нейтроны, протоны, мезоны и др.

Частицы корпускулярного ионизирующего излучения или фотоны принято называть *ионизирующими частицами*.

Ионизирующее излучение, состоящее из частиц различного вида или частиц и фотонов, называется *смешанным ионизирующим излучением*.

Различают моноэнергетическое и немонаэнергетическое ионизирующее излучение.

Под моноэнергетическим понимается ионизирующее излучение, состоящее из фотонов одинаковой энергии или частиц одного вида с одинаковой кинетической энергией.

Немонаэнергетическое излучение имеет фотоны разной энергии или частицы одного вида с разной кинетической энергией.

Принято различать *первичное и вторичное ионизирующее излучение*.

Под первичным понимается ионизирующее излучение, которое в рассматриваемом процессе взаимодействия со средой является или принимается за исходное.

Вторичное ионизирующее излучение возникает в результате взаимодействия первичного ионизирующего излучения с данной средой.

Законы взаимодействия ионизирующего излучения с веществом являются теоретической и практической основой радиационной защиты, на них базируются методы расчета защиты и методы регистрации ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение, в зависимости от массы и заряда, можно подразделить на четыре группы:

- Тяжелые заряженные частицы, к ним относятся α - частицы, протоны и др.
- Легкие заряженные частицы: электроны и позитроны.
- Фотонное излучение: рентгеновское и γ - излучение.
- Нейтронное излучение: нейтроны различных энергий.

Альфа-распад. Взаимодействие α - частиц с веществом

Альфа - излучение представляет собой поток *ядер* атомов гелия. Заряд α - частицы положительный и равен двум элементарным зарядам ($2 \cdot 4,8 \cdot 10^{-10}$ электростатических единиц). Масса α - частицы равна *четырем* относительным единицам, а в граммах равна $6,644 \cdot 10^{-24}$ и она примерно в 7000 раз больше массы электрона.

Проходя через вещество, α - частицы испытывают *упругое рассеяние* на электронах и ядрах атомов (без потери энергии) и неупругие столкновения с орбитальными электронами. При этом происходит ускорение электронов, что

приводит к процессам ионизации и возбуждения атомов и молекул, а иногда и к диссоциации молекул. При этом α - частица теряет свою энергию. Альфа - распад сопровождается гамма - излучением.

Пройдя определенный для данного радиоактивного вещества путь, α - частица захватывает два электрона и становится обычным атомом гелия. Путь, который проходит α - частица в веществе, называется **длиной пробега**. В зависимости от энергии пробег α - частиц в воздухе колеблется от 2,5 до 8,53 см (при энергии 9,7 МэВ до 10 см).

Средняя величина энергии w_i на образование одной пары ионов в газе слабо зависит от рода газа и энергии α - частиц и составляет 30—35 эВ. Такая величина энергии w_i более чем в двое превышает энергию ионизации для большинства газов. Это вызвано тем, что одновременно с ионизацией может происходить возбуждение и диссоциация газовых молекул.

Для определения числа пар ионов, созданных α - частицей в веществе, пользуются зависимостью

$$N = E_\alpha / w_i \text{ (пар ионов)}, \quad (3.5)$$

где E_α — энергия α - частицы.

Были проведены многочисленные эксперименты по определению средней длины пробега α - частиц в воздухе. На основе этих экспериментов были получены эмпирические зависимости между длиной пробега α - частиц и их энергией. Основным соотношением считается полученное Гейгером для энергий α - частиц от 3 до 8 МэВ с погрешностью до 5 %. Так, длина пробега α - частиц в воздухе при $E_\alpha > 0,5$ МэВ равна, см,

$$R_{\alpha \text{ возд.}} = 0,318 E_\alpha^{3/2} \quad (3.6)$$

где E_α — энергия α - частиц, МэВ.

Удельная ионизация, т. е. число пар ионов, образованных α - частицей на единице длины пути, зависит от скорости α - частицы и при энергиях, превышающих 1 МэВ ($V > 7 \cdot 10^8$ см/с), приблизительно пропорциональна $1/V$.

По мере приближения α - частицы к концу пробега наблюдается увеличение удельной ионизации. Максимум ионизации в воздухе происходит на расстоянии около 3 мм от конца пробега, когда скорость α - частицы составляет $V = 4,2 \cdot 10^8$ см/с, а энергия $E_\alpha = 370$ кэВ. После этого удельная ионизация быстро падает до нуля. Это наглядно иллюстрируется кривой Брегга (рис. 3.1).

Относительная тормозная способность — это отношение числа атомов воздуха к числу атомов данного вещества, одинаково поглощающем α - частицы. С увеличением атомного веса A и порядкового номера Z элемента тормозная способность увеличивается.

Эмпирически получены соотношения:

$$\frac{S}{\sqrt{A}} = const \quad \text{и} \quad \frac{S}{Z^3} = const \quad (3.7)$$

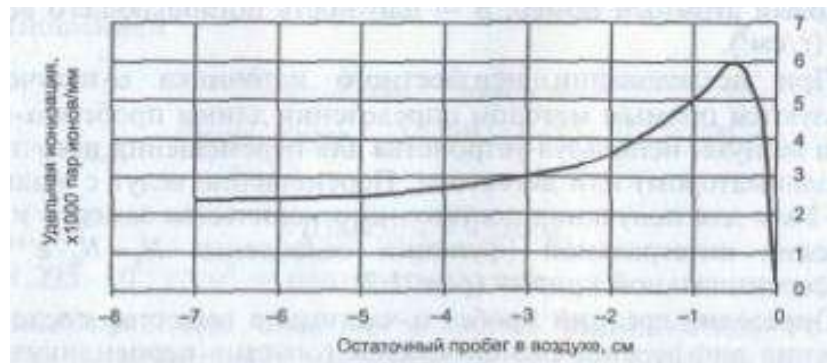


Рис. 3.1 Кривая Брегга

Между пробегом α - частицы в воздухе R_0 и в любом веществе существует зависимость Брегга — Климана, см,

$$R = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot R_0 \cdot \sqrt{A}}{\rho} \quad (3.8)$$

где A — атомный вес вещества; ρ — плотность вещества, г/см³; R_0 — пробег α - частицы в воздухе, см.

Для упрощения можно пользоваться с погрешностью до 8 % выражением, см,

$$R_\alpha(\text{возд}) \cong \sqrt{\frac{E_\alpha}{3}} \quad (3.9)$$

Длину пробега α - частиц в других средах можно определить по формуле Брегга, см,

$$R_\alpha = 10^{-4} \cdot \sqrt{\frac{A \cdot E_\alpha}{\rho}} \quad (3.10)$$

и более точно при известном атомном номере, см,

$$R_\alpha = \frac{10^{-4} \cdot A \cdot \sqrt{A \cdot E_\alpha^3}}{\rho \cdot Z^{\frac{2}{3}}} \quad (3.11)$$

где E_α — энергия α - частиц (МэВ); A — атомная масса; Z — порядковый атомный номер; ρ — плотность поглощающего вещества (г/см³).

При исследовании неизвестного источника α - излучения пользуются прямым методом определения длины пробега α - частиц в воздухе, используя устройства для перемещения источника (с коллиматором) или детектора. Перемещение ведут с «шагом» 0,5—1 мм для получения достаточного количества замеров и построения интегральной {функции ослабления $N_x = N_0 \cdot e^{-\mu x}$ } и дифференциальной кривых (рис. 3.2).

Определив средний пробег α - частицы в веществе после построения дифференциальной кривой (опустив перпендикуляр с вершины на ось X), по формуле (3.6) находим энергию α - частицы.

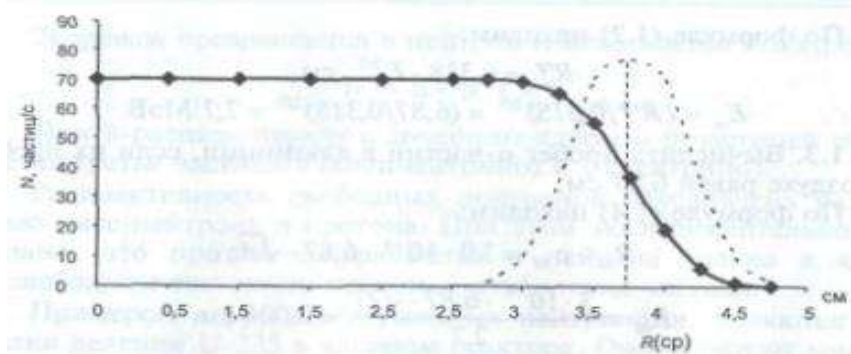


Рис. 3.2 Интегральная и дифференциальная кривые для исследования пробега α - частиц в веществе. Сплошная кривая — интегральная функция $N(x) = N_0 \cdot e^{-\mu x}$; пунктирная кривая — дифференциальная функция (кривая Гаусса); x — толщина поглотителя (вещества); μ — линейный коэффициент ослабления в веществе; $R(\text{ср})$ — средний пробег α - частицы

Для точного нахождения энергии α - излучателя необходимо использовать метод спектрометрии, а также справочник спектров радионуклидов α - излучателей для сравнения.

Задачи с решениями

3.1. Определить пробег α - частицы, испускаемой радионуклидом Pu-239 с энергией $E_\alpha = 5,15$ МэВ, в тканях человеческого организма. Плотность ткани 1 г/см^3 . Известно, что в воздухе α - частица с $E_\alpha = 5,15$ МэВ имеет пробег $3,5$ см. Для вычисления пробега α - частицы в ткани воспользуемся соотношением

$$R_{\text{возд}} \cdot \rho_{\text{возд}} = R_{\text{ткани}} \cdot \rho_{\text{ткани}} \quad (3.12)$$

$$R_{\text{ткани}} = \frac{R_{\text{воздух}} \cdot \rho_{\text{возд}}}{\rho_{\text{ткани}}} = \frac{3,5(\text{см}) \cdot 1,293 \cdot 10^{-3} (\text{г/см}^3)}{1(\text{г/см}^3)} = 0,0045 \text{ см.} = 45 \text{ МКМ}$$

где $1,293 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^3$ — плотность воздуха.

3.2. Определить энергию α - частиц радионуклида Po-214, если их средний пробег в воздухе при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 760$ мм рт.ст. равен $6,87$ см.

По формуле (3.6) находим:

$$R_\alpha^{\text{ср}} = 0,318 \cdot E_\alpha^{3/2}, \text{ см};$$

$$E_\alpha = (R_{\text{ср.}}/0,318)^{2/3} = (6,87/0,318)^{2/3} = 7,7 \text{ МэВ.}$$

3.3. Вычислить пробег α - частиц в алюминии, если их пробег в воздухе равен 6,87 см.

По формуле (3.12) находим:

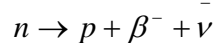
$$R_{Al} \cdot \rho_{Al} = 3,0 \cdot 10^{-4} \cdot 6,87 \cdot \sqrt{A}$$

$$R_{Al} = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot 6,87 \cdot \sqrt{27}}{2,7} = 0,004 \text{ см.}$$

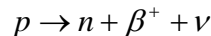
Бета - излучение. Взаимодействие β - частиц с веществом

Бета-распад ядер (в цепочках радиоактивного распада, включая распад осколков деления урана) является самым распространенным видом радиоактивности. При β - распаде происходит преобразование одного из нуклонов ядра:

1) *нейтрон* превращается в протон и испускается электрон,



2) *протон* превращается в нейтрон и испускается позитрон:

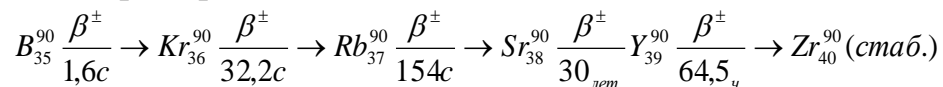


При β - распаде наряду с дочерним ядром и β - частицей образуется третья частица

$\bar{\nu}$ (антинейтрино) и ν (нейтрино).

Радиоактивность свободных нейтронов обусловлена разностью масс нейтрона и протона. При этом экспериментально доказано, что протон превращается в нейтрон только в ядре. В свободном состоянии протон — стабильная частица.

Примером ядер, перегруженных нейтронами, являются осколки деления U-235 в ядерном реакторе. Они образуют многочисленные цепочки бета - превращений, например:



Бета-частицы (β^- и β^+), проходя через вещество, одинаково расходуют свою кинетическую энергию на ионизацию и возбуждение атомов вещества, т. е. передают энергию и импульс атомным электронам. Такие процессы передачи энергии называются ионизационными и являются *неупругими* процессами взаимодействия.

Для характеристики ионизационных потерь энергии заряженными частицами пользуются формулой

$$\left(-\frac{dE}{dX} \right)_{\text{иониз.}} \cong \frac{Z^2 \cdot N_e}{V^2} \quad 3.13$$

где Z — зарядовое число частицы; N_e — концентрация электронов вещества; V — скорость частицы.

Из формулы видно, что при возрастании скорости частицы ее ионизационные потери снижаются. Кроме потерь энергии на возбуждение и ионизацию электроны теряют энергию вследствие испускания электромагнитного или *тормозного* излучения, возникающего при ускорении электронов в кулоновском поле ядра. При расчете защиты от бета - излучения необходимо учитывать и тормозное излучение. Основная задача защиты от мощных пучков β - частиц сводится к защите от вторичного тормозного излучения.

Каждый радиоактивный изотоп испускает совокупность β - частиц различной энергии от 0 до $E_{\beta} (max)$. Спектры энергии β - излучения имеют вид (рис. 3.3). Средняя энергия β - частиц равна примерно $0,3E_{max}$. Непрерывность β - спектра объясняется одновременным испусканием β - частиц и нейтрино.

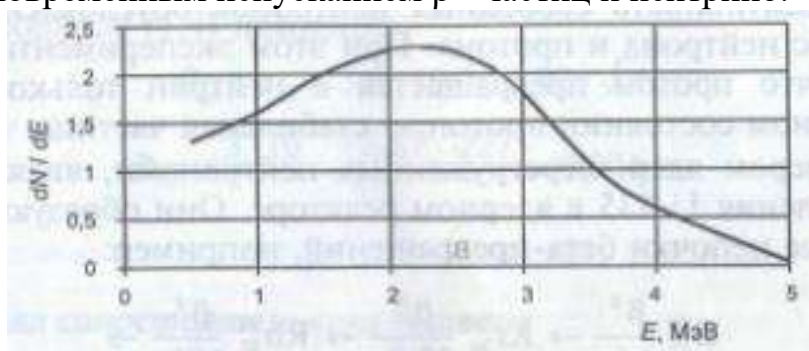


Рис. 3.3 Спектр энергии β - излучения

Для радиационной безопасности и определения защиты от β - излучения необходимо знать энергию β - частиц и длину их пробега в веществе. Под длиной пробега подразумевают толщину слоя вещества (см или мг/см²), необходимую для полной остановки частицы данной энергии, если первоначальное направление их движения направлено перпендикулярно к поверхности слоя вещества.

Траектории β - частиц не прямолинейны. Величина максимального пробега β - частиц является функцией энергии β - излучения. Эта зависимость может быть выражена следующими эмпирическими формулами:

$$\text{для } E_{\max}^{\beta} < 200 \text{кэВ} \quad R_{\beta} = \frac{1}{150} E_{\max}^{\beta}, \text{ мг/см}^2; \quad (3.14)$$

$$\text{для } 0,3 \geq E_{\max}^{\beta} \geq 0,15 \text{МэВ} \quad R_{\beta} = 0,15 \cdot E_{\max}^{\beta} - 0,0028 \text{г/см}^2; \quad (3.15)$$

$$\text{для } 0,8 \leq E_{\max}^{\beta} \leq 3,0 \text{МэВ} \quad R_{\beta} = 0,542 \cdot E_{\max}^{\beta} - 0,133 \text{г/см}^2. \quad (3.16)$$

Для характеристики поглощения β - частиц в веществе используется величина полупробега $R_{1/2}$ и соотношением

$$R_{\max}^{\beta} = 12,3 \cdot R_{\frac{1}{2}} + 0,63 \text{ МэВ}. \quad (3.17)$$

Толщину слоя полупоглощения определяют из соотношения

$$R_{\frac{1}{2}} = \frac{R_{\max}}{7,2} \text{ г/см}^2 \quad (3.18)$$

Для воздуха и легких материалов рекомендуются также следующие приближенные формулы: для воздуха:

$$R_{\beta}^{\text{возд}} \cong 450 \cdot E_{\beta} \text{ см}; \quad (3.19)$$

для алюминия (легких материалов);

$$R_{\beta} \approx 0,2 \cdot E_{\beta} \text{ см при } E_{\beta} > 0,5 \text{ МэВ}; \quad (3.20)$$

$$R_{\beta} \approx 0,1 \cdot E_{\beta} \text{ см при } E_{\beta} < 0,5 \text{ МэВ}. \quad (3.21)$$

Энергию β - частиц определяют спектрометрическим методом (например, с помощью дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б). Для определения максимального пробега в веществе и определения E_{β}^{\max} пользуются экспериментом по поглощению β - частиц в веществе. Непрерывное энергетическое распределение

β - частиц источника и рассеяние электронов в веществе приводят к экспоненциальному характеру функции ослабления при средних толщинах поглотителя:

$$N(x) = N_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (3.22)$$

где $N(x)$ — число импульсов после прохождения x см толщины поглотителя;

N_0 — начальное число импульсов (имп/с), μ — коэффициент ослабления (см^{-1}).

Типичный характер экспериментальной зависимости $\ln N_0(x)$ приведен на рис. 3.4.

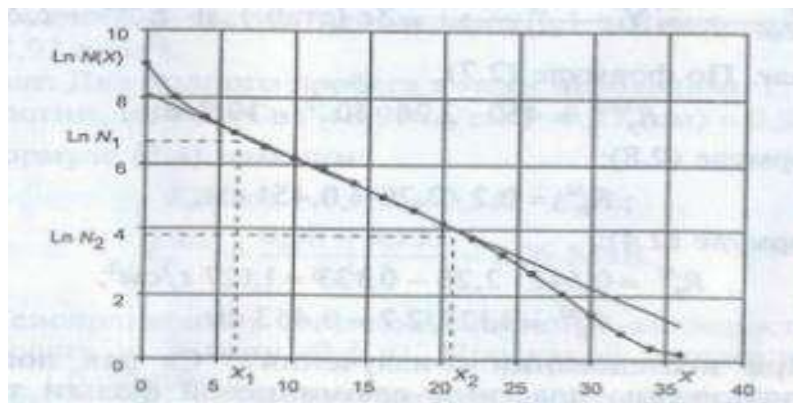


Рис. 3.4 Зависимость скорости счета β - частиц от толщины поглотителя x (см)

По линейному участку (N_1 - N_2) можно найти величину

$$\mu = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{x_1 - x_2} \quad (3.23)$$

Для характеристики ослабления потока β - частиц пользуются также понятием слоя половинного ослабления $d_{1/2}$, необходимого для уменьшения вдвое экстраполированного по линии значения N_0 . Связь между ними:

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \text{ мг/см}^2. \quad (3.24)$$

Зависимость величины $d_{1/2}$, мг/см², от максимальной энергии β - спектра E_{β}^{\max} , МэВ, хорошо исследована и выведены формулы для определения E_{β}^{\max} по $d_{1/2}$. Одна из таких зависимостей выглядит так:

$$d_{1/2} = 95 \frac{Z}{A} E_{\beta}^{\max} \quad (3.25)$$

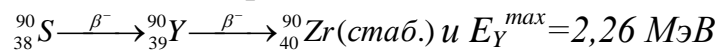
где Z — заряд ядра; A — атомный вес вещества поглотителя.

Из формулы (3.13) находим максимальную энергию β - излучения с точностью до 5 %:

$$E_{\beta}^{\max} = \left(\frac{d_{1/2} \cdot A}{95 \cdot Z} \right)^{2/3} \text{ МэВ.} \quad (3.26)$$

Задачи с решениями

3.1. Определить максимальную длину пробега β - частиц в воздухе и алюминиевой фольге, если источник



Решение.

По формуле (3.19):

$$R_{\beta}^{\text{возд}} = 450 \cdot 2,26 \cdot 10^{-2} = 10,2 \text{ м;}$$

по формуле (3.20):

$$R_{\beta}^{\text{Al}} = 0,2 \cdot 2,26 = 0,451 \text{ см;}$$

по формуле (3.16):

$$R_{\beta}^{\text{Al}} = 0,542 \cdot 2,26 - 0,133 = 1,127 \text{ г/см}^2;$$

$$R_{\beta}^{\text{Al}} = 1,127 / 2,7 = 0,453 \text{ см.}$$

3.2. При исследовании β - излучения ${}^{137}\text{Cs}$ для поглощения были использованы пластины алюминиевой фольги толщиной 0,1 мм и площадью $S = 54,6 \text{ см}^2$. Вес одной пластины $P = 1390 \text{ мг}$. Проводилось поглощение β - излучения до фона, использовано 10 пластин фольги. Определить максимальную энергию β - излучения ${}^{137}\text{Cs}$.

Решение. Для определения E_{β}^{\max} воспользуемся графиком зависимости $R(E_{\max})$ (рис. 3.5).

1. Общий вес пластин составил 13 900 мг, откуда:

$$R = \frac{13900}{54,6} \cong 255 \text{ мг/см}^2.$$

2. По кривой зависимости $R(E^{\max})$ находим $E_{\beta}^{\max} \cong 0,525 \text{ МэВ}$.

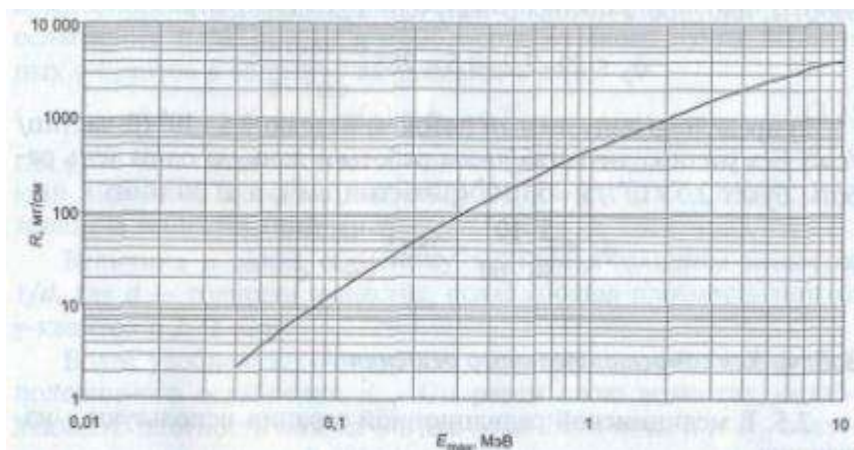


Рис. 3.5 Зависимость веса пластин из Al от максимальной энергии β – источника

3.3. Определить максимальную энергию β - излучения, если для поглощения β - частиц необходимо 1,1 мм медных пластин $\rho(\text{Cu}) = 8,93 \text{ г/см}^3$.

Решение. Для полного пробоя в меди необходимо 1,1 мм толщины пластин, или $\rho(\text{Cu}) = 8,93 \text{ (г/см}^3\text{)}$.

По формуле (3.16) находим:

$$R_{\beta}(\text{Cu}) + 0,133 = 0,542 \cdot E_{\beta}^{\max}$$

$$E_{\beta}^{\max} = \frac{0,98 + 0,133}{0,542} = 2,06 \text{ МэВ.}$$

3.4. Неисправность в зоне повышенной β - активности можно ликвидировать за 30 мин (0,5 ч). При какой плотности потока β - частиц $\bar{\varphi} \left(\frac{\beta - \text{частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}} \right)$ можно

работать одному человеку, чтобы не превысить ПДК за сутки при 36-часовой рабочей пятидневной работе ($36/5 = 7,2 \text{ ч}$).

Решение. Находим:

1) при 5-дневной неделе (36 ч) можно работать, если ПДК = 20β - частиц/см² · с, тогда чтобы не превысить ПДК за 30 мин работы, плотность потока β - излучения должна быть:

$$\bar{\varphi} \leq 20 \cdot 7,2 \cdot 0,5 = 288 \frac{\beta - \text{частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$$

2) предельно допустимый поток за неделю $2,5 \cdot 10^6$ (β - частиц /см²) без учета количества часов работы в день, за один день работы будет $2,5 \cdot 10^6 / 5 = 5 \cdot 10^5$ (β - частиц/см²), а за 30 мин:

$$\bar{\varphi} \leq \frac{5 \cdot 10^5}{30 \cdot 60} \approx 280 \frac{\beta - \text{частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ПРОВЕДЕНИЕ РАДИАЦИОННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ ДОЗИМЕТРА-РАДИОМЕТРА МКС-01СА1Б

1-й этап – САМОПОДГОТОВКА

Цель этапа:

1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.
 2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.
1. Исходный уровень знаний.
Для изучения темы необходимо повторить:
5. Силы в природе (гравитационные, кулоновские, центробежные).
 6. Законы сохранения энергии, массы, заряда.
 7. Строение атома и ядра.
 8. Виды ядерных взаимодействий
 9. Сведения из теории вероятностей и математической статистики.
2. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся должен уметь ответить на следующие вопросы:
1. Что такое активность радионуклида?
 2. Запишите характеристики поля излучения, укажите их роль в дозиметрии?
 3. Запишите дозовые характеристики и обозначьте коэффициенты в записанных формулах.
 4. Что такое «лучевое равновесие»?
 5. Почему экспозиционную дозу рекомендовали изъять из обращения?
 6. Что такое нестохастические и стохастические вредные эффекты облучения
 7. Для чего в дозиметрии используется керма–постоянная и керма–эквивалент?

2-й этап – ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Цель этапа: при помощи дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б провести радиационное обследование внутри общественного здания Сургутский государственный университет в кабинетах 521, 513 и 510 и на открытой местности (30-100 м от здания СурГУ).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Включить дозиметр-радиометр МКС-01СА1Б.
2. В соответствии с «Нормами радиационной безопасности (НРБ-99) в эксплуатируемых зданиях должны проводиться радиационные обследования, если мощность дозы гамма-излучения в помещении превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,20 мкЗв/ч.
3. Провести оценку мощности дозы излучения на открытой местности (фона) вблизи обследуемого здания не менее, чем в 5 точках, расположенных на расстоянии от 30 до 100 м от существующих зданий и сооружений и не ближе 20 м друг от друга. Точки оценки следует выбирать на участке местности с естественным грунтом, не имеющих техногенных изменений (щебень, песок, асфальт) и радиоактивных загрязнений. При оценке прибор располагается на высоте 1 м над поверхностью Земли. Определяем радиоактивный фон путем измерения числа импульсов 5 раз и усредняем, т.е. $N_{\phi} = (\sum m_i) / 5$
4. Оценка мощности дозы излучения в обследуемом помещении проводится путём измерения мощности дозы в центре и углах помещения. В тех случаях, когда измеренные показания больше фоновых полученных на открытой местности более чем на 0,20 мкЗв/ч следует обратиться в государственную санитарно-эпидемиологическую службу для проведения детального радиационного обследования.

Оценка мощности дозы

Для того чтобы оценить уровень мощности дозы в помещении или на открытой местности необходимо:

- закрыть входное окно детектора экраном (рис.4.1);
- включить питание прибора (однократно нажать и отпустить кнопку «POWER»). При включении на дисплее в течение 2 секунд появляется реклама изготовителя: «МКС-01СА1» и тел. «(499) 198 97 91»
- после включения прибор первоначально устанавливается в режим оценки мощности дозы (на дисплее высвечивается «ГАММА»);
- расположить прибор на расстоянии не менее 1 м от поверхности пола (земли) и любых окружающих предметов.
- через 2-3 секунды на дисплее индицируется первое усредненное значение мощности дозы естественного радиационного фона и первое значение статистической погрешности, примерно $\pm 90\%$;
- для более точного определения мощности дозы зафиксировать показания дисплея через 1-2 минуты, при этом статистическая погрешность δ уменьшится и достигнет величины близкой к 10 %.
- следует помнить, что каждое резкое изменение положения прибора или резкое изменение интенсивности излучения сопровождается сбросом накопленной информации (обнулением) и процесс измерения возобновляется.

Режим речевого озвучивания при оценке мощности дозы включается (выключается) по усмотрению пользователя. Для включения звукового сопровождения с помощью кнопки «**MODE**» войдите в режим «**SOUND ON(OFF)**». Включение (выключение) речевого озвучивания осуществляется путем длительного (более 2 с) нажатия кнопки «**MODE**»: при индикации на дисплее «**SOUND ON**» - речевое озвучивание результата измерения мощности дозы происходит 1 раз в минуту; при индикации на дисплее «**SOUND OFF**» - речевое озвучивание отключено.

ВНИМАНИЕ! Для удобства потребителя речевое озвучивание результатов оценки мощности дозы происходит в старых (внесистемных) единицах измерения - микрорентген (милирентген) в час.

Необходимо помнить, что: $1\text{ мкР/ч} = 0.01\text{ мкЗв/ч}$ ($1\text{ мкЗв/ч} = 100\text{ мкР/ч}$);

Установка порогов сигнализации мощности дозы

При длительном удержании кнопки «**MODE**» более 2с (при индикации на дисплее «**GAMMA**») на дисплее появляется режим установки порогов сигнализации мощности дозы:

«**THRESHOLD**»

«**9999.9 μSv/h**»

Установка каждой подчеркнутой значащей цифры порога мощности дозы осуществляется короткими нажатиями кнопки «**MODE**». Переход к установке следующей цифры – длительное нажатие кнопки «**MODE**» (более 2с). При этом курсор (черта под цифрой) перемещается под следующую цифру. Повторяя указанную процедуру, Вы установите желаемый порог включения тревожной сигнализации.

Выход из режима установки порога – длительное нажатие кнопки «**MODE**» при нахождении курсора под последней (младшей) значащей цифрой «**9999.9 μSv/h**».

5. Провести обследования мощности дозы излучения в кабинетах 521, 513 и 510 не менее 10 раз, для полученных значений посчитать доверительный интервал, сравнить с фоновым значением, полученным на открытой местности, если есть превышение более чем на 0,20 мкЗв/ч следует обратиться в государственную санитарно-эпидемиологическую службу для проведения детального радиационного обследования.

6. Сделать соответствующие выводы, отчет подписать у преподавателя.

ДОЗИМЕТР- РАДИОМЕТР БЫТОВОЙ МКС-01СА1Б с речевым выводом - разработан и производится в соответствии с «Положением о метрологическом статусе, порядке разработки, постановке на производство и поверке дозиметрических и радиометрических приборов для населения», «Системой

разработки и постановки продукции на производство ГОСТ 15.001-88», ГОСТ 15.009-91, и конструкторской документацией СНЖА.412152.001.

Таблица 4.1

Показатели мощности экспозиционной дозы, измеренные с помощью дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б

источник	Мощность экспозиционной дозы излучения										Средняя мощность экспозиционной дозы (X), мкР/ч. X±ΔX	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<i>Кабинет 521</i>												
<i>Кабинет 513</i>												
<i>Кабинет 510</i>												

ВВЕДЕНИЕ

МКС-01СА1Б – миниатюрный **многофункциональный** бытовой дозиметр-радиометр с ежесекундным непрерывным уточнением результата измерения и индикацией текущей статистической погрешности, а также с речевым озвучиванием и голосовой оценкой результатов измерения, предназначенный для:

- оценки мощности амбиентного эквивалента дозы фотонного (гамма - и рентгеновского) излучения (далее – мощности дозы);
- оценки амбиентного эквивалента дозы гамма - и рентгеновского излучения (далее – дозы);
- оценки плотности потока бета-частиц от загрязненных поверхностей;
- оценки плотности потока альфа-частиц от загрязненных поверхностей;
- поиска источников ионизирующего излучения и оперативной оценки радиационного фона;
- оценки радоновой обстановки и радиоактивного загрязнения продуктов питания

Прибор позволяет осуществлять оперативный поиск загрязненных предметов или источников радиоактивных излучений, а также контролировать среду обитания человека (радиационную безопасность рабочих мест, жилища, местности; оценку радиоактивной загрязненности реальных объектов, продуктов питания, материалов и проб; оценку радоновой обстановки в жилых и рабочих помещениях и др.).

Речевое озвучивание и оперативный голосовой анализ результатов оценки радиационной обстановки позволяют существенно повысить удобство

применения МКС-01СА1Б, как населением, так и работниками различных служб.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 2.1 Детектор излучения - газоразрядный счётчик
- 2.2 Речевой вывод результата измерения мощности дозы – периодичность 1 раз в минуту
- 2.3 Диапазон измерения мощности дозы - от 0,1 до 9999,9 мкЗв/ч
- 2.4 Диапазон измерения интегральной дозы - от 0,001 до 999,9 мЗв
- 2.5 Диапазон измерения плотности потока бета- частиц от загрязненных поверхностей по стронцию-90 или цезию-137 - от 5 до 30000 част/(мин·см²)
- 2.6 Диапазон измерения плотности потока альфа- частиц (по плутонию-239)**
 - от 10-30000 част/(мин·см²)
- 2.7 Диапазон энергий регистрируемых фотонов - от 0,05 до 3,0 МэВ
- 2.8 Нижний предел энергии регистрируемого бета – излучения
 - не выше 0,05 МэВ
- 2.9 Нижний предел энергии регистрируемых альфа- частиц - не выше 3,0 МэВ
- 2.10 Погрешность измерения - не менее $\pm 25\%$
- 2.11 Устанавливаемые пользователем пороги сигнализации мощности дозы с шагом 0,1 мкЗв/час - во всём диапазоне измерения
- 2.12 Устанавливаемые пользователем пороги сигнализации интегральной дозы гамма- излучения, мЗв (с шагом 0,001 мЗв) - во всём диапазоне измерения
- 2.13 Устанавливаемые пользователем пороги сигнализации плотности потока бета-частиц с шагом 1 част/(мин·см²) - во всём диапазоне измерения
- 2.14 Индикация измерения и статистической погрешности - непрерывно
- 2.15 Периодичность смены показаний дисплея - 1 с
- 2.16 Конструктивное исполнение - корпус из пластмассы
- 2.17 Питание - два элемента типа АА «DURACELL MN1500»
- 2.18 Время непрерывной работы с одним комплектом элементов питания – не менее 400 час
- 2.19 Диапазон рабочих температур - от минус 20 до +50 °С
- 2.20 Габаритные размеры - 112x64x30 мм
- 2.21 Масса - не более 200 г

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА

1 – Кнопка Включения/Выключения питания «**POWER**»

2 - Кнопка «**MODE**» для включения подсветки дисплея и:

- выбора режимов работы. При кратковременном нажатии (менее 1с) циклически меняются по кругу режимы: «Оценка мощности дозы», «Оценка плотности потока бета- частиц», «Оценка плотности потока альфа- частиц», «Оценка интегральной дозы», «Сброс (обнуление) интегральной дозы»,

«Включение/Выключение речевого сопровождения». Соответственно, на дисплее «**GAMMA**», «**BETA**», «**ALPHA**», «**DOSE**», «**ERASE DOSE**», «**SOUND ON/OFF**»;

- установки порогов сигнализации мощности дозы. При длительном нажатии (более 2с) на кнопку «**MODE**» при индикации на дисплее «**GAMMA**» прибор переходит в режим установки порогов мощности дозы и на дисплее выводится «**THRESHOLD**» и «**9999.9 μ Sv/h**»;

- установки порогов звуковой сигнализации интегральной дозы. При длительном нажатии (более 2с) на кнопку «**MODE**» при индикации на дисплее «**DOSE**» прибор переходит в режим установки порогов дозы и на дисплее выводится «**THRESHOLD**» и «**999.999 mSv**»;

- сброса (обнуления) интегральной дозы при индикации на дисплее «**ERASE DOSE**» (длительное двойное нажатие более 2 с)

- включения (выключения) речевого озвучивания результатов оценки мощности дозы в режиме «**SOUND ON(OFF)**» (длительное нажатие более 2 с): при индикации на дисплее «**SOUND ON**» - речевое озвучивание результата измерения мощности дозы происходит 1 раз в минуту; в положении «**SOUND OFF**» - речевое озвучивание отключено.

3 - Алфавитно-цифровой двухстрочный жидкокристаллический дисплей

4 - Звуковой динамик

5 - Входное окно детектора с защитной металлической сеткой

6 - Крышка отсека питания

7 - Индикатор интенсивности гамма- (бета-, альфа-) излучения

8 - Индикатор разряда элемента питания

9 - Передвижной экран, фиксируется в крайних положениях, соответствующих выбранному режиму работы. В режиме «**BETA**» и «**ALPHA**» -экран открыт (нижнее положение, как показано на Рис.1), в режиме «**GAMMA**» -экран закрыт (верхнее положение)

10 - Цифровой индикатор текущего значения статистической погрешности при измерении мощности дозы, плотности потока бета - или альфа – частиц.

Индикация интенсивности излучения –мигающий символ «*» (Поз.7 на рис 4.1) в верхней части дисплея. Каждый акт регистрации детектором единичного гамма- кванта (альфа- или бета-частицы) сопровождается кратковременным (менее 0,5с) появлением символа «*». По изменению частоты следования этого сигнала можно проводить оперативный поиск и обнаружение участков радиоактивного загрязнения.

Сигнализация превышения порога мощности дозы и плотности потока бета-частиц– прерывистый звуковой сигнал (0,25с – сигнал, 1с – пауза) при превышении установленного порога мощности дозы.

Сигнализация превышения порога дозы – прерывистый звуковой сигнал (0,25с–сигнал, 3с–пауза) при превышении установленного порога дозы.

Сигнализация перегрузки - при превышении верхнего предела измерения мощности дозы 9999,9 мкЗв/ч или плотности потока бета- и альфа- частиц 30000част/(мин*см²) – на дисплее соответственно цифры **9999.9** или **30000** и непрерывный звуковой сигнал.

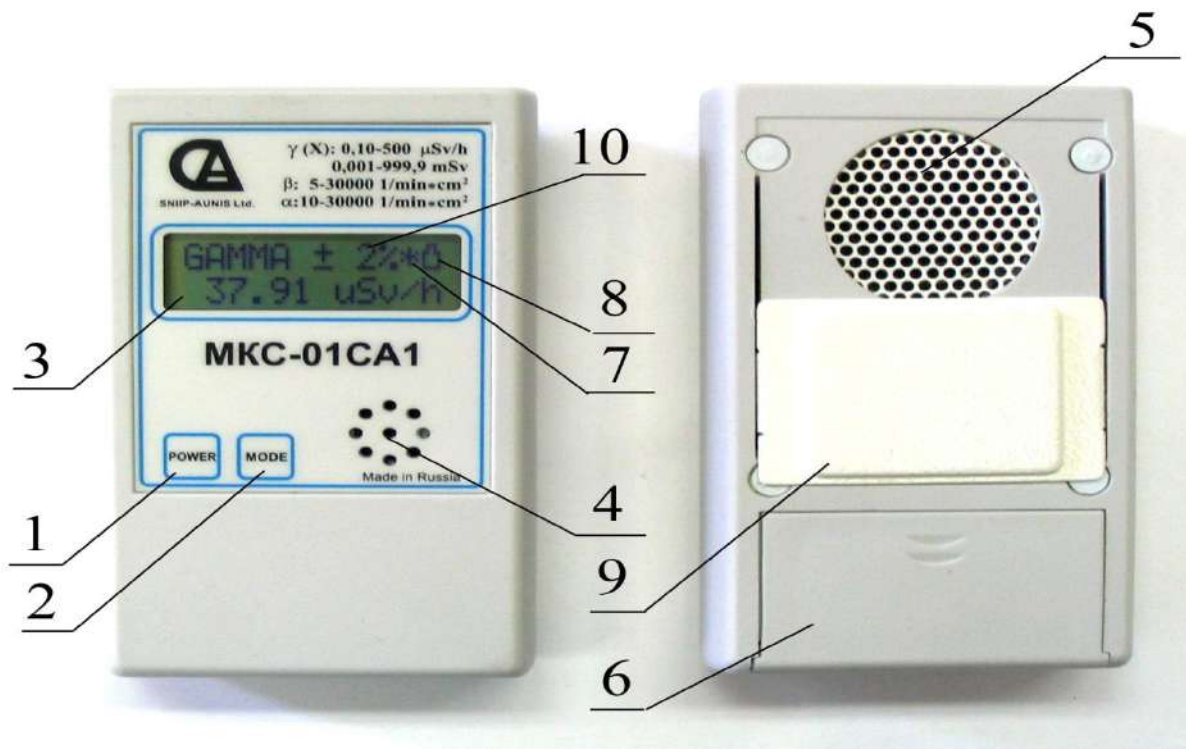


Рис.4.1 Органы управления дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б

Индикация разряда элементов питания - при разряде элементов питания до напряжения 1,6 В на дисплее в правом верхнем углу появляется символ в виде цилиндрического элемента питания (Поз.8 на рис.4.1).

Подсветка дисплея - включается кратковременным нажатием кнопки «MODE». Длительность подсветки – 10 секунд. При включённой подсветке, каждое переключение режимов работы осуществляется однократным кратковременным нажатием кнопки «MODE», одновременно, продлевая время подсветки ещё на 10 секунд. При выключенной подсветке дисплея переключение режимов работы осуществляется двукратным кратковременным нажатием кнопки «MODE» (первое нажатие включает только подсветку, не изменяя режим работы).

РАБОТА С ПРИБОРОМ

В приборе в качестве детектора применен торцевой газоразрядный счетчик. Поток ионизирующего гамма- (бета-, альфа-) излучения преобразуется счетчиком в последовательность электрических сигналов. Эти сигналы формируются по длительности и амплитуде, а затем поступают на схему регистрации и индикации.

Прибор циклически ежесекундно выполняет процесс оценки и уточнения результатов измерений с индикацией на дисплее (Поз.10 на рис.4.1) текущей статистической погрешности (δ) в доверительном интервале 0,95. В неизменном (стационарном) поле ионизирующего излучения показания прибора с течением времени непрерывно усредняются и уточняются. Одновременно с этим уменьшается значение погрешности δ от $\pm 99\%$ до $\pm 1\%$.

При резком изменении интенсивности излучения более чем на двойное среднеквадратическое отклонение результата измерения (2σ) происходит быстрая (в течение 1-5с) автоматическая смена «старых» показаний дисплея на «новые» и процесс усреднения и уточнения нового результата измерения повторяется.

Длительность времени измерения прибора зависит от исследуемой величины мощности дозы (плотности потока бета - и альфа - частиц) и требуемой точности измерения δ .

Показания первых циклов наблюдений полезны для первичной оперативной оценки мощности дозы (плотности потока альфа- или бета-частиц).

Для обеспечения более точного результата наблюдения, съём информации об измеряемых величинах с прибора следует производить при статистической погрешности не более 10%.

При многократных измерениях одной и той же величины перезапуск прибора следует осуществлять кнопкой «MODE» циклически переключая режимы работ до исходного состояния.

Подготовка прибора к работе

Для того чтобы подготовить прибор к работе, Вы должны:

- снять крышку отсека питания (рис. 4.1);
- установить, соблюдая полярность, элементы питания;
- установить на свое место (закрыть) крышку отсека питания.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

Для количественной оценки степени воздействия различных видов радиации введены некоторые характеристики, называемые единицами измерения излучений.

Впервые Международная система единиц была принята Генеральной конференцией по мерам и весам в 1960 г. На последующих Генеральных конференциях она была несколько переработана и уточнена. В настоящее время Международная система единиц (СИ) является рациональной и всеобъемлющей. Она включает семь основных единиц: метр (м) для длины, килограмм (кг) для массы, секунда (с) для времени, Ампер (А) для силы электрического тока, градус Кельвина (К) для термодинамической температуры, моль (моль) для количества вещества, кандела (кд) для силы света и две

дополнительные единицы — радиан (рад) для плоского угла и стерadian (ср) для телесного угла. Единица любой физической величины внутри данной системы выводится на основании одной или более этих величин путем перемножения и деления их и без использования каких-либо числовых множителей. В СИ допускается применение кратных и дольных единиц, образуемых с помощью десятичных приставок (табл.4.2). Применение двух приставок к простому наименованию единицы не допускается. Выбор десятичной кратной или дольной единицы диктуется, прежде всего, удобствами ее применения. Обычно их выбирают такими, чтобы числовые значения величины находились в диапазоне от 0,1 до 1000.

Таблица 4.2.

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка	Обозначение приставки	Множитель	Приставка	Обозначение приставки
10^{18}	экса	Э	10^{-1}	деци	д
10^{15}	пета	П	10^{-2}	санتي	с
10^{12}	тера	Т	10^{-3}	МИЛЛИ	м
10^9	гига	Г	10^{-6}	микро	мк
10^6	мега	М	10^{-9}	нано	н
10^3	кило	к	10^{-12}	пико	п
10^2	гекто	г	10^{-15}	фемто	ф
10^1	дека	да	10^{-18}	атто	а

В СИ большое внимание уделено и совокупности дозиметрических и радиационных величин, применяемых в области ионизирующих излучений. В качестве меры скорости спонтанного перехода из определенного энергетического состояния нуклида (т.е. активности радионуклида) была введена единица — "беккерель" (Бк) или, что то же самое, "обратная секунда" (s^{-1}). Для измерения поглощенной дозы была введена единица "джоуль на килограмм" (Дж/кг), получившая название "грей". Для обозначения единицы эквивалентной и эффективной эквивалентной доз было введено специальное наименование "зиверт".

Имеется ограниченная группа внесистемных единиц, которые не всегда можно заменить единицами СИ. Поэтому они допущены к применению без ограничения срока наряду с единицами СИ. Это, например, единицы: литр (л) для объема и вместимости; градус ($^{\circ}$), минута ($'$), секунда ($''$) для плоского угла; минута (мин), час (ч), сутки (сут.) и др., получившие широкое распространение единицы для времени. Особо можно отметить разрешение на применение без ограничения срока внесистемную единицу энергии электрон-вольт (эВ) и ее десятичные кратные единицы. Электрон-вольт удобно

использовать применительно к энергии отдельных ионизирующих частиц. Для суммарной энергии ионизирующих частиц (макропроцессы) рекомендуется единица СИ джоуль и ее десятичные и дольные единицы.

До принятия системы СИ имело место приблизительное числовое равенство между величинами экспозиционной дозы в воздухе и поглощенной дозы в ткани, т.к. 1 Р был равен примерно 1 рад. В СИ такого приблизительного числового соответствия нет ($1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-1} \text{ (Кл/кг)}$). Поэтому для характеристики поля излучения в отсутствие объекта излучения стало целесообразнее использовать такие величины как, воздушная керма или плотность потока частиц и т.д.. Аналогичные трудности наблюдались и при практическом использовании в СИ таких величин, как гамма-постоянная радионуклида и гамма-эквивалент источника, так или иначе связанных с экспозиционной дозой. Поэтому принято решение отказаться от использования экспозиционной дозы как дозиметрической величины, а величины гамма-постоянная радионуклида и гамма-эквивалент источника заменить величинами керма- постоянная радионуклида и керма-эквивалент источника соответственно.

Однако, необходимо помнить, что во всем мире к настоящему времени опубликован уникальный по своей научной ценности суммарный материал о биологическом действии ионизирующих излучений и уровнях радиационного воздействия на человека от естественного радиационного фона или от результатов деятельности человека, и что в большинстве этих работ уровень радиационного воздействия выражен в единицах рентген, рентген в секунду и т.д.. Поэтому, еще в течение длительного времени, будет возникать необходимость сравнения значений новых и ранее полученных результатов.

Таблица 4.3 позволит легко осуществить переход от внесистемных единиц к единицам СИ.

АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДА

При работе с радиоактивными веществами наиболее существенным является не масса радионуклида, а его активность.

Активность радионуклида в источнике A — отношение числа спонтанных (самопроизвольных) ядерных превращений dN , происходящих в источнике за интервал времени dt , к этому интервалу:

$$A = dN/dt \quad (4.1)$$

В системе СИ единица измерения активности имеет специальное название беккерель (Бк) и имеет размерность обратной секунды (с^{-1}). Беккерель равен активности радионуклида в источнике, в котором за время 1 с происходит одно спонтанное ядерное превращение.

Внесистемной единицей активности является кюри (Ки). Кюри — активность радионуклида в источнике, при которой в 1 с происходит $3,7 \cdot 10^{10}$

спонтанных ядерных превращений. Такое число ядерных превращений происходит в 1 секунду в 1 г ^{226}Ra . Связь между внесистемной единицей активности кюри и беккерелем следующая:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}; 1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки} \quad (4.2)$$

Таблица 4.3

Соотношение между единицами СИ и внесистемными единицами в области радиационной безопасности

Величина и ее обозначение	Названия и обозначения единиц		Связь с единицей СИ
	Единица СИ	Внесистемная единица	
Активность	Беккерель (Бк)	Кюри(Ки)	$1 \text{ Ки} = 3,7000 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Плотность потока	Ватт на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$), равный одному джоулю на квадратный метр в секунду [$\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$]	Эрг на квадратный сантиметр в секунду [$\text{эрг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$] или мегаэлектронвольт на квадратный сантиметр в секунду ($\text{МэВ}/\text{см}^2 \cdot \text{с}$)* ,	$1 \text{ эрг}/(\text{см}^2 \cdot \text{с}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}/\text{м}^2$; $1 \text{ МэВ}/(\text{см}^2 \cdot \text{с}) = 1,602 \cdot 10^{-9} \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) = 1,602 \cdot 10^{-9} \text{ Вт}/\text{м}^2$
Поглощенная доза D, керма К	Грей (Гр)	Рад (рад)	$1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$
Мощность поглощенной дозы D	Грей в секунду (Гр/с)	Рад в секунду (рад/с)	$1 \text{ рад}/\text{с} = 0,01 \text{ Гр}/\text{с}$
Эквивалентная доза Н	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр)	$1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$
Мощность эквивалентной дозы Н	Зиверт в секунду (Зв/с)	Бэр в секунду (бэр/с)	$1 \text{ бэр}/\text{с} = 0,01 \text{ Зв}/\text{с}$
Экспозиционная доза X	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р)	$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}/\text{кг}$
Мощность экспозиционной дозы $R_{\text{эксп}}$	Ампер на килограмм (А/кг)	Рентген в секунду (Р/с)	$1 \text{ Р}/\text{с} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ А}/\text{кг}$
Концентрация (объемная активность) радионуклида в атмосферном воздухе или воде A/V	Беккерель на кубический метр ($\text{Бк}/\text{м}^3$) Беккерель на литр (Бк/л)	Кюри на мер кубический ($\text{Ки}/\text{м}^3$) Кюри на литр (Ки/л)	$1 \text{ Ки}/\text{кг} = 3,700 \cdot 10^{13} \text{ Бк}/\text{м}^3$ $1 \text{ Ки}/\text{л} = 3,700 \cdot 10^{10} \text{ Бк}/\text{л}$

Энергия ионизирующей частицы E,	Джоуль (Дж)	Электрон-вольт (эВ)* Мегаэлектронвольт (МэВ)*	1эВ=1,602·10 ⁻¹⁹ Дж МэВ=1,602·10 ⁻¹³ Дж
---------------------------------------	-------------	--	--

* Допущена к применению без ограничения срока.

Активность радионуклида связана с числом радиоактивных атомов в источнике. Приведем более практичное выражение этого соотношения, связывающего массу (т) радионуклида в граммах (г) (без учета массы неактивного носителя) с его активностью в беккерелях:

$$m=3,3 \cdot 10^{-3} \cdot M \cdot T_{1/2} \cdot A, \quad (4.3)$$

где, M—массовое число радионуклида; $T_{1/2}$ — период полураспада радионуклида в секундах.

В практике часто пользуются величинами отношений общей активности радионуклида к длине, площади, объему или массе источника. Они характеризуют концентрацию радионуклида. И называются соответственно линейной, поверхностной, объемной и удельной активностью радионуклида.

Выбор единиц этих величин определяется конкретной задачей. Так, допустимую концентрацию радионуклида в воде (объемную активность) удобнее выражать в беккерелях на литр (Бк/л), а в воздухе — в беккерелях на кубический метр (Бк/м³), т.к. потребление человеком воды обычно определяется в литрах, а воздуха — в кубических метрах. На практике во внесистемных единицах часто используются соответственно Ки/л и Ки/м³. Единица измерения удельной активности — Бк/кг. Часто также пользуются внесистемной единицей — Ки/кг.

Единицами поверхностной и линейной активности являются в СИ соответственно Бк/м² и Бк/м.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

Энергетическое и пространственно-временное распределения ионизирующего излучения в среде изменяется в процессе его взаимодействия с веществом. Для установления закономерностей этих изменений необходимо знать, сколько частиц или фотонов, с какой энергией и в каком направлении проходят в каждой точке пространства, т.е. необходимо иметь представление о поле излучения.

При решении практических задач относительно часто используются следующие характеристики поля ионизирующего излучения:

Поток ионизирующих частиц (фотонов) F — отношение числа ионизирующих частиц dN , проходящих через данную поверхность за интервал времени, к этому интервалу:

$$F = dN/dt \quad (4.4)$$

Единица потока частиц — имеет размерность обратной секунды (c^{-1}) и равна потоку ионизирующих частиц, при котором через данную поверхность проходит одна частица за 1 с. Аналогично — поток энергии ионизирующих частиц:

$$F_w = dw/dt, \quad (4.5)$$

где, dw — суммарная энергия (исключая энергию покоя) всех ионизирующих частиц, проходящих через данную поверхность за интервал времени dt .

Единица потока энергии ионизирующих частиц в СИ — джоуль в секунду (Дж/с) или ватт (Вт); внесистемная единица — электрон-вольт в секунду (эВ/с).

Флюенс (перенос) ионизирующих частиц (фотонов) Φ — отношение числа ионизирующих частиц dN , проникающих в объем элементарной сферы, к площади поперечного сечения ds этой сферы:

$$\Phi = dN/ds \quad (4.6)$$

Единица флюенса частиц в СИ — m^{-2} . Он равен флюенсу, при котором в сферу с площадью поперечного сечения $1 m^2$ проникает одна частица. Более предпочтительная единица — cm^{-2} . Соответственно флюенс (перенос) энергии ионизирующих частиц Φ_w

$$\Phi_w = dw/ds \quad (4.7)$$

Единица флюенса энергии ионизирующих частиц в СИ — Дж/ m^2 , но более предпочтительная на практике единица — МэВ/ cm^2 .

Плотность потока ионизирующих частиц ρ — отношение потока ионизирующих частиц dF , проникающих в объем элементарной сферы, к площади поперечного сечения ds этой сферы:

$$j = dF/ds = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d^2N}{dsdt} \quad (4.8)$$

Единица плотности потока частиц в СИ — $c^{-1} \cdot m^{-2}$. Более предпочтительная на практике внесистемная единица — $c^{-1} \cdot cm^{-2}$.

Плотность потока энергии ионизирующих частиц (интенсивность ионизирующих частиц) I — отношение потока энергии ионизирующих частиц dF_w , проникающего в элементарную сферу, к площади ее центрального сечения ds :

$$I = dF_w/ds \quad (4.9)$$

Единица интенсивности в СИ — Дж/($c \cdot m^2$) или (Вт/ m^2). Более предпочтительная на практике единица — МэВ/($cm^2 \cdot c$).

К характеристикам поля излучения можно также отнести энергетический спектр ионизирующих частиц. Источники излучения, испускающие частицы или γ -кванты только одной энергии, называются моноэнергетическими. Таких источников очень немного. Значительно чаще источники испускают частицы или γ -кванты разных энергий. Спектр излучения таких источников может быть сплошным с какой-либо граничной (максимальной) энергией или дискретным.

ДОЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ

Ионизация и возбуждения атомов среды — это те эффекты, которые определяют величину воздействия излучения на биологические объекты. Эти эффекты однозначно связаны с поглощенной энергией излучения в веществе. Поэтому основной физической величиной, определяющей степень радиационного воздействия, является поглощенная доза ионизирующего излучения.

Поглощенная доза ионизирующего излучения D — отношение средней энергии dw , переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm вещества в этом объеме.

$$D = dw/dm \quad (4.10)$$

В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм ($\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$), и имеет специальное название — грей (Гр). Грей равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения любого вида равная 1 Дж. В практике еще используется внесистемная единица поглощенной дозы — рад. $1 \text{ рад} = 100 \text{ эрг/г} = 0,01 \text{ Дж/кг} = 0,01 \text{ Гр}$.

В биологических тканях поглощенная доза распределяется неравномерно (например, по глубине). Для исключения превышения допустимых доз, в качестве тканевых доз принимаются их максимальные значения. Когда говорят "тканевая доза", имеют ввиду поглощенную дозу в мягкой биологической ткани, весовой состав которой принимают следующим, в %: водород — 10,1; углерод — 11,1; азот — 2,6; кислород — 76,2.

Величина поглощенной дозы излучения зависит от свойств излучения и поглощающей среды. При этом биологическое действие одной и той же дозы различных видов излучения не одинаковое.

Мощность поглощенной дозы ионизирующего излучения P — отношение приращения поглощенной дозы dD за интервал времени dt к этому интервалу:

$$P = dD/dt \quad (4.11)$$

В системе СИ единица мощности поглощенной дозы $1 \text{ Гр/с} = 1 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{кг}) = 1 \text{ Вт/кг}$. Внесистемная единица мощности поглощенной дозы 1 рад/с .

Как правило, в практической области радиационной безопасности масштабы измеряемых величин D , R таковы, что оказывается более предпочтительно использовать такие дробные единицы измерения: мГр, мГр/с соответственно.

Иногда для исключения некоторых неопределенностей требуется такая характеристика излучения по его воздействию на среду, которая была бы однозначно связана с параметрами поля излучения, например, с плотностью потока энергии. Для этих целей введена *специальная величина керма* K — отношение суммы первоначальных кинетических энергий dE_K всех заряженных частиц, образовавшихся под действием косвенно ионизирующего излучения в элементарном объеме вещества, к массе в этом объеме:

$$K = dE_K/dm \quad (4.12)$$

Керма применима, как для фотонов, так и для нейтронов в любом диапазоне доз и энергий излучения. Керму измеряют в тех же единицах, что и поглощенную дозу (Гр и рад).

Соответственно мощность кермы есть отношение приращения кермы dK за интервал времени dt к этому интервалу времени:

$$\dot{K} = dK/dt \quad (4.13)$$

Ее единицы измерения соответственно (Гр/с и рад/с).

Исторически первым, в качестве дозовой характеристики поля ионизирующего излучения, было развито понятие экспозиционной дозы. Оно введено для оценки поля фотонного излучения с энергией в диапазоне 1 кэВ — 3 МэВ.

Экспозиционная доза X —это отношение суммарного заряда dQ всех ионов одного знака, созданных в воздухе при полном торможении всех вторичных электронов, образованных фотонами в элементарном объеме воздуха, к массе воздуха dm в этом объеме:

$$X = dQ/dm \quad (4.14)$$

Т.к. эффективные атомные номера воздуха и биологической ткани близки, воздух принято считать тканеэквивалентной средой для фотонного излучения.

Единица экспозиционной дозы в СИ — кулон на килограмм (Кл/кг). Однако, как отмечалось выше, экспозиционную дозу рекомендовано изъять из обращения, и поэтому в дальнейшем, в случае необходимости, эта величина должна приводиться во внесистемных единицах, как это и сложилось на практике,

Рентген — экспозиционная доза фотонного излучения при прохождении которого через 0,001293 г [масса 1 см³ сухого атмосферного воздуха при нормальных условиях (0⁰С; 0,1013 МПа)] воздуха в результате завершения всех

ионизационных процессов в воздухе создаются ионы, несущие одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака. Отметим связь единиц:

$$1\text{P} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} \quad (4.15)$$

В условиях лучевого равновесия, т.е. такого состояния ионизирующего излучения и среды, когда поглощенная энергия излучения в некотором объеме среды равна сумме кинетических энергий ионизирующих частиц в том же объеме, внесистемной единице 1 Р соответствует поглощенная доза 0,873 рад в воздухе или 0,95 рад в биологической ткани. Поэтому с погрешностью до 5% экспозиционную дозу в рентгенах и поглощенную дозу в радах можно считать совпадающими.

Мощность экспозиционной дозы (фотонного излучения) $P_{\text{ЭКСП}}$ — отношение приращения экспозиционной дозы dX за интервал времени dt к этому интервалу времени:

$$P_{\text{ЭКСП}} = dX / dt \quad (4.16)$$

В СИ единица мощности экспозиционной дозы — ампер на килограмм (А/кг). Внесистемной единицей мощности экспозиционной дозы является (Р/с)—это такая мощность экспозиционной дозы, при которой за 1 с создается экспозиционная доза 1 Р. Коэффициент связи между этой единицей и системной единицей тот же, что и для экспозиционной дозы.

Соотношение между системными единицами экспозиционной и поглощенной доз: 1 Кл/кг соответствует поглощенная доза 33,85 Гр в воздухе или 36,9 Гр в биологической ткани. Тогда как значение экспозиционной дозы в рентгенах и поглощенной дозы в радах отличаются во внесистемных единицах всего лишь в 1,14 раза. Соотношение же между системными и внесистемными единицами экспозиционной дозы и мощности дозы не равны целому числу, что затрудняет их совместное использование. Все это может быть причиной многочисленных ошибок. Поэтому и по ряду других причин (в соответствии с принятыми за рубежом рекомендациями) экспозиционная доза подлежит изъятию из употребления. В случае отступления в практике от этой рекомендации, следует указывать значения экспозиционной дозы и ее мощности во внесистемных единицах (Р, Р/с или в соответствующих десятичных, дольных и кратных единицах) значения этих величин в единицах СИ (Кл/кг, А/кг и в их десятичных, дольных и кратных единицах) приводить не следует. Все вышесказанное распространяется и на использование гамма-постоянной (постоянной мощности экспозиционной дозы).

Биологический эффект для разных видов ионизирующих излучений не одинаков при прочих равных условиях, в том числе, при одинаковой поглощенной дозе. Оказывается важно не только количество ионов,

образованных в единице массы биологической ткани, но и то, как распределены эти ионы по длине пути, т.е. осуществлена линейная плотность ионизации. Ее однозначно характеризует *линейная передача энергии (ЛПЭ) излучения*, L — отношение полной энергии dE , переданной веществу заряженной частицей вследствие столкновений на элементарном пути dl , к длине этого пути:

$$L = dE/dl \quad (4.17)$$

В качестве единицы измерения ЛПЭ используется килоэлектронвольт на микрометр воды, 1 кэВ/мкм : $1 \text{ кэВ/мкм} = 0,16 \text{ нДж/м}$.

Для оценки радиационной опасности излучения произвольного состава при хроническом облучении человека в малых дозах (в дозах, не превышающих пяти предельно допустимых годовых доз при облучении всего тела человека) вводится понятие эквивалентной дозы.

Эквивалентная доза ионизирующего излучения H — основная дозиметрическая величина равная произведению поглощенной дозы D на средний коэффициент качества ионизирующего излучения \bar{k} в данном объеме биологической ткани стандартного состава:

$$H = D \cdot \bar{k} \quad (4.18)$$

Единицей эквивалентной дозы в СИ является Зиверт (Зв). Зиверт — единица эквивалентной дозы любого вида излучения в биологической ткани, которое создает такой же биологический эффект, как и поглощенная доза в 1 Гр образцового рентгеновского излучения. Иными словами, Зиверт равен эквивалентной дозе, у которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного состава на средний коэффициент качества равен 1 Дж/кг .

Внесистемная единица эквивалентной дозы — бэр. Бэр равен эквивалентной дозе, при которой произведение поглощенной дозы в биологической ткани стандартного состава на средний коэффициент качества равно 100 эрг/г . Таким образом: $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

Мощность эквивалентной дозы \dot{H} — отношение приращения эквивалентной дозы dH за интервал времени dt к этому интервалу времени:

$$\dot{H} = dH/dt \quad (4.19)$$

Единица мощности эквивалентной дозы в СИ — зиверт в секунду (Зв/с). Внесистемная единица — бэр в секунду (бэр/с).

Время пребывания человека в поле излучения при низких уровнях ионизирующего излучения измеряется, как правило, часами (6-часовой рабочий день, 36-часовая рабочая неделя). Масштаб величин мощностей эквивалентной дозы задает ее величина естественного фона на территории Украины, находящаяся в пределах $0,05$ — $0,2 \text{ мкЗв/ч}$. Поэтому величину мощности

эквивалентной дозы, как правило, удобно измерять в единицах микрозиверт в час.

Безразмерный коэффициент качества определяет зависимость неблагоприятных биологических последствий облучения человека в малых дозах. Он является функцией ЛПЭ данного излучения в воде, и выбирается на основе имеющихся значений коэффициента относительной биологической эффективности (ОБЭ) (табл. 4.4).

Таблица 4.4.

Зависимость коэффициента качества k от ЛПЭ ионизирующего излучения

ЛПЭ для воды, кэВ/мкм	$\leq 3,5$	7,0	23	53	≥ 175
k	1	2	5	10	20

Между k и ЛПЭ имеется эмпирическая связь:

$$k = [A/L] \cdot [1 - \exp(-B \cdot L^{2,03})], \quad (4.20)$$

где: $A = 6000$ кэВ/мкм; $B = 4,6 \cdot 10^{-5}$ (мкм/кэВ)².

Среднее значение ЛПЭ для поля берется в кэВ/мкм. Вычисленные величины k в (4.20) имеют погрешность 3% для низких энергий и 10% для высоких энергий.

Под ОБЭ излучения понимают отношение поглощенной дозы образцового излучения, вызывающей определенный биологический эффект, к поглощенной дозе рассматриваемого излучения, вызывающей тот же самый биологический эффект. В качестве образцового излучения используют рентгеновское излучение с непрерывным энергетическим спектром с граничной энергией 200 кэВ и со средней ЛПЭ равной 3,5 кэВ/мкм воды. Однако значения k не полностью соответствуют ОБЭ по ряду наблюдаемых вредных эффектов. Например, при стохастическом эффекте при низком уровне поглощенной дозы и нестохастическом эффекте при большой поглощенной дозе у человека. *Нестохастическими* или пороговыми называются вредные эффекты облучения, если они выявляются начиная с какого-то определенного порогового значения дозы. Для этих эффектов вероятность их возникновения (частота) и степень тяжести возрастают с увеличением дозы. Последствия облучения человека, вероятность возникновения которых существует при сколь угодно малых дозах облучения (отсутствует порог) и возрастает с дозой, называют *стохастическими* или беспороговыми. Если энергетический состав излучения неизвестен, рекомендуется использовать значения k , приводимые в табл. 4.5.

Значения k для излучения моноэнергетических нейтронов и протонов приведены в табл. 4.5. Для фотонов, электронов, позитронов и β - частиц $k=1$. Однако, в ряде работ для фотонов невысоких энергий ($E_0 < 1$ МэВ) значения $k > 1$, например, для $E_0 = 0,1$ МэВ $k = 1,5$; для $E_0 = 0,05$ МэВ $k = 1,7$; для $E_0 = 0,03$ МэВ $k = 4,5$.

Таблица 4.5.

Значения коэффициента качества k для излучений различных видов с неизвестным энергетическим составом

Вид излучения	K
Рентгеновское и γ -излучение, электроны, позитроны, β -излучение	1
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1 — 10 МэВ	10
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
α -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20

Таблица 4.6.

Значения k для моноэнергетических нейтронов и протонов

Энергия, МэВ	k	Энергия, МэВ	k
нейтроны		1	12
тепловые	2,9	2,5	10
$1 \cdot 10^{-7}$	2,4	5	8,4
$1 \cdot 10^{-6}$	1,9	10	6,7
$1 \cdot 10^{-5}$	1,7	20	5,4
$1 \cdot 10^{-4}$	1,7	протоны	
$5 \cdot 10^{-3}$	2,8	2	13,5
$2 \cdot 10^{-2}$	4,9	5	11,7
$1 \cdot 10^{-1}$	8,0	10	9,4
$5 \cdot 10^{-1}$	12	20	7,0

Когда ЛПЭ во всех точках облучаемого объекта неизвестно, допустимо использовать усредненные значения k применительно к различным видам первичного излучения.

Для смешанного излучения эквивалентная доза определяется как произведение поглощенных доз отдельных видов излучений D_i на соответствующие значения \bar{k} :

$$H = \sum_{i=1}^n D_i \bar{k}_i \quad (4.21)$$

где i , индекс вида и энергии излучения.

Разные органы и ткани имеют разные чувствительности к излучению.

В результате для случаев неравномерного облучения разных органов или тканей тела человека было введено понятие эффективной эквивалентной дозы.

Для определения этой величины необходимо ввести понятие риска. Риск— вероятность возникновения неблагоприятных последствий (смертные случаи, травматизм, профессиональные заболевания т.п.). Например, риск смерти от курения $r = 5 \cdot 10^{-4}$ случаев/(чел · год). Это означает, что на 1 млн. курящих людей каждый год умирает от болезней, вызываемых курением, дополнительно 500 чел.

При оценке вреда можно учитывать неблагоприятные последствия, связанные с наиболее радиочувствительными органами и тканями. В табл.4.6 приведены вероятности смертельных исходов c_T от злокачественных опухолей и наследственных эффектов для различных групп органов при эквивалентной дозе 1 Зв рекомендовавшиеся до 1990 г.

При одновременном облучении нескольких органов вероятность выхода неблагоприятных исходов складывается, т.е. $c_H = \sum c_T$

Из изложенного следует, что индивидуальная вероятность или риск смерти r_T от злокачественного новообразования при среднем значении эквивалентной дозы (H)_T в данном органе или ткани

$$r_T = c_T(H_{cp})_T. \quad (4.22)$$

Соответственно суммарный риск при равномерном облучении всего тела (всех основных групп органов или тканей, указанных в табл.4.6) в дозе H_E :

$$r_E = \sum c_T(H_{cp})_T = c_E H_E, \quad (4.23)$$

отсюда

$$H_E = \sum c_T/c_E = (H_{cp})_T, \quad (4.24)$$

введя обозначение $c_T/c_E = W_T$, получаем

$$H_E = \sum W_T = (H_{cp})_T \quad (4.25)$$

Отношение $c_T/c_E = W_T$ определяет взвешенный риск облучения данного органа по отношению к взвешенному риску облучения всего организма, т.е. представляет отношение вероятности возникновения стохастических эффектов в результате облучения какого-либо органа или ткани к вероятности их возникновения при равномерном облучении всего тела. Параметр W_T называют взвешивающим фактором или весовым множителем. При этом $\sum W_T = 1$.

Величина H_E , определяемая по 4.25. названа эффективной эквивалентной дозой и используется в радиационной безопасности как мера стохастических эффектов при облучении человека.

Таблица 4.7.

Взвешивающие факторы W_T и вероятность смертельных исходов c_T от злокачественных опухолей и наследственных дефектов*¹ в результате облучения на 1 человека при эквивалентной дозе 1 Зв в данном органе

Орган или ткань	Заболевание	c_T^{*2} , 10^{-2} 1/(чел-Зв)	W_T
Гонады	Наследственные дефекты* ¹	0,40	0,25
Молочная железа	Рак	0,25	0,15
Красный	Лейкемия	0,20	0,12
Легкие	Рак	0,20	0,12
Щитовидная	Рак	0,05	0,03
Поверхность	Злокачественные	0,05	0,03
Все другие	Тоже	0,50* ³	0,30* ³
Всего:		1,65	1,00
Из них злокачественные опухоли		1,25	

*¹ У первых двух поколений потомства облученных лиц.

*² Приведенные значения C_1 . для задач радиационной безопасности следует рассматривать как ориентировочные. В действительности они зависят от многих факторов: возраста, пола и т.д.

*³ Это значение распределяется поровну между пятью оставшимися органами и тканями, которые получили самую высокую эквивалентную дозу.

При равномерном облучении всего организма эквивалентная доза в каждом органе или ткани одна и та же и равна H_E . Таким образом, эффективная эквивалентная доза при неравномерном по органам и тканям облучении организма равна такой эквивалентной дозе при равномерном облучении, при которой риск неблагоприятных последствий будет таким же, как и при данном неравномерном облучении.

В табл. 4.7 приведены численные значения W_T рекомендовавшиеся до 1990г. Они были установлены на основании радиобиологических и медицинских

исследований. Величину r_E называют коэффициентом риска возникновения стохастических эффектов. В соответствии с табл. 4.6 до 1990 г. ее рекомендованная величина равнялась $1,65 \cdot 10^{-2} 1/(\text{чел} \cdot \text{Зв})$.

Единицы эффективной эквивалентной дозы и ее мощности совпадают с единицами эквивалентной дозы и ее мощности соответственно.

Эквивалентная доза или эффективная эквивалентная доза являются индивидуальными критериями опасности, обусловленными ионизирующим излучением. Эти величины являются индивидуальными дозами. На практике, особенно при широком использовании атомной энергии, возникает необходимость оценивать меру ожидаемого эффекта при облучении большого контингента людей — персонала или населения.

Для этого используется величина — эффективная коллективная доза, определяющая полное воздействие на популяцию:

$$S = \sum_{i=1}^{\infty} H_{Ei} N_i \quad (4.26)$$

где H_{Ei} — средняя эффективная эквивалентная доза на i -ю подгруппу популяции; N_i — число лиц в подгруппе, получивших эквивалентную дозу H_{Ei} . Единицей измерения коллективной дозы в СИ является человеко-зиверт (чел-Зв), внесистемная единица — человеко-бэр (чел-бэр).

КЕРМА-ПОСТОЯННАЯ И КЕРМА - ЭКВИВАЛЕНТ ИСТОЧНИКА

При работе с радионуклидами необходимо помнить, что число распадов источника γ - излучения не определяет степень его ионизирующего воздействия. Оно также зависит от схемы распада, т.е. количества фотонов, приходящихся на один распад, и энергии фотонов. Поэтому вводят величины однозначно характеризующие данный радионуклид как γ - излучатель. Такими характеристиками являются гамма - постоянная и гамма-эквивалент радионуклида. Как известно, гамма-эквивалент и гамма - постоянная определяются через экспозиционную дозу. В связи с переходом к СИ и отказом от использования экспозиционной дозы, как дозиметрической величины, введены новые величины для характеристики источников γ - излучения: керма - постоянная и керма-эквивалент соответственно. Керма - постоянная (постоянная мощности воздушной кермы радионуклида) Γ_δ определяется как отношение мощности воздушной кермы K , создаваемой фотонами с энергией больше заданного порогового значения от точечного изотропно - излучающего источника данного радионуклида, находящегося в вакууме* на расстоянии l от источника, умноженной на квадрат этого расстояния к активности A источника:

$$\Gamma_\delta = (K \cdot l^2)/A. \quad (4.27)$$

* Подчеркнуто, что источник находится в вакууме. Это означает, что в пространстве, окружающем элементарный воздушный объем в точке детектирования, рассеяния и поглощения не происходит.

Единица керма - постоянной в СИ — $[\text{Гр} \cdot \text{м}^2 / (\text{с} \cdot \text{Бк})]$.

Более предпочтительная единица измерения — $[\text{аГр} \cdot \text{м}^2 / (\text{с} \cdot \text{Бк})]$.

Физический смысл керма - постоянной — мощность воздушной кермы, создаваемая в вакууме γ -излучателем точечного изотропно-излучающего источника с энергией больше заданного порогового значения d активностью 1 Бк на расстоянии 1 м.

Керма - постоянная определяется по мощности воздушной кермы. Это удобно при решении практических задач, т.к. керма применима для определения полей как фотонов, так и электронов в любом диапазоне дозы энергий излучения и не вводит неоднозначных параметров в расчеты.

В определении керма - постоянной вводится ограничение со стороны низких энергий, обозначаемое символом δ . Рекомендуются принимать $\delta=30$ кэВ. Это сделано для того, чтобы можно было пренебречь поглощением фотонов низких энергий в материале источника (самопоглощение), в материале фильтров, в воздухе и т.д.

Различают дифференциальные и полные керма - постоянные. Дифференциальная керма - постоянная ($\Gamma_{\delta i}$) относится к определенной моноэнергетической (какой-нибудь одной) линии гамма - спектра радионуклида. Полная керма - постоянная (или просто керма - постоянная) равна сумме всех дифференциальных.

И, естественно, зная керма - постоянные, активности радионуклидов и расстояния от источника до детектора легко из формулы (4.25) определить мощность воздушной кермы:

$$K = A \cdot \Gamma_{\delta} / l^2. \quad (4.28)$$

Широко ранее использовавшаяся гамма - постоянная Γ_{γ} (постоянная мощности экспозиционной дозы) характеризовала мощность экспозиционной дозы, создаваемой фотонами всех линий точечного изотропного радионуклидного источника активностью 1 мКи на расстоянии 1 см без начальной фильтрации.

Таким образом, гамма - постоянная радионуклида определяется отношением мощности экспозиционной дозы, создаваемой не фильтрованным γ -излучением от точечного источника на расстоянии l_0 от источника, умноженной на квадрат этого расстояния к активности A_0 источника:

$$\Gamma_{\gamma} = (P_{\text{Эксп}} \cdot l^2) / A \quad (4.29)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В нормах радиационной безопасности НРБ-99 установлены:

1. Три категории облучаемых лиц:

категория *A* – персонал (профессиональные работники);

категория *B* – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений;

категория *B* – население области, края, республики, страны.

2. Три группы критических органов:

1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг;

2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт (ЖКТ), легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам

3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

3. Основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *A*, *B* и *B*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *A*) и пределы дозы (ПД) (для категории *B*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 12.1.)

Таблица 5.1

Основные дозовые пределы, мЗв/год

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
<i>A</i>	20	150	500
<i>B</i>	1	15	50

Примечание. Дозы облучения для персонала категории *B* не должны превышать $\frac{1}{4}$ значений для персонала категории *A*.

ПДД – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы облучения за календарный год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не

вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

ПД – основной дозовый предел, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не вызовет изменений здоровья, обнаруживаемых современными методами.

2. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$H \leq \text{ПДД}, \quad (5.1.)$$

где H – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, мЗв/год :

$$H = D \cdot k, \quad (5.2.)$$

где D – поглощенная доза излучения, мЗв/год ; k – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

Для категории B

$$H \leq \text{ПД}, \quad (5.3.)$$

где H рассчитывают по формуле (5.2.)

Значения коэффициента k приведены ниже.

Вид излучения	k
Рентгеновское и γ - излучение	1
Электроны и позитроны, β – излучение	1
Протоны с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	10
Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	3
Нейтроны с энергией $0,1 \dots 10 \text{ МэВ}$	10
A – излучение с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	20
Тяжелые ядра отдачи	20

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

3.1. Выбрать вариант (табл. 5.2.).

3.2. Ознакомиться с методикой.

3.3. В соответствии с категорией облучаемых лиц, группой критических органов и режимов работы определить основные дозовые пределы (ПДД и ПД).

3.4. По формуле (5.2.) определить максимальную эквивалентную дозу излучения.

3.5. С помощью формул (5.1.) и (5.3.) сделать вывод о соответствии радиационной обстановки нормам радиационной безопасности.

3.6. Подписать отчет и сдать преподавателю.

Таблица 5.2

Варианты заданий к лабораторной работе по теме «Оценка радиационной обстановки»

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение		
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год
1.	2.	3.	4.	5.
01	А	Все тело	α – излучение с энергией < 10 МэВ	1
02	А	Все тело	α – излучение с энергией < 10 МэВ	2
03	А	Щитовидная железа	β – излучение	75
04	А	Печень, почки	Протоны с энергией < 10 МэВ	10
05	А	Легкие	Протоны с энергией < 10 МэВ	20
6	А	Голени и стопы	Нейтроны с энергией 0,1 ... 10 МэВ	15
07	А	Кожный покров	Нейтроны с энергией 0,1 ... 10 МэВ	20
08	Б	Все тело	γ - излучение	1
09	А	Все тело	γ - излучение	2
10	Б	Все тело	Рентгеновское излучение	3

11	А	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10
12	А	Органы пищеварения	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	1
13	А	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	2
14	А	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	3
15	А	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	4
16	А	Все тело	Нейтроны с энергией $0,1 \dots 10 \text{ МэВ}$	2
17	А	Все тело	Нейтроны с энергией $0,1 \dots 10 \text{ МэВ}$	3
18	А	Костная ткань	Протоны с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	20
19	А	Мышцы	Протоны с энергией $< 10 \text{ МэВ}$	10
20	А	Легкие	β – излучение	100
21	А	Кисти рук	β – излучение	200
22	А	Кожный покров	α – излучение	20
23	А	Печень, почки	α – излучение	10
24	Б	Все тело	γ - излучение	2
25	Б	Все тело	γ - излучение	4
26	Б	Все тело	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	1
27	Б	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	2
28	Б	Легкие	Нейтроны с энергией $< 0,02 \text{ МэВ}$	1
29	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	5
30	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ»

1. Исходные данные:

Вариант	Категория облучаемых лиц	Облучение		
		Группа критических органов	Вид излучения	Поглощенная доза, мЗв/год
№	Б	Органы пищеварения	Рентгеновское излучение	10

2. Цель работы: оценить радиационную обстановку согласно данным варианта на соответствие нормам радиационной безопасности.

3. Ход работы:

В нормах радиационной безопасности НРБ-99 установлены:

1. три категории облучаемых лиц: категория *A* – персонал (профессиональные работники); категория *B* – профессиональные работники, не связанные с использованием источников ионизирующих излучений, но рабочие места которых расположены в зонах воздействия радиоактивных излучений; категория *B* – население области, края, республики, страны.

2. три группы критических органов: 1-я группа – все тело, половые органы, костный мозг; 2-я группа – мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, **желудочно-кишечный тракт (ЖКТ)**, легкие, хрусталик глаза и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1-й и 3-й группам; 3-я группа – кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, стопы.

3. основные дозовые пределы, допустимые для лиц категорий *A*, *B* и *B*.

Основные дозовые пределы – предельно допустимые дозы (ПДД) облучения (для категории *A*) и пределы дозы (ПД) (для категории *B*) за календарный год. ПДД и ПД измеряются в миллизивертах в год (*мЗв/год*). ПДД и ПД не включают в себя дозы естественного фона и дозы облучения, получаемые при медицинском обследовании и лечении (см. табл. 5.1.)

При проведении радиационного контроля и оценке соответствия параметров радиационной обстановки нормативам должны соблюдаться следующие соотношения:

$$H \leq \text{ПДД},$$

где *H* – максимальная эквивалентная доза излучения на данный критический орган, *мЗв/год*.

$$H = D \cdot k,$$

$$H = 10 \cdot 1 = 10 \text{ мЗв/год},$$

где D – поглощенная доза излучения, мЗв/год ; k – коэффициент качества излучения (безразмерный коэффициент, на который следует умножить поглощенную дозу рассматриваемого излучения для получения эквивалентной дозы этого излучения);

По данным варианта (табл. 5.2.) для группы критических органов - «пищеварение» и категории облученных лиц - «А» нахожу основной дозовый предел из табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные дозовые пределы, мЗв/год

Категория облучаемых лиц	Группа критических органов		
	1-я	2-я	3-я
А	20	150	500
В	1	15	50

$$\text{ПДД} = 150 \text{ мЗв/год},$$

Дозы облучения для персонала категории B не должны превышать $\frac{1}{4}$ значений для персонала категории A , следовательно:

$$150 / 4 = 37,5 \text{ мЗв/год}$$

Сравним рассчитанную максимальную эквивалентную дозу на органы пищеварения при рентгеновском излучении с ПДД на данный критический орган:

$$10 < 37,5$$

Вывод: В результате расчета определили, что максимальная эквивалентная доза на органы пищеварения при рентгеновском излучении не превышает установленную ПДД на данный критический орган, следовательно, радиационная обстановка соответствует нормам радиационной безопасности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВЕЩЕСТВ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО β - И α - ИЗЛУЧЕНИЮ ПРИ ПОМОЩИ ДОЗИМЕТРА-РАДИОМЕТРА МКС-01СА1Б

1-й этап – САМОПОДГОТОВКА

Цель этапа:

1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.

2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.

1. Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить:

1. Силы в природе (гравитационные, кулоновские, центробежные).

2. Законы сохранения энергии, массы, заряда.

3. Строение атома и ядра.

4. Виды ядерных взаимодействий

5. Сведения из теории вероятностей и математической статистики.

2. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Как определить плотность потока альфа – частиц от исследуемой поверхности?

2. Как оценить плотность потока бета – частиц от исследуемой поверхности?

3. Какой вклад вносит радиоактивный калий в облучение человека при поступлении в организм?

2-й этап – ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Цель этапа: при помощи дозиметра-радиометра МКС-01СА1Б определить загрязненность вещества и поверхностей по альфа и бета - излучению на примере калийной соли и сигаретного пепла. Полученные результаты сравнить с уровнями радиоактивных загрязнений, приведенными в разделе блок информации и оценить приемлемость полученных значений.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Включить дозиметр-радиометр МКС-01СА1Б.

2. Оценить плотность потока бета – частиц от поверхностей.

Для того чтобы оценить плотность потока бета – частиц от исследуемой поверхности, необходимо:

- открыть входное окно детектора, сдвинув экран (см. Рис.4.1) в нижнее положение;
- включить прибор и кнопкой «**MODE**» установить режим «**BETA**»;
- разместить входное окно детектора прибора непосредственно над исследуемой поверхностью на расстоянии (3-5) мм. При достижении статистической погрешности менее 10% зафиксировать среднее показание дисплея $N_{\phi+\beta}$;
- расположить прибор над любым заведомо чистым участком поверхности (или расположить прибор в воздухе на расстоянии не менее 1 м от поверхности пола, земли и любых окружающих предметов);
- при достижении статистической погрешности менее 10%, зафиксировать среднее фоновое показание дисплея N_{ϕ} , част/(мин·см²);
- вычислить плотность потока бета – частиц Φ_{β} , част/(мин·см²) по формуле
$$\Phi_{\beta} = (N_{\phi+\beta} - N_{\phi}), \text{ част}/(\text{мин}\cdot\text{см}^2). \quad (6.1)$$

3. Установка порогов сигнализации плотности потока бета-частиц

Включить питание прибора и кнопкой «**MODE**» установить режим «**BETA**». При длительном удержании кнопки «**MODE**» (более 2 с) при индикации на дисплее «**BETA**» прибор переключается в режим установки порогов сигнализации плотности потока бета-частиц. При этом на дисплее включается текст «**THRESHOLD**» и «**99999 min⁻¹cm⁻²**».

Установка каждой подчеркнутой снизу значащей цифры осуществляется короткими нажатиями кнопки «**MODE**». Переход к установке следующей цифры – длительное нажатие кнопки «**MODE**» (более 2 с). Выход из режима установки порога плотности потока бета-частиц – длительное нажатие кнопки «**MODE**» при индикации на дисплее последней подчеркнутой значащей цифры «**99999 min⁻¹cm⁻²**».

4. Оценить плотность потока альфа – частиц от поверхностей

Для того, чтобы оценить плотность потока альфа – частиц от исследуемой поверхности, необходимо:

- открыть входное окно детектора, сдвинув экран в нижнее положение;
- включить прибор и кнопкой «**MODE**» установить режим «**ALPHA**»;
- разместить входное окно детектора непосредственно над исследуемой поверхностью, так чтобы расстояние между детектором и контролируемой поверхностью было минимальным (не более 1-2 мм);
- при достижении статистической погрешности менее 10% зафиксировать показания дисплея $N_{\phi+a}$, част/(мин·см²);
- не меняя положения прибора, разместить между прибором и исследуемой поверхностью лист писчей бумаги. При достижении статистической

погрешности менее 10%, зафиксировать среднее показание дисплея N_{ϕ} , част/(мин·см²);

- определить уровень загрязнения Φ_{α} , част/(мин·см²) по формуле
- $$\Phi_{\alpha} = N_{\phi+\alpha} - N_{\phi}, \text{ част/(мин·см}^2\text{)} \quad (6.2)$$

5. Определить загрязненность веществ по β - излучению

Для проведения работ подготовьте пробу продукта, загрязненность которого предполагается определить. Пробу приготавливайте в бытовой полиэтиленовой крышке, применяемой для закрывания и герметизации банок. Продукт, подлежащий измерению, залейте или, предварительно измельчив, засыпьте ровным слоем в емкость таким образом, чтобы верхний край продукта отстоял от края емкости на 3-5 мм.

Эксперимент 1

Для эксперимента понадобится упаковка удобрений «Калий хлористый», такие удобрения часто фасуют в полиэтиленовые пакеты по одному килограмму.

Итак:

- открыть входное окно детектора, сдвинув экран в нижнее положение;
- включить питание прибора;
- выбрать режим «**ГАММА**»;
- приблизить входное окно детектора прибора вплотную к пакету с удобрениями;
- провести оценку мощности дозы.

Как показывает практика, мощность дозы превышает фоновое значение на величину от 0,30 до 0,60 мкЗв/ч.

В режиме «**БЕТА**» результат наблюдений лежит около 36 част/(мин·см²).

Присутствие радиоактивного изотопа калия – $40(^{40}\text{K})$ объясняет полученные результаты. Этот изотоп является как гамма-, так и бета – излучателем. Причем в 90 случаях из 100 распадов калия-40 вылетает бета-частица (электрон), а в остальных гамма-квант (фотон).

Если провести эксперимент, при закрытом экранном окне, то можно обнаружить повышенное значение мощности дозы (примерно на 40 % выше естественного фона).

Попутным результатом проведенного эксперимента является косвенная проверка функционирования дозиметра.

В завершении приведем несколько важных величин:

0,15 мкЗв/ч – мощность дозы естественного фона, в зависимости от местных условий может меняться в 2 раза;

0,6 мкЗв/ч – максимальное значение мощности дозы, установленное для населения на открытой местности;

5 мЗв – предельное значение дозы за год для населения;

960 част/(мин·см²) – допустимая плотность потока низкоэнергетичного бета - излучения (граничная энергия спектра – 0,2 МэВ);

50 част/(мин·см²) - допустимый уровень радиоактивного загрязнения поверхностей по альфа - излучению.

Задание 1. Определить загрязненность вещества по бета - излучению.

В качестве образца можно использовать калийную соль и сигаретный пепел.

1. Подготовить прибор к работе.

2. Перевести переключатель в положение «част/(мин · см²)». Снять экран, защищающий детектор от бета - излучения.

Для измерения загрязненности поднести прибор чувствительной поверхностью к предположительно загрязненной поверхности таким образом, чтобы до нее было расстояние не более одного сантиметра.

Через 25 с после размещения прибора над измеряемой поверхностью зафиксировать (запомнить) показание.

3. Не изменяя положения переключателя, закрыть детектор экраном и определить фоновое показание, которое необходимо вычесть из предыдущего для получения действительного значения загрязненности поверхности бета - излучателя ми. Показания соответствуют числу бета - частиц в минуту с квадратного сантиметра.

Полученную разность показаний следует умножить на 300. Найденное значение будет соответствовать объемной активности пробы в беккерелях на литр.

Таблица 6.1

Активность радионуклида и радиационное загрязнение образца

Образец	№ замера	Плотность излучения A _s , част/мин·см ²	Загрязненность образца A _m , Бк/кг
Вид излучения:		β	β
Калийная соль, Сигаретный пепел	1		
	2		
	3		
	·		
	·		
	10		
Среднее значение:			

4. Измерить массовую активность вещества. Для этого детектор со снятой крышкой вплотную поднести к объекту измерения.

Разность показаний следует умножить на 300. Найденное значение будет соответствовать массовой активности пробы в беккерелях на килограмм.

5. Данные измерений заносим в табл. 6.1 и определяем загрязненность исследованной пробы.

Полученные результаты сравнить с уровнями радиоактивных загрязнений, приведенными в разделе - **Уровни фонового облучения человека**, и оценить приемлемость полученных значений.

6. Определить загрязненность поверхностей по β - излучению

Задание 2. Измерить плотность потока бета - излучения от загрязненной поверхности.

В качестве загрязненной поверхности используется лабораторный стол.

Порядок выполнения работы:

1. Перевести переключатель прибора в положение «част/ (мин · см²)».
 2. Снять экран с прибора, поднести детектор к поверхности стола на расстоянии 1 см и через 25 с зафиксировать показание прибора.
 3. Вычсть показание прибора, полученное в п. 3, от показания, полученного в п. 2. Разность показаний прибора является действительным значением загрязненности поверхности бета - излучением в единицах «част/ (мин · см²)».
- Результаты занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2

Активность радионуклида и радиационное загрязнение образца

Образец	№ замера	Плотность излучения A_s , част/мин·см ²	Загрязненность образца A_m , Бк/КГ
Вид излучения:		α	α
Калийная соль, Сигаретный пепел	1		
	2		
	3		
	.		
	10		
Среднее значение:			

7. Сделать соответствующие выводы, отчет подписать у преподавателя.

ДОЗИМЕТР- РАДИОМЕТР БЫТОВОЙ МКС-01СА1Б с речевым выводом - разработан и производится в соответствии с «Положением о метрологическом статусе, порядке разработки, постановке на производство и поверке дозиметрических и радиометрических приборов для населения»,

«Системой разработки и постановки продукции на производство ГОСТ 15.001-88», ГОСТ 15.009-91, и конструкторской документацией СНЖА.412152.001.

МКС-01СА1Б – миниатюрный **многофункциональный** бытовой дозиметр-радиометр с ежесекундным непрерывным уточнением результата измерения и индикацией текущей статистической погрешности, а также с речевым озвучиванием и голосовой оценкой результатов измерения, предназначенный для:

- оценки плотности потока бета - частиц от загрязненных поверхностей;
- оценки плотности потока альфа - частиц от загрязненных поверхностей;

Прибор позволяет осуществлять оперативный поиск загрязненных предметов или источников радиоактивных излучений, а также контролировать среду обитания человека (радиационную безопасность рабочих мест, жилища, местности; оценку радиоактивной загрязненности реальных объектов, продуктов питания, материалов и проб; оценку радоновой обстановки в жилых и рабочих помещениях и др.).

Речевое озвучивание и оперативный голосовой анализ результатов оценки радиационной обстановки позволяют существенно повысить удобство применения МКС-01СА1Б, как населением, так и работниками различных служб.

Технические характеристики, общие сведения о конструкции прибора МКС-01СА1Б, работу с прибором и его внешний вид можно посмотреть в лабораторной работе № 4.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

Естественную радиацию образуют лучи, падающие на Землю из космоса (космическая радиация), и радиоактивные элементы, содержащиеся в земных породах, стройматериалах и пище (земная радиация). Радиоактивные изотопы естественного происхождения присутствуют во всех оболочках Земли: литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере.

Вс естественные источники облучения могут воздействовать на человека внешним и внутренним путем. Среди внешних заслуживают особого внимания космические лучи и естественная радиация в почве и строительных материалах. Среди внутренних — радиоактивные вещества в воздухе, воде, продуктах питания и организме человека. Особое место среди них занимают калий-40 и радон-222.

Земные источники радиации составляют большую часть облучения, которому подвергается человек за счет естественной радиации. В среднем они дают более 5/6 годовой эффективной эквивалентной дозы, получаемой населением, в основном вследствие внутреннего облучения. Земную радиацию

создают радиоактивные элементы, содержащиеся в земных породах, природном газе, строительных материалах, продуктах питания, воде, воздухе и др.

Радиоактивные элементы земных пород и пищи. Калий-40

Главным источником поступления во внешнюю среду естественных радиоактивных веществ являются горные породы, в состав которых входят радиоактивные элементы, возникшие в период формирования и развития планеты. В результате деструктивных процессов метеорологического, гидрологического, геохимического и вулканического характера радиоактивные вещества подвергаются широкому рассеиванию, Количество радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах, зависит от вида породы и места ее нахождения.

Как правило, в почве отсутствует равновесие между предшественником и дочерним нуклидом вследствие их неодинаковых химических свойств. Повсеместно отмечается избыточное (по отношению к ^{226}Ra) количество ^{210}Pb в верхнем горизонте почв ($0-5 \cdot 10^{-2}$ м). Считается, что основная причина накопления ^{210}Pb в верхних слоях почвы — атмосферные выпадения.

Значительное место в процессах миграции и круговорота радиоизотопов занимают растительный и животный мир. Радиоактивность растений и животных обусловлена практически всеми радиоизотопами, которые встречаются в природе. Некоторые из них находятся в смеси со стабильными изотопами элементов, активно участвующими в обмене веществ и обеспечивающими функционирование всех органов и систем живой материи (^{40}K , ^{14}C , ^3H). Содержание их в организме зависит от степени накопления стабильных изотопов. Например, калия в горохе содержится 0,9%, в сливочном масле — 0,014%, поэтому удельная активность гороха за счет калия-40 равна 274 Бк/кг, а сливочного масла — 3,7 Бк/кг. Содержание других радиоизотопов в организме (^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{210}Pb , ^{210}Po) зависит от содержания их в окружающей среде.

Так, в золе растений, выращенных на обычных почвах, урана содержится в среднем $3 \cdot 10^{-4}$ г/кг, а в золе растений, произрастающих на обогащенных ураном почвах — $2 \cdot 10^{-3}$ г/кг.

На накопление радиоактивных веществ растениями влияют многие факторы. Так, на мелкодисперсных почвах усвоение их, как правило, происходит менее интенсивно, чем на крупнодисперсных. При внесении в почву питательных веществ снижается поступление радионуклидов в растение, причем на влажных почвах коэффициент накопления меньше, чем на сухих. Снижение pH сопровождается ростом коэффициента накопления. На накопление влияют также вид корневой системы, продуктивность, продолжительность вегетационного периода и другие факторы.

Главное место среди изотопов по величине создаваемой активности занимает изотоп калия — ^{40}K , который усваивается вместе с нерадиоактивными изотопами калия, необходимыми для жизнедеятельности организма.

Количество калия в растительных организмах по сравнению с его содержанием в земной коре (на одну и ту же единицу массы) меньше в 3-10 раз. Еще меньше его в организме животных (в 10-15 раз по сравнению с содержанием калия в породах). В таблице 6.3 представлены сведения о содержании калия в некоторых пищевых продуктах растительного и животного происхождения и их удельной активности по ^{40}K .

Радиоактивность тела человека обусловлена присутствием в организме всех тех радиоизотопов, которые встречаются в биосфере.

Среди изотопов, которые обязательно входят в состав живых структур, следует назвать изотопы калия, углерода и водорода. Радиоактивный торий, радий, свинец могут быть обнаружены в организме человека с помощью тонкослойной хроматографии, но мощность дозы последних будет очень незначительной. Радиоактивный калий вносит значительный вклад в облучение человека при поступлении через желудочно-кишечный тракт.

Суммарное содержание калия в организме взрослого человека (масса 70 кг) составляет 0,19% (130 г). Особенно богаты калием ткани и органы, обладающие высокой функциональной активностью. К числу их относится скелетная мускулатура, нервная ткань, сердце, печень, селезенка и др. Ввиду того, что ^{40}K встречается в природе в смеси со стабильными изотопами, удельная радиоактивность органов и тканей человека по ^{40}K определяется содержанием в них стабильных изотопов.

Содержание калия, а следовательно, и ^{40}K в организме человека зависит от пола, возраста, массы тела, характера мышечной деятельности и т. д. У мужчин калия в мышцах обычно больше, чем у женщин; большие концентрации калия обнаруживаются у лиц, выполняющих физическую работу, Дистрофические изменения в мягких тканях при старении организма сопровождаются снижением уровня калия.

Таблица 6.3

Содержание калия в отдельных органах и тканях тела человека и их удельная радиоактивность по ^{40}K

Орган или ткань	Содержание калия, мг	Удельная радиоактивность по (10^{-9} Ки/кг)
Мышцы	360	107 (2,9)
Головной мозг	330	89 (2,4)
Печень	215	63(1,7)
Легкие	150	44 (1,2)
Жировая ткань	60	18,5 (0,5)
Костная ткань	61	18,5 (0,5)

Общее содержание углерода в теле взрослого человека достигает 18%, т. е. около 12,6 кг. Учитывая равномерное распределение углерода в тканях, можно считать, что удельная радиоактивность их по ^{14}C составляет 52 Бк/кг.

Количество трития — 10,2% в мышцах и 6,4% в костях. Удельная активность мягких тканей тела человека за счет ^3H составляет 0,55 Бк/кг, а костей — 0,34 Бк/кг.

Радий накапливается преимущественно в костной ткани. Количество его в организме колеблется в пределах от $0,48 \cdot 10^{-13}$ кг до $4,8 \cdot 10^{-13}$ кг. Основная часть свинца (^{210}Pb) содержится в скелете. Его удельная активность в костной ткани составляет 15 Бк/кг, в мягких тканях — 6,4 Бк/кг.

С воздухом в течение суток в легкие человека поступает около 0,0007 Бк ^{210}Po , а человека, выкуривающего одну пачку сигарет в сутки, — до 0,07 Бк ^{210}Po .

Общее содержание урана в организме невелико. На долю тория и его α -активных дочерних продуктов приходится до 40% суммарной α -активности тела человека.

На степень радиоактивности отдельных органов и тканей тела человека влияет скорость обменных процессов, функциональное состояние организма и содержание радиоизотопов в рационе. При постоянном однозначном поступлении с рационом радиоактивных веществ устанавливается равновесие между поступлением и выведением их из организма, при увеличении содержания изотопов в рационе равновесная концентрация возрастает. Рассмотрим, например, экологическую цепочку лишайник — северный олень — человек. Уровни накопления ^{210}Pb и ^{210}Po в организме северного оленя существенно зависят от сезона. Максимум наблюдается весной (кормовая база — лишайник) и минимум — летом (кормовая база — однолетние травы). Дозы внутреннего облучения человека, питающегося мясом северного оленя, от этих радионуклидов могут в 35 раз превышать средний уровень.

Уровни фонового облучения человека

Компонентами фоновых источников ионизирующих излучений являются космическое излучение и естественные радиоактивные вещества, содержащиеся в воздухе и почве, а также в организме самого человека. В условиях естественного фонового облучения человек и все живые организмы находятся постоянно. Особенность естественной радиации — практическая неизменность мощности дозы во времени для данной местности.

Мощность дозы естественного фона составляет около 0,15 мкЗв/ч, в зависимости от местных условий может меняться в два раза. Некоторые горные породы, например, гранит, слабо радиоактивны и поэтому вызывают повышенный уровень излучения. Вплотную к гранитной стене мощность дозы излучения может возрасти на 0,15 мкЗв/ч.

Естественный фон больше при подъеме над уровнем моря, а также в местах выхода на поверхность земли горных пород, содержащих уран или продукты его распада. В основном на территории России гамма-фон составляет 10-20 мкР/ч (0,1-0,2 мкЗв/ч) и не превышает 60 мкР/ч.

Уровни фонового облучения человека могут служить основой для его сравнения с облучением от искусственных источников радиации. Так, установленные в настоящее время пределы доз и контрольные уровни для населения сравнимы с уровнями естественного фона.

Сводные результаты о годовых среднемировых уровнях облучения от естественных источников ионизирующих излучений приведены в табл. 6.4.

Если мощность дозы превышает 1,2 мкЗв/ч, рекомендуется удалиться с данного места или оставаться на нем не более полугода за год. Если мощность дозы превысит 2,5 мкЗв/ч, время пребывания следует ограничить одним кварталом в год, при 7 мкЗв/ч — одним месяцем в год.

Таблица 6.4

Эквивалентные и эффективные эквивалентные годовые дозы облучения населения за счет природных источников радиации в регионах с нормальным фоном

Вид облучения	Эквивалентная доза облучения органов и тканей <i>H</i> , мкЗв						Эффективная эквивалентная доза H_e , мкЗв
	Красный костный мозг	Эндостальные клетки	Легкие	Щитовидная железа	Желудочно-кишечный тракт	Гонады	
Внешнее	620	620	620	620	620	620	620
Внутреннее	290	1240	420	310	310	310	380
Всего	910	1860	1040	930	930	930	1000

Уровни радиоактивных загрязнений

В случае радиационных катастроф на объектах ядерной энергетики и промышленности, а также при применении ядерного оружия регламентируются уровни радиоактивного загрязнения местности, рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты (табл. 6.5).

В определенных условиях источники радиоактивного излучения могут попадать в организм с загрязненными радиоактивными веществами, продуктами питания и водой, создавая опасность внутреннего облучения.

Таблица 6.5

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей, кожи, спецодежды и средств индивидуальной защиты, част/(см² · мин)

Объект загрязнения	Альфа - активные нуклиды		Бета - активные нуклиды
	отдельные	прочие	
1	2	3	4
Неповрежденная кожа, спецбелье, полотенца, внутренняя поверхность лицевых частей средств индивидуальной защиты	2	0	200
Основная спецодежда, внутренняя поверхность дополнительных средств индивидуальной защиты, наружная поверхность спецобуви	5	20	2000
Поверхности помещений постоянного пребывания персонала и находящегося в них оборудования	5	20	2000

Соответственно, возникает задача контроля удельной и объемной активности в молоке, мясе, хлебе, рыбе и др. (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Допустимые уровни радиоактивного загрязнения пищевых продуктов

Вид продуктов	Удельная A_m или объемная A_v активность образца	
	Бк/кг; Бк/л	Ки/кг; Ки/л
Вода питьевая, молоко	$3,7 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Мясопродукты, рыбопродукты	$3,7 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Зерно, крупа, хлебопродукты	$3,7 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Молокопродукты, овощи, зелень	$3,7 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Яйцо (пара), сахар	$1,85 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Сгущенное молоко, грибы	$1,85 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^{-7}$
Сыр, масло сливочное, жиры растительные, маргарин	$7,4 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Лекарственные растения на сухое вещество	$7,4 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^{-7}$

Если загрязнение контролируемого продукта достигает 4 кБк/кг (л), рекомендуется отказаться от их потребления или ограничить потребление вдвое по сравнению с обычным рационом. Если излучение от продуктов питания повысит мощность дозы до 0,3 мкЗв/ч над уровнем фона, потребление таких продуктов должно составлять не более четверти обычного рациона, при 1 мкЗв/ч — не более одной десятой.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

РАСЧЕТ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ

1-й этап – САМОПОДГОТОВКА

Цель этапа:

1. Повторить исходную информацию, необходимую для понимания изучаемой темы.
2. Проверить качество усвоения новой информации перед выполнением работы.

Исходный уровень знаний.

Для изучения темы необходимо повторить:

1. Что такое дозы излучения и единицы их измерения?
2. Изучив блок информации и учебную литературу, обучающийся должен уметь ответить на следующие вопросы и решить задачи:
 1. Какие формулы используются при расчетах доз облучения?
 2. Что такое *мощность дозы излучения*? Охарактеризуйте их.
 3. Запишите предельно допустимые дозы облучения по отношению к облучению населения

2-й этап – ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Цель этапа: изучив блок информации, решите задачи на расчет доз облучения (используя приведенные примеры по решению задач).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Изучите блок информации по решению задач на расчет доз облучения.
2. Используя примеры и формулы на расчет доз, решите задачи с 1 по 25.

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. Ниже в таблице 7.1 дан перечень единиц измерения радиологических величин и проведено сравнение единиц системы СИ и внесистемных единиц.

Для описания влияния ионизирующих излучений на вещество используются следующие понятия и единицы измерения: **Активность радионуклида в источнике (A)**. Активность равна отношению числа самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за малый интервал времени (dN) к величине этого интервала (dt) :

$$A = dN/dt \quad (7.1)$$

Единица активности в системе СИ - Беккерель (Бк). Внесистемная единица - Кюри (Ки).

Число радиоактивных ядер $N(t)$ данного изотопа уменьшается со временем по закону:

$$N(t) = N_0 \exp(-t \ln 2 / T_{1/2}) = N_0 \exp(-0.693t / T_{1/2}) \quad (7.2)$$

где N_0 - число радиоактивных ядер в момент времени $t = 0$, $T_{1/2}$ - период полураспада - время, в течение которого распадается половина радиоактивных ядер. Массу m радионуклида активностью A можно рассчитать по формуле:

$$m = 2.4 \cdot 10^{-24} M T_{1/2} A \quad (7.3)$$

где M - массовое число радионуклида, A - активность в Беккерелях, $T_{1/2}$ - период полураспада в секундах. Масса получается в граммах.

Таблица 7.1

Основные радиологические величины и единицы

Величина	Наименование и обозначение единицы измерения		Соотношения между единицами
	Внесистемные	Си	
Активность нуклида, А	Кюри (Ки, Ci)	Беккерель (Бк, Bq)	1 Ки = $3.7 \cdot 10^{10}$ Бк 1 Бк = 1 расп/с 1 Бк = $2.7 \cdot 10^{-11}$ Ки
Экспозиционная доза, X	Рентген (Р, R)	Кулон/кг (Кл/кг, C/kg)	1 Р = $2.58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг 1 Кл/кг = $3.88 \cdot 10^3$ Р
Поглощенная доза, D	Рад (рад, rad)	Грей (Гр, Gy)	1 рад = 10^{-2} Гр 1 Гр = 1 Дж/кг
Эквивалентная доза, H	Бэр (бэр, rem)	Зиверт (Зв, Sv)	1 бэр = 10^{-2} Зв 1 Зв = 100 бэр
Интегральная доза излучения	Рад-грамм (рад*г, rad*g)	Грей- кг (Гр*кг, Gy*kg)	1 рад*г = 10^{-5} Гр*кг 1 Гр*кг = 10^5 рад*г

Экспозиционная доза (X). В качестве количественной меры рентгеновского и γ -излучения принято использовать во внесистемных единицах экспозиционную дозу, определяемую зарядом вторичных частиц (dQ), образующихся в массе вещества (dm) при полном торможении всех заряженных частиц :

$$X = dQ/dm \quad (7.4)$$

Единица экспозиционной дозы - Рентген (Р). Рентген - это экспозиционная доза рентгеновского и γ -излучения, создающая в 1 куб.см воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт.ст. суммарный заряд ионов одного знака в одну электростатическую единицу количества электричества. Экспозиционной дозе 1 Р соответствует $2.08 \cdot 10^9$ пар ионов ($2.08 \cdot 10^9 = 1/(4.8 \cdot 10^{-10})$). Если принять среднюю энергию образования 1 пары ионов в воздухе равной 33.85 эВ, то при экспозиционной дозе 1 Р одному кубическому сантиметру воздуха передается энергия, равная : $(2.08 \cdot 10^9) \cdot 33.85 \cdot (1.6 \cdot 10^{-12}) = 0.113$ эрг, а одному грамму воздуха : $0.113/\rho_{\text{возд}} = 0.113/0.001293 = 87.3$ эрг.

Поглощение энергии ионизирующего излучения является первичным процессом, дающим начало последовательности физико-химических преобразований в облученной ткани, приводящей к наблюдаемому радиационному эффекту. Поэтому естественно сопоставить наблюдаемый эффект с количеством поглощенной энергии или поглощенной дозы.

Поглощенная доза (D) - основная дозиметрическая величина. Она равна отношению средней энергии dE, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm вещества в этом объеме :

$$D = dE/dm \quad (7.5)$$

Единица поглощенной дозы - Грей (Гр). Внесистемная единица Рад определялась как поглощенная доза любого ионизирующего излучения, равная 100 эрг на 1 грамм облученного вещества.

Эквивалентная доза (H). Для оценки возможного ущерба здоровью человека в условиях хронического облучения в области радиационной безопасности введено понятие эквивалентной дозы H, равной произведению поглощенной дозы D_r , созданной облучением - r и усредненной по анализируемому органу или по всему организму, на весовой множитель w_r (называемый еще - коэффициент качества излучения) (таблица 7.2).

$$H = \sum_r w_r D_r \quad (7.6)$$

Единицей измерения эквивалентной дозы является Джоуль на килограмм. Она имеет специальное наименование Зиверт (Зв).

Влияние облучения носит неравномерный характер. Для оценки ущерба здоровью человека за счет различного характера влияния облучения на разные органы (в условиях равномерного облучения всего тела) введено понятие эффективной эквивалентной дозы $E_{\text{эфф}}$ применяемое при оценке возможных стохастических эффектов - злокачественных новообразований.

Таблица 7.2

Весовые множители излучения

Вид излучения и диапазон энергий	Весовой множитель
Фотоны всех энергий	1
Электроны и мюоны всех энергий	1
Нейтроны с энергией < 10 КэВ	5
Нейтроны от 10 до 100 КэВ	10
Нейтроны от 100 КэВ до 2 МэВ	20
Нейтроны от 2 МэВ до 20 МэВ	10
Нейтроны > 20 МэВ	5
Протоны с энергий > 2 МэВ (кроме протонов отдачи)	5
α -частицы, осколки деления и другие тяжелые ядра	20

Эффективная доза равна сумме взвешенных эквивалентных доз во всех органах и тканях:

$$E_{эфф} = \sum_t w_t H_t \quad (7.7)$$

где w_t - тканевый весовой множитель (таблица 7.3), а H_t - эквивалентная доза, поглощенная в ткани - t . Единица эффективной эквивалентной дозы - Зиверт.

Таблица 7.3

Значения тканевых весовых множителей w_t для различных органов и тканей			
Ткань или орган	w_t	Ткань или орган	w_t
Половые железы	0.20	Печень	0.05
Красный костный мозг	0.12	Пищевод	0.05
Толстый кишечник	0.12	Щитовидная железа	0.05
Легкие	0.12	Кожа	0.01
Желудок	0.12	Поверхность костей	0.01
Мочевой пузырь	0.05	Остальные органы	0.05
Молочные железы	0.05		

Коллективная эффективная эквивалентная доза. Для оценки ущерба здоровью персонала и населения от стохастических эффектов, вызванных действием ионизирующих излучений, используют коллективную эффективную эквивалентную дозу S , определяемую как:

$$S = \int_0^{\infty} E \frac{dN}{dE} dE \quad (7.8)$$

где $N(E)$ - число лиц, получивших индивидуальную эффективную эквивалентную дозу E . Единицей S является человек-Зиверт (чел-Зв).

Радионуклиды - радиоактивные атомы с данным массовым числом и атомным номером, а для изомерных атомов - и с данным определенным энергетическим состоянием атомного ядра. Радионуклиды (и нерадиоактивные нуклиды) элемента иначе называют его изотопами. Помимо названных выше величин для сравнения степени радиационного повреждения вещества при воздействии на него различных ионизирующих частиц с разной энергией используется также величина линейной передачи энергии (ЛПЭ), определяемая соотношением :

$$L_{\Delta} = \left(\frac{d\bar{E}}{dl} \right)_{\Delta} \quad (7.9)$$

где \bar{dE} - средняя энергия, локально переданная среде ионизирующей частицей вследствие столкновений на элементарном пути dl . Пороговая энергия Δ обычно относится к энергии δ -электрона. Если в акте столкновения первичная заряженная частица образует δ -электрон с энергией больше Δ , то эта энергия не включается в значение dE , и δ -электроны с энергией больше Δ рассматриваются как самостоятельные первичные частицы. Выбор пороговой энергии Δ является произвольным и зависит от конкретных условий. Из определения L_{Δ} следует, что линейная передача энергии является некоторым аналогом тормозной способности вещества. Однако между этими величинами есть различие. Заключается оно в следующем:

1. ЛПЭ не включает энергию, преобразованную в фотоны, т.е. радиационные потери.
2. При заданном пороге Δ ЛПЭ не включает в себя кинетическую энергию частиц, превышающую Δ .
3. Величины ЛПЭ и тормозной способности совпадают, если можно пренебречь потерями на тормозное излучение и $\Delta \approx \infty$

Таблица 7.4

Средние значения величины линейной передачи энергии L и пробега R для электронов, протонов и α -частиц в мягкой ткани			
Частица	E, МэВ	L, КэВ/мкм	R, мкм
Электрон	0.01	2.3	1
	0.1	0.42	180
	1.0	0.25	5000
Протон	0.1	90	3
	2.0	16	80
	5.0	8	350
	100.0	4	1400
α -частица	0.1	260	1
	5.0	95	35

По величине линейной передачи энергии можно определить весовой множитель данного вида излучения (таблица 7.5)

Таблица 7.5

Зависимость весового множителя излучения w_T от линейной передачи энергии ионизирующего излучения L для воды					
L, КэВ/мкм	< 3/5	7	23	53	> 175
w_T	1	2	5	10	20

Важной характеристикой ионизирующих излучений является мощность дозы **P**, которая показывает, какую дозу облучения получает среда за единицу времени, т.е. скорость изменения дозы. Она оценивается формулой

$$Dt \cdot P = d \cdot D \quad (7.10)$$

Для поглощенной дозы единицей этой величины являются Гр/с и рад/с, для эквивалентной дозы - Зв/с и бэр/с, экспозиционной дозы - А/кг (ампер на килограмм). внесистемными единицами экспозиционной мощности дозы служат Р/с, Р/мин и Р/ч. С помощью приборов можно измерить экспозиционную дозу, а также, при определенных условиях, поглощенную дозу. Все остальные дозы приборами не измеряются, а могут быть оценены только расчетным путем. Например, внесистемная единица 1 Р соответствует поглощенной дозе 0,873 рад в воздухе или 0,96 бэр в биологической ткани.

Предельно допустимые дозы облучения

По отношению к облучению население делится на 3 категории.

Категория А облучаемых лиц или персонал (профессиональные работники) - лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

Категория Б облучаемых лиц или ограниченная часть населения - лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию ионизирующих излучений.

Категория В облучаемых лиц или население - население страны, республики, края или области.

Для категории А вводятся предельно допустимые дозы - наибольшие значения индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при которой равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. Для категории Б определяется предел дозы. Устанавливается три группы критических органов:

1 группа - все тело, гонады и красный костный мозг.

2 группа - мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1 и 3 группам.

3 группа - кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Дозовые пределы облучения для разных категорий лиц даны в таблице 7.6.

Таблица 7.6

Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения (бэр/год)			
Категории лиц	Группы критических органов		
	1	2	3
Категория А, предельно допустимая доза (ПДД)	5	15	30
Категория Б, предел дозы (ПД)	0.5	1.5	3

Помимо основных дозовых пределов для оценки влияния излучения используют производные нормативы и контрольные уровни. Нормативы рассчитаны с учетом неперевышения дозовых пределов ПДД (предельно

допустимая доза) и ПД (предел дозы). Расчет допустимого содержания радионуклида в организме проводят с учетом его радиотоксичности и неперевышения ПДД в критическом органе. Контрольные уровни должны обеспечивать такие низкие уровни облучения, какие можно достичь при соблюдении основных дозовых пределов.

Для категории А (персонала) установлены:

- предельно допустимое годовое поступление ПДП радионуклида через органы дыхания;
- допустимое содержание радионуклида в критическом органе $ДС_A$;
- допустимая мощность дозы излучения $ДМД_A$;
- допустимая плотность потока частиц $ДПП_A$;
- допустимая объемная активность (концентрация) радионуклида в воздухе рабочей зоны $ДК_A$;
- допустимое загрязнение кожных покровов, спецодежды и рабочих поверхностей $ДЗ_A$.

Для категории Б (ограниченной части населения) установлены:

- предел годового поступления ПГП радионуклида через органы дыхания или пищеварения;
- допустимая объемная активность (концентрация) радионуклида $ДК_B$ в атмосферном воздухе и воде;
- допустимая мощность дозы $ДМД_B$;
- допустимая плотность потока частиц $ДПП_B$;
- допустимое загрязнение кожных покровов, одежды и поверхностей $ДЗ_B$.

Численные значения допустимых уровней в полном объеме содержатся в «Нормах радиационной безопасности».

Связь между дозами

Поглощенная доза γ - излучения в воздухе в «радах» и экспозиционная доза в «рентгенах» (внесистемные единицы) связаны используемым на практике приблизительным соотношением:

$$D = D_{\text{эксп}}^* \quad (7.11)$$

Для одного вида излучения эквивалентная доза рассчитывается через поглощенную дозу по формуле:

а для нескольких видов излучения (α , β , γ - излучений и т.д.) по формуле (7.12):

$$H = k^1 \cdot D^1 + k^2 \cdot D^2 + k^3 \cdot D^3 + \dots \quad (7.12)$$

Значения коэффициентов k^i приведены в табл. 7.2, которые в зависимости от выбора единиц измерения имеют размерность: Зв/Гр, мЗв/Гр, бэр/рад, мкЗв/Гр.

Эффективная доза E равна произведению эквивалентной дозы H на взвешивающий коэффициент w для данного органа или ткани (7.13):

$$E = w \cdot H = w \cdot k \cdot H \quad (7.13)$$

При облучении нескольких органов, общая эффективная доза....

Коэффициенты w не имеют размерности. Их значения даны в табл. 7.3.

Таблица 7.7

Основные дозообразующие рентгенологические процедуры

Процедура	Эффективная доза, мЗв, на одну процедуру
Рентгеноскопия грудной клетки	1,0-1,5
Флюорография грудной клетки	0,5-1,1
Рентгеноскопия желудка	7,5
Рентгеноскопия желудка + 3 снимка	10,0
Рентгеноскопия кишечника + 3 снимка	17,0
Рентгеноскопия скелета	1,0-1,5

Таблица 7.8

Основные дозообразующие рентгенологические процедуры

Источник облучения	Эффективная доза, мЗВ/чел·год	Число раковых заболеваний и тяжелых генетических дефектов в 1999 г.
Космическое излучение	0,32-0,35	
Гамма-излучение ЕРН	0,35-0,48	
Внутреннее облучение	0,28-0,37	
Радон в помещениях	1,2-1,85	
Всего за счет природных источников	2,37-2,94	24235
Рентгенодиагностика	1,01-1,69	10252
АЭС с учетом аварии на ЧАЭС	0,08-0,03	321
Испытания ядерного оружия	0,05-0,03	
Профессиональное облучение	0,003-0,006	
Угольная энергетика	0,002-0,09	49
Прочие источники	0,002-0,05	
Всего за счет антропогенных источников	1,05-1,82	10622
В целом	3,44-4,23	34867

Задачи с решениями

Задача 1. Радиационный фон на местности 600 мР/ч. Сколько времени можно находиться в этом месте, чтобы эффективная доза не превысила 54 бэр?

Решение.

Радиационный фон на местности определяется уровнем γ - излучения, поэтому в соответствии с формулой () имеем:

$$600 \text{ мР/ч} = 600 \text{ мрад/ч} = 0,6 \text{ рад/ч.}$$

Тогда поглощенная доза за искомое время T равна

$$D = T \cdot 0,6 \text{ рад/ч.}$$

В соответствии с формулой () можно записать:

$$54 \text{ бэр} = w \cdot k \cdot D = w \cdot k \cdot T \cdot 0,6 \text{ рад/ч.}$$

Согласно табл. 7.2, для γ - излучения $k=1$ бэр/рад. Поскольку на местности облучается все тело, то из табл. 7.3 имеем $w=1$. Следовательно,

$$54 \text{ бэр} = 1 \text{ бэр/рад} \cdot 1 \cdot 0,6 \text{ рад/ч} \cdot T.$$

Отсюда получаем: $T = (54/0,6) \text{ ч.} = 90 \text{ ч.}$

Ответ. Искомое время составляет не более 90 ч.

Задача 2. Поглощенная доза в щитовидной железе равна 1,2 Гр. Найти эффективную дозу. Во сколько раз она превышает среднегодовую эффективную дозу, получаемую человеком от природных источников излучения?

Решение.

Согласно формуле 7.13 эффективная доза равна

$$E = w \cdot H = w \cdot k \cdot H$$

Из табл. 7.2 и 7.3 находим: $k=1$ Зв/Гр; $w=0,05$.

Поэтому искомая доза равна:

$$E = 1 \text{ Зв/Гр} \cdot 0,05 \cdot 1,2 \text{ Гр} = 0,06 \text{ Зв.}$$

Из табл. 7.8 находим среднегодовую эффективную дозу от природных источников $E_{\text{прир}} \approx 2,6 \text{ мЗв} = 0,0026 \text{ Зв.}$

Следовательно $(E : E_{\text{прир}}) = (0,06 \text{ Зв} : 0,0026 \text{ Зв}) = 23$ раза.

Ответ. Искомая доза равна 0,06 Зв и она в 23 раза превышает дозу от природных источников.

Задача 3. Сколько раз нужно сделать флюорографию, чтобы получить такую же дозу, которую человек получает за год жизни в местности с радиационным фоном 100 мкР/ч?

Решение.

В соответствии с формулой 7.13 для фонового γ - излучения:

$$100 \text{ мкР/ч} = 100 \text{ мкрад/ч} = 1 \text{ мкГр/ч.}$$

Эффективная доза равна: $E = w \cdot k \cdot D$,

Где в данном случае $k=1$ мЗв/мГр; $w=1$.

Поглощенная доза за один год равна: $D = 1 \text{ мкГр/ч} \cdot 365 \cdot 24 \text{ ч} = 8,76 \cdot 10^3 \text{ мкГр} = 8,76 \text{ мГр.}$

Тогда $E = 1 \cdot 1 \text{ мЗв/мГр} \cdot 8,76 \text{ мГр} = 8,76 \text{ мЗв}$.

Можно принять, что эффективная доза при флюорографии приблизительно равна 0,876 мЗв (табл. 7.7). Тогда флюорографию нужно сделать $8,76 \text{ мЗв} / 0,876 \text{ мЗв} = 10$ раз.

Ответ: 10 раз.

Задача 4. Мощность поглощенной дозы продуктов распада радона в легких составила 2,8 мкГр/ч. Какая эффективная доза будет получена человеком за 9 лет?

Решение.

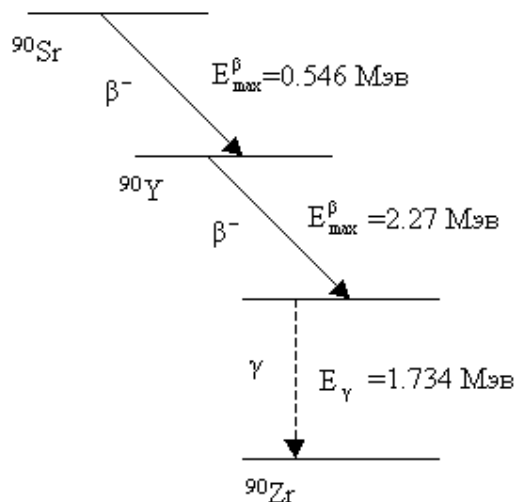
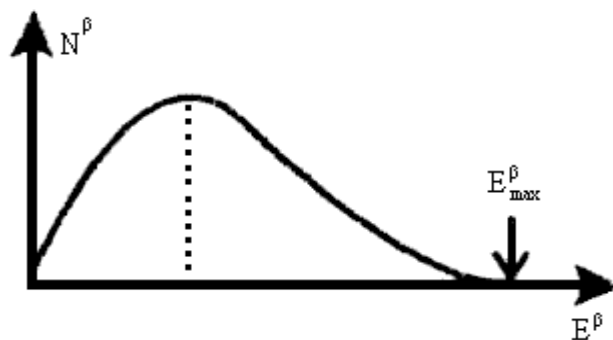
Продукты распада радона являются α - излучателями, поэтому $k=20 \text{ Зв/Гр}$ (табл. 7.2) и $w=0,12$ (табл. 7.3).

Из формулы 7,13 следует, что $E = 0,12 \cdot 20 \text{ мкЗв/мкГр} \cdot 9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 2,8 \text{ мкГр/ч} = 5,3 \cdot 10^5 \text{ мкЗв} = 0,53 \text{ Зв}$.

Ответ. 0,53 Зв.

Задача 5. Количество ^{90}Sr , которое ежедневно попадает с пищей в организм человека, составляет 0.94 Бк. Каково значение дозы, накопленной в костной ткани за год?

Решение. 1) Средние энергии β -распада составляют $\approx 0.3-0.4$ от E_{max}^{β} . В расчете возьмем 0.4.



2) Будем считать, что в организме поглощается 10% фотонов. Общее количество энергии, поглощенной в организме от одного распада: $Q = (0.546+2.27)*0.4 + 1.734*0.1 = 1.3 \text{ МэВ} = 1.3*1.6*10^{-13} \text{ Дж} = 2.08*10^{-13} \text{ Дж}$, ($1 \text{ МэВ} = 1.6*10^{-13} \text{ Дж}$).

Согласно табл. 7.9, доля радионуклида ^{90}Sr , поглощенная костной тканью, составляет $0.94 \text{ Бк} * 0.7 = 0.66 \text{ Бк}$ или $5.68*10^4$ распадов в сутки, (в сутках 86400 с).

Таблица 7.9

Биологическая активность некоторых элементов			
Элемент	Наиболее чувствительный орган или ткань в организме.	Масса вещества или органа, кг	Доля полной дозы, полученная данным органом
Sr	Кость	7	0.7

Таким образом, в сутки костная ткань поглощает

$$Q = 2.08*10^{-13} \text{ Дж} * 5.68*10^4 = 11.8 \text{ Дж.}$$

Доза, поглощенная в год:

$$365 * 1.88*10^{-9} \text{ Дж} = 4,3*10^{-6} \text{ Дж.}$$

Доза, поглощенная за год в 1 кг костной ткани:

$$\frac{4,3 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}}{7 \text{ кг}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ гр.}$$

Задача 6. В организм человека попало 10 мг ^{55}Fe . Найти значение поглощенной дозы за 10-летний период. Период полураспада $^{55}\text{Fe} = 2.9$ года. $Q = 0.22 \text{ МэВ}$.

Решение. Какое количество изотопов ^{55}Fe распалось за 10 лет ?

$$J = J_0 e^{-\frac{0.69t}{T_{1/2}}} = J_0 e^{-0.239t} = J_0 e^{-2.39} = 0.926$$

Из 10 мг за 10 лет распалось $10 - 0.926 = 9.074 \text{ мг}$. Число распавшихся ядер:

$$\frac{9.074 \cdot 10^{-3}}{55} \cdot 6.023 \cdot 10^{23} = 0.99 \cdot 10^{20}$$

Количество выделившейся энергии:

$$Q = 0.22 * 0.99 * 10^{20} = 2.19 * 10^{19} \text{ МэВ} = 3.50 * 10^6 \text{ Дж.}$$

Чтобы найти энергию, отнесенную к единице массы, предположим, что облучается примерно 1/3 часть тела весом 75 кг, т.е. 25 кг. Тогда :

$$\frac{3.5 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{25 \text{ кг}} = 0.14 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 0.14 \cdot 10^6 \text{ Гр} = 0.14 \cdot 10^8 \text{ рад}$$

Это очень большая доза !!!

Задача 7. Каково максимальное количество радионуклида ^{90}Sr при попадании которого в организм не будет превышена доза $D = 1 \text{ мГр/год}$.

$$T_{1/2}({}^{90}\text{Sr}) = 28 \text{ лет.}$$

Решение. Наибольшее количество радионуклида ${}^{90}\text{Sr}$ поглощается в костях. Масса вещества кости M составляет 7 кг; доля полной полученной дозы составляет $\varepsilon=0.7$ (табл. 32). Поэтому полная энергия, выделенная в организме за год, будет составлять :

$$E = \frac{DM}{\varepsilon} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 7}{0.7} = 10^{-2} \text{ Дж}$$

Доля ядер радионуклида ${}^{90}\text{Sr}$, распадающаяся за год :

$$K = \frac{N}{N_0} = \left(1 - e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}}}\right) = \left(1 - e^{-\frac{0.693}{28}}\right) = 2.5 \cdot 10^{-2}$$

Используя схему распада радиоактивного изотопа ${}^{90}\text{Sr}$, получим энергию, выделяющуюся в костях на один акт распада :

$$E^* = 0.1 \cdot E_{\gamma} + 0.4 \cdot E_{\text{max}}^{\beta} = 0.1 \cdot 1.734 + 0.4 \cdot (0.54 + 2.27) = 1.29 \text{ МэВ} = 2.06 \cdot 10^{13} \text{ Дж.}$$

Полное число ядер изотопа :

$$N_0 = \frac{10^{-2}}{2.06 \cdot 10^{-13} \cdot 2.5 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^2$$

Задача 8. Какова поглощенная доза в организме человека в течении 10 лет, если через органы дыхания в него попало 100 мкг изотопа ${}^{239}\text{Pu}$? Период полураспада ${}^{239}\text{Pu}$ равен $2.4 \cdot 10^4$ лет.

Решение. Число радиоактивных ядер в 100 мкг изотопа ${}^{239}\text{Pu}$:

$$N_0 = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{23}}{239} = 2.5 \cdot 10^{17}$$

Число ядер ${}^{239}\text{Pu}$ распавшихся за 10 лет :

$$N = N_0 \left(1 - e^{-\frac{0.693t}{T_{1/2}}}\right) = 2.5 \cdot 10^{17} \left(1 - e^{-\frac{0.693 \cdot 10}{2.4 \cdot 10^4}}\right) = 0.75 \cdot 10^{14}$$

Распад ${}^{239}\text{Pu}$ приводит к появлению трех α -линий при энергиях E_{α} и с вероятностями распада, указанными в таблице.

$E_{\alpha}, \text{МэВ}$	$P_{\alpha}, \%$
5.107	11.5
5.145	15.1
5.157	78.3

$\bar{E}_{\alpha} = 5.1 \text{ МэВ}$. Масса тела $M=70 \text{ кг}$. Поглощенная доза :

$$D = \frac{\bar{E}_{\alpha}}{M} = \frac{5.1 \cdot 0.75 \cdot 10^{14} \cdot 1.6 \cdot 10^{-13}}{70} = 0.87 \text{ Гр}$$

Задача 9. При какой концентрации плутония в воздухе n годовая доза от его попадания в легкие составит $D = 1.7 \cdot 10^{-6}$ Гр. Для расчета принять: 1) в среднем человек вдыхает $V_0 = 0.01$ литров воздуха в минуту; 2) в легких остается $\varepsilon = 0.01$ попавшего в организм при вдохе ^{239}Pu ; 3) первоначально плутоний в легких отсутствовал.

Решение. Период полураспада ^{239}Pu $T_{1/2} = 2.4 \cdot 10^4$ лет. Средняя энергия α -частиц распада $\bar{E}_\alpha \approx 5 \text{ МэВ}$. Масса легких $M_{\text{л}} = 0.5$ кг. Число актов распада ^{239}Pu за время dt :

$$dN_p(t) = \lambda N(t) dt \quad (1)$$

где $N(t)$ - число ядер ^{239}Pu в момент времени t . Изменение числа ядер ^{239}Pu с учетом накопления и распада :

$$dN(t) = V_0 n \varepsilon dt - \lambda N(t) dt \quad (2)$$

Учитывая, что вследствие большого периода полураспада вторым членом в (2) можно пренебречь, после интегрирования (2) получим:

$$N(t) = V_0 n \varepsilon t \quad (3)$$

Из (3) и (1) получим число ядер распавшихся за время t :

$$N_p(t) = \frac{\lambda V_0 n \varepsilon t^2}{2} \quad (4)$$

Энергия E , поглощенная в ткани легких за год :

$$E = D M_{\text{л}} = 1.7 \cdot 10^{-6} \cdot 0.5 = 8.5 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$$

Число распадов ядер, необходимое для выделения энергии E :

$$N = \frac{E}{\bar{E}_\alpha \cdot 1.6 \cdot 10^{-13}} = \frac{8.5 \cdot 10^{-7}}{5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-13}} = 1.06 \cdot 10^6$$

Из (4) получим концентрацию ^{239}Pu в воздухе :

$$n = \frac{2N}{\lambda V_0 \varepsilon t^2} = \frac{2.12 \cdot 10^6}{5.5 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{-2} (5.3 \cdot 10^5)^2} = 2.3 \cdot 10^6 \frac{\text{ядер}}{\text{л}}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. В помещении с $D_{\text{эксп}} = 25$ мкР/ч рабочий находился 8 ч/сут в течение 3 мес. В другом помещении с $D_{\text{эксп}} = 2$ мР/ч работал второй человек в течение 45 мин. Каким будет соотношение между эффективными дозами, полученными, каждым из них? Найдите самый краткий путь к ответу.
2. Эффективная доза облучения человека за счет продуктов распада радона за 70 лет жизни равна 0,88 Зв. Определить среднюю мощность поглощенной дозы в легких (мкГр/ч).

3. Сколько суток нужно провести в загрязненной цезием-137 местности с мощностью экспозиционной дозы (МЭД) 64 мкР/ч, чтобы получить такую же дозу внешнего облучения, что и при флюорографии?
4. Какой была мощность экспозиционной дозы рентгеновского аппарата, с помощью которого пациенту была сделана рентгеноскопия кишечника + 3 снимка, если длительность процедуры составила 3 мин? Во сколько раз мощность этой дозы превышает радиационный фон вокруг ОПТ?
5. Радиационный фон на местности 110 мкР/ч. Вы находитесь на этой местности 6 мес. Рассчитайте поглощенную и эквивалентную дозы в единицах СИ и внесистемных, а также полученную вашим телом полную энергию ионизирующего излучения в джоулях.
6. Пациент получил дозу 1,3 рад от ^{90}Sr на половые железы и 2 мГр от α -частиц на мочевой пузырь. Рассчитать эффективную дозу, полученную пациентом. Насколько эта доза, отличается от дозы, полученной от рентгеноскопии желудка.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ, ПРЕДМЕТОВ И ОБЪЕКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫМИ НУКЛИДАМИ ПРИ ПОМОЩИ ДОЗИМЕТРА-РАДИОМЕТРА МКС-01СА1Б

Радионуклиды - радиоактивные атомы с данным массовым числом и атомным номером, а для изомерных атомов - и с данным определенным энергетическим состоянием атомного ядра. Радионуклиды (и нерадиоактивные нуклиды) элемента иначе называют его изотопами. **Радиационный риск.** Для оптимизации радиационной защиты и выбора ее приоритетных задач исходят из анализа радиационного риска и связанного с ним экономического ущерба. Под термином «риск» понимают вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения (например, смерти).

Термин «коэффициент риска» в дозиметрии обозначает риск потери трудоспособности или смерти в течение года на единицу дозы (поглощенной в 1 Гр или эффективной эквивалентной в 1 Зв). Для оценки ранних эффектов облучения высокими дозами показателем является поглощенная доза. Эффективную эквивалентную дозу применяют для оценки долгосрочных эффектов.

Коэффициент генетического риска выражает вероятность рождения ребенка с генетическим дефектом. Такие коэффициенты риска используют применительно к дозам, получаемым при проведении различных процедур в медицине. Его определяют, используя эквивалентную дозу, поглощенную гонадами, либо эффективную эквивалентную дозу, полученную всем организмом. Коэффициент генетического риска для эффективной эквивалентной дозы может иметь любое значение – от нуля, если гонады не облучались, до значения в 4 раза превышающего коэффициент риска, когда облучались одни гонады.

Вероятность возникновения риска под действием радиации зависит от многих факторов, в том числе от облучаемого индивидуума, т. е. от его генетической конституции, возраста, пола, состояния здоровья, от дозы облучения, типа излучения, периода времени, в течение которого была получена доза, и т. д. Коэффициенты риска рассчитывают, исходя из эпидемиологических данных.

Например, риск при облучения естественным радиационным фоном, если учесть, что человек получает дозу 2,4 мЗв/год, равен $7,3 \cdot 10^{-5} \cdot 2,4 = 1,75 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$. Он намного превышает значение безусловно приемлемого риска, составляющего 10^{-6} год^{-1} , и пожизненный риск при допустимом техногенном облучении

населения – $5 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹ (для персонала предел пожизненного риска $1 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹).

Таблица 8.1

Вероятность потери трудоспособности или смерти в течение года на 1 мЗв (по данным МКРЗ)			
при годовой дозе менее 200 мЗв		при годовой дозе более 200 мЗв	
производственное облучение	Все население	производственное облучение	население
$5,6 \cdot 10^{-5}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$

Значения годовых эффективных доз и уровни риска являются основой для оценки экономического ущерба от радиации. Для оценки денежного эквивалента ущерба от дозы в 1 чел.-Зв необходимо знать минимальное значение цены радиационного риска на 1 чел.-Зв, — Q . За минимальное значение цены риска разные авторы предлагают различные характеристики: национальный доход на душу населения, компенсацию за ущерб здоровью, страхование жизни и здоровья и т. д. По его оценкам Демина [3], $Q \approx 20\,000$ долл. США. И. В. В табл. 8.2 приведены оценки ущерба, обусловленные коллективными дозами, для населения РФ. Коэффициент риска принят $6 \cdot 10^{-5}$ на 1 мЗв. Основной ущерб связан с естественным радиационным фоном и медицинскими обследованиями.

Таблица 8.2.

Оценка ущерба, связанного с коллективными дозами населения России			
Источник	Число раковых заболеваний в год	Коллективная доза, чел.-Зв/год	Оценка ущерба, млрд долл. США в год
Радиационный фон	21 600	360 000	9
Рентгенодиагностика	15 000	250 000	6,25
Авария на Чернобыле	70	1 200	0,03
Угольная энергетика	840	14 000	0,35

Радиоактивность окружающей среды. Источники радиоактивного облучения

Современный фон формируют:

- природные источники, которые существуют на протяжении всей истории Земли;
- техногенные радионуклиды естественного происхождения;
- радионуклиды, образованные в результате работы АЭС, ядерных взрывов.

Вклад основных природных источников радиации в дозу облучения населения дана ниже. Из нее видно, что эффективная эквивалентная доза облучения населения равна примерно 2,4 мЗв/год. Основной вклад вносит ряд ^{238}U (56 %), причем более 50 % приходится на ^{222}Rn и его дочерние продукты.

Таблица 8.3

Эффективные эквивалентные дозы на душу населения от природных ИИ				
Источники изучения	Доза облучения, мкЗв/год		Всего, мкЗв/год	Вклад, %
	Внешнее	Внутреннее		
Космическое излучение	355		355	14
Космогенные радионуклиды		15	15	2
Ряд ^{238}U (в том числе ^{222}Rn)	100	1240 (1100)	1340	56 (51)
Ряд ^{232}Th (в том числе ^{220}Tn)	160	176 (160)	336	14 (7)
^{40}K	150	180	330	14
И т о г о	765	1591	2356	100

Дозовая нагрузка на население от природных и антропогенных факторов приведена ниже. Из таблицы следует, что основная дозовая нагрузка связана с естественным фоном и медицинским облучением. Однако табл. отражает средние данные. В определенных условиях техногенный фон может быть выше естественного, а на территориях, где произошли ядерные аварии, фон может превысить естественный в сотни и тысячи раз.

Таблица 8.4

Эффективные эквивалентные дозы на душу населения от различных источников радиации	
Источник облучения или вид практической деятельности	Доза на душу населения, мЗв/год
Естественный фон	2,4
Медицинское (диагностическое) облучение	0,4–1,0
Профессиональное облучение (медработники, атомная энергетика и рентгенография)	0,002
Производство ядерной энергии	0,0002
Все испытательные ядерные взрывы	0,01 (однократно)

Ниже приведены основные характеристики естественных и техногенных источников радиации и изложены основные причины, вызывающие их изменение.

Радиационный фон от естественных источников ионизирующего излучения

Естественные источники ИИ классифицируют следующим образом:

- внешние источники внеземного происхождения (космическое излучение и космогенные радионуклиды),
- внешние источники земного происхождения (радионуклиды, присутствующие в земной коре, в атмосфере, гидросфере) с момента ее образования,
- внутренние источники – природные радионуклиды, поступающие в организм человека.

Космическое излучение состоит из протонов (83–89 %), α -частиц (10–15 %) и небольшого числа ядер тяжелых элементов. В процессе прохождения космических лучей в атмосфере возникают так называемые *космогенные радионуклиды*: углерода, водорода, бериллия, натрия, фосфора, серы. Доза облучения, связанная с космической составляющей, возрастает примерно в два раза при увеличении абсолютной отметки местности на 2000 м.

К *земным источникам* излучения относят долгоживущие естественные радионуклиды (ЕРН). Известно около 100 ЕРН, среди которых выделяют:

- «тяжелые», которые образуют три радиоактивных семейства, родоначальниками которых являются ^{238}U (уран), ^{232}Th (торий) и ^{235}U (актиноуран). ^{235}U составляет 0,7% в природной смеси урана.
- «легкие», в результате распада которых возникают стабильные нуклиды. Радиоактивный фон легких нуклидов чрезвычайно низок. Исключение составляет ^{40}K .

Таким образом, природный фон определяется излучением рядов ^{238}U и ^{232}Th , а также ^{40}K .

Следует отметить, что в каждом радиоактивном семействе присутствует газообразный радионуклид – соответственно ^{222}Rn (радон), ^{220}Tn (торон). Наиболее опасен радон, ($T_{1/2} = 3,82$ сут). Он может мигрировать на большие расстояния. Торон ($T_{1/2} = 55,6$ с) быстро распадается и поэтому менее опасен.

ДОЗИМЕТР- РАДИОМЕТР БЫТОВОЙ МКС-01СА1Б с речевым выводом - разработан и производится в соответствии с «Положением о метрологическом статусе, порядке разработки, постановке на производство и поверке дозиметрических и радиометрических приборов для населения», «Системой разработки и постановки продукции на производство ГОСТ 15.001-88», ГОСТ 15.009-91, и конструкторской документацией СНЖА.412152.001.

8.1 Подготовка прибора к работе

Для того чтобы подготовить прибор к работе, Вы должны:

- снять крышку отсека питания (см. рис. 1);
- установить, соблюдая полярность, элементы питания;
- установить на свое место (закрыть) крышку отсека питания.

8.2 Оценка мощности дозы

Для того чтобы оценить уровень мощности дозы в помещении или на открытой местности необходимо:

- закрыть входное окно детектора экраном (см. Рис.1);
- включить питание прибора (однократно нажать и отпустить кнопку «**POWER**»). При включении на дисплее в течение 2 секунд появляется реклама изготовителя: «**МКС-01СА1**» и тел. «**(499) 198 97 91**»
- после включения прибор первоначально устанавливается в режим оценки мощности дозы (на дисплее высвечивается «**ГАММА**»);
- расположить прибор на расстоянии не менее 1 м от поверхности пола (земли) и любых окружающих предметов.
- через 2-3 секунды на дисплее индицируется первое усредненное значение мощности дозы естественного радиационного фона и первое значение статистической погрешности, примерно $\pm 90\%$;
- для более точного определения мощности дозы зафиксировать показания дисплея через 1-2 минуты, при этом статистическая погрешность δ уменьшится и достигнет величины близкой к 10 %.

- следует помнить, что каждое резкое изменение положения прибора или резкое изменение интенсивности излучения сопровождается сбросом накопленной информации (обнулением) и процесс измерения возобновляется.

Режим речевого озвучивания при оценке мощности дозы включается (выключается) по усмотрению пользователя. Для включения звукового сопровождения с помощью кнопки «**MODE**» войдите в режим «**SOUND ON(OFF)**». Включение (выключение) речевого озвучивания осуществляется путем длительного (более 2 с) нажатия кнопки «**MODE**»: при индикации на дисплее «**SOUND ON**» - речевое озвучивание результата измерения мощности дозы происходит 1 раз в минуту; при индикации на дисплее «**SOUND OFF**» - речевое озвучивание отключено.

ВНИМАНИЕ! Для удобства потребителя речевое озвучивание результатов оценки мощности дозы происходит в старых (внесистемных) единицах измерения - микрорентген (милирентген) в час.

Необходимо помнить, что: $1\text{мкР/ч}=0.01\text{мкЗв/ч}$ ($1\text{мкЗв/ч}=100\text{мкР/ч}$);

8.3 Установка порогов сигнализации мощности дозы

При длительном удержании кнопки «**MODE**» более 2с (при индикации на дисплее «**ГАММА**») на дисплее появляется режим установки порогов сигнализации мощности дозы:

«**THRESHOLD**»

«**9999.9 $\mu\text{Sv/h}$** »

Установка каждой подчеркнутой значащей цифры порога мощности дозы осуществляется короткими нажатиями кнопки «**MODE**». Переход к установке следующей цифры – длительное нажатие кнопки «**MODE**» (более 2с). При этом курсор (черта под цифрой) перемещается под следующую цифру. Повторяя указанную процедуру, Вы установите желаемый порог включения тревожной сигнализации.

Выход из режима установки порога – длительное нажатие кнопки «**MODE**» при нахождении курсора под последней (младшей) значащей цифрой

«**9999.9** $\mu\text{Sv/h}$ »

8.4 Установка порогов сигнализации дозы

Включить питание прибора. При длительном (более 2с) нажатии кнопки «**MODE**» (при индикации на дисплее «**DOSE**») прибор попадает в режим установки порогов сигнализации интегральной дозы. При этом на дисплее:

«**THRESHOLD**»

«**999.999** mSv »

Установка каждой подчеркнутой снизу значащей цифры порога интегральной дозы осуществляется короткими нажатиями кнопки «**MODE**». Переход к установке следующей цифры – длительное нажатие кнопки «**MODE**» (более 2с). Выход из режима установки порога интегральной дозы – длительное нажатие кнопки «**MODE**» при нахождении курсора под последней (младшей) значащей цифрой:

«**THRESHOLD**»

«**999.999** mSv »

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ, ПРЕДМЕТОВ И ОБЪЕКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫМИ НУКЛИДАМИ

Поиск радиоактивных аномалий необходимо проводить после подготовки прибора к работе по п.п. 8.1 и 8.2 в режиме измерения мощности дозы «**GAMMA**». Для увеличения чувствительности прибора к радиоактивному излучению открыть входное окно детектора, сдвинув экран в нижнее положение (в этом случае прибор регистрирует смешанное гамма-, бета- и альфа-излучение).

Плавно перемещая прибор вдоль поверхности контролируемого объекта, необходимо располагать его на минимальном расстоянии от обследуемой поверхности.

В случае заметного увеличения показаний прибора в (1,5-2) раза и более прекратить перемещение прибора и в течение (30-40) с убедиться в стойком увеличении измерения.

Затем, перемещая прибор в различных направлениях, определить границы радиоактивного загрязнения и выявить в этих границах предметы, загрязнённые радиоактивными нуклидами.

Закрывать входное окно детектора, сдвинув экран в верхнее положение и оценить уровень мощности дозы фотонного излучения на интересующем оператором расстоянии от источника излучения.

В завершении приведем несколько важных величин:

0,15 мкЗв/ч – мощность дозы естественного фона, в зависимости от местных условий может меняться в 2 раза;

0,6 мкЗв/ч – максимальное значение мощности дозы, установленное для населения на открытой местности;

5 мЗв – предельное значение дозы за год для населения;

960 част/(мин·см²) – допустимая плотность потока низкоэнергетического бета-излучения (граничная энергия спектра – 0,2 МэВ);

50 част/(мин·см²) – допустимый уровень радиоактивного загрязнения поверхностей по альфа - излучению.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Цель работы.

Обучаемый должен знать:

1. Три основных метода идентификации параметров порядка для БДС.
2. Различия между детерминистским, стохастическим и хаотическими подходами в изучении биосистем.
3. Основные физические характеристики наиболее распространенных электромагнитных полей.

Обучаемый должен уметь:

1. Формально (математически) определять параметры порядка (ПП) БДС в рамках системы “черный ящик”, с помощью нейросетей и методами теории хаоса-самоорганизации.
2. Рассчитать параметры квазиаттракторов параметров ССС организма человека.
3. Строить матрицы межаттракторных расстояний для стохастических хаотических центров квазиаттракторов параметров ССС организма человека.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Теория хаоса-самоорганизации (ТХС) – новое (третье) направление в изучении биосистем разного уровня. Это наиболее правомерный и обоснованный подход – закономерное развитие естествознания на современном этапе. Знание сущности этих новых биофизических методов, их возможностей, умение применять их на практике, необходимо любому биологу или экологу. Особенно это касается Югории, где возрастание электромагнитного фона за счет усиления техногенного воздействия – важнейшая проблема экологии человека, промышленной экологии, физиологии, медицины и биофизики сложных систем, которое призвано вскрывать механизмы и прогнозировать последствия действия электромагнитных полей (ЭМП) на человека.

Бюджет времени

На изучение темы отводится 7 часов. Из них 2 часа- лекции, 2 часа - лабораторные занятия и 3 часа - на самоподготовку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А.П. и др. Патология человека на Севере.- М.: Медицина, 1985.
2. Агаджанян Н.А., Ермакова Н.В. Экологический портрет человека на

- Севере.- М.: "КРУК", 1997.- 208с.
3. Адайкин В.И., Брагинский М.Я., Еськов В.М., Русак С.Н., Хадарцев А.А., Филатова О.Е.. Новый метод идентификации хаотических и стохастических параметров экосреды. // ВНМТ – 2007 – Т. XIII, №2 – С. 39-41.
 4. Малинецкий Г.Г. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. - М.: Наука, 1997 (2-е изд. М.: Эдиториал УРСС, 2000).
 5. В.И. Хаснулин и др. - Новосибирск: Бюллетень СО РАМН №3 (117), 2005г. Подходы к районированию территории России по условиям дискомфорта окружающей среды для жизнедеятельности населения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 1- МУ ЭТАПУ "Самоподготовка"

Цель этапа

1. В чем отличие подхода ТХС от детерминистского и стохастического?
2. Что общего между детерминистским и хаотическим подходом?
3. Охарактеризуйте понятия: параметры порядка (ПП), русла, области джokers, джokersы и точки катастроф (ТК).
4. Как в компартментно – кластерном подходе определяются параметры порядка и точки катастроф?
5. Как используются нейросети для идентификации ПП?
6. Что такое квазиаттрактор и как находятся его параметры (какие именно Вы знаете)?
7. Что такое фазовые пространство (ФП) и как находятся его минимальная размерность?
8. Перечислите основные физические характеристики наиболее распространенных электромагнитных полей.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО 2- МУ ЭТАПУ Выполнение лабораторной работы

Цель этапа

Выявить с использованием методов многомерных фазовых пространств особенности механизмов действия ЭМП, как производственных факторов, на организм человека в условиях Севера.

Для выполнения цели этапа необходимо используя методы статистического анализа и методы теории хаоса-самоорганизации установить закономерности поведения вектора состояния организма (ВСО) работников ЗСК (Завода по стабилизации газового конденсата ООО «Газпром-переработка»), находящихся в условиях электромагнитных воздействий (ЭМП промышленной частоты (ПЧ) – 50 Гц) и без таковых.

Для выполнения этого этапа ознакомьтесь с блоком информации и программой на ЭВМ (“Identity”) для расчета параметров квазиаттракторов.

Данные параметров ССС организма для обработки необходимо взять у преподавателя.

Введите блок данных для 5-ти мерного фазового пространства (X_1 – SIM показатель активности симпатического отдела ВНС (y.e.), X_2 – PAR показатель активности парасимпатического отдела ВНС (y.e.), X_3 – HR частота сердечных сокращений (уд./мин.), X_4 – SDNN стандартное отклонение R–R-интервалов (мс), X_5 – INB показатель индекса напряжения по Р.М. Баевскому (y.e.)) и получите данные квазиаттракторов на ЭВМ для разных групп исследования, находящихся под действием и без действия ЭМП. Сравните значения объемов квазиаттракторов и показателей асимметрии для разных групп исследования, находящихся под действием и без действия ЭМП, сделайте вывод о полученных различиях.

Что Вы можете сказать о хаотической динамике этого 5-х мерного вектора биосистемы (разных групп исследования, находящихся под действием и без действия ЭМП) ($m=5, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$).

БЛОК ИНФОРМАЦИИ

Создание теоретических основ ТХС и разработка формального анализа синергизма в биологических динамических системах (БДС), к которым относятся и все ФСО человека, составляет основу развития современного естествознания. Однако, при этом возникают весьма сложные задачи формализации процедуры идентификации параметров порядка (ПП) и русел (Р), описывающих динамику поведения вектора состояния биосистемы (ВСБ) в m – мерном фазовом пространстве состояний. Следует отметить, что после идентификации ПП и Р мы уже работаем в k – мерном пространстве признаков БДС, т.к. параметры порядка определяют только наиболее важную часть компонент x_i ($i=1, \dots, k$) из всего набора компонент ВСБ $x=(x_1, \dots, x_m)^T$.

Основу системного синтеза как раз и составляет теория отыскания параметров порядка и русел, минимальной размерности k подпространства состояний, в котором можно бы было весьма полно и прогнозируемо описывать динамику поведения вектора состояния организма человека (ВСОЧ) или любой другой биосистемы. Последний в m – мерном фазовом (общем) пространстве состояний мог бы описывать довольно точно саногенез или патогенез любого организма, любого человека, но работать с такими большими размерностями ($m>1000$, например) весьма неудобно, дорого (на одну полную диагностику уйдет много средств и времени), но и главное – это не нужно делать. Достаточно выявить параметры порядка x_i (где $i=1, \dots, k$) и идентифицировать русла.

В медицине это делается постоянно на любых этапах работы врача. Например, при обращении к терапевту последний обязан выполнить идентификацию минимум четырех признаков ($k=4$), т.е. определить температуру тела пациента ($t^{\circ}\text{C}=x_1$), систолическое артериальное давление ($x_2=\text{САД}$), диастолическое давление ($x_3=\text{ДАД}$) и измерить частоту сердечных сокращений ($x_4=\text{ЧСС}$). Во многих случаях эти параметры порядка должны измеряться для определения временной нетрудоспособности пациента. В более сложных случаях приходится расширять пространство признаков, увеличивать размерность k , т.е. переходить от k к k_1 или k_2 и т.д. В биологии такие задачи тоже имеются и решаются аналогично.

Увеличение размерности пространства состояний k должно сопровождаться идентификацией конкретного заболевания. Если диагноз будет поставлен правильно и будет выявлена нозологическая единица, то и в этом случае возникает проблема: какие координаты ВСОЧ следует наблюдать в дальнейшем, на какие x_i обратить особое внимание, какие из них можно считать параметрами порядка?

Следует отметить, что в рамках классического подхода европейской медицины этот вопрос часто и не стоит особо остро. У врача есть стандартные методики, должностные инструкции и правила (учебники, научная литература) по клинике данного заболевания и он работает в рамках этих стандартных правил. Однако, в восточной медицине работает другой подход. Он основан на индивидуализации заболевания. В рамках биофизики и клинической кибернетики это означает, что у каждого пациента (даже если уже поставлен правильный диагноз) его ВСОЧ может иметь только ему (пациенту) присущие координаты.

Это очень необычно для европейской медицины, т.к. получается, что для каждого пациента будет своя размерность фазового пространства и свой набор ранжирования диагностических признаков (т.е. свои x_i и свое k_j , где j – номер пациента). На данном этапе развития медицины мы готовы говорить об эндемичности признаков, т.е. для каждой группы населения (проживающей в особых экологических условиях) современная медицина допускает деления значимости диагностических признаков и измерение размерности фазового пространства. Однако, что бы говорить о такой индивидуализации для каждого пациента, то для современной медицины это пока не допустимо.

Вместе с тем с позиций ТХС – это уже свершившийся факт. Каждый человек, животное, растение индивидуальны, у каждого живого существа существует свой набор ПП и Р для саногенеза и патогенеза. Более того, протекание заболевания Z в возрасте 25 лет будет описываться другими (не совпадающими) параметрами x_i чем у того же пациента, но в 50 или 65 лет. Мы сейчас подходим к индивидуальной медицине, т.к. клиническая кибернетика позволяет уже это выполнять. Однако главная проблема системного синтеза –

это формализация процедуры идентификации ПП и Р и она все – таки остается не разрешимой для многих задач биологии и медицины.

На сегодняшний день существуют несколько подходов к решению этой проблемы. В частности, для ряда режимов поведения БДС в лаборатории биокибернетики и биофизики сложных систем (ЛББСС) при Сургутском государственном университете (СурГУ) такая проблема уже решена в виде создания специальных алгоритмов, зарегистрированных программ ЭВМ и разработки специальной теории идентификации частичного или полного синергизма в БДС и идентификации интервалов устойчивости БДС. Такие методы и программные продукты обеспечивают идентификацию ПП и Р для БДС, находящихся в стационарных (или квазистационарных в биологическом смысле) режимах функционирования. Они пригодны для компарментного и кластерного анализа БДС при дискретности мониторинга БДС (в режиме “стоп-кадр”). Наконец, они сейчас успешно применяются для идентификации параметров аттракторов и диагностики различий между стохастикой и хаосом в любом режиме поведения БДС.

В настоящей работе представляется фрагмент одного из трех созданных подходов в клинической кибернетике (конкретно нейрокомпьютерный подход) для идентификации ПП и Р с использованием нейросетевых технологий.

Следует отметить некоторую парадоксальность постановки и решения использования нейро – ЭВМ для идентификации параметров порядка. Действительно, нейросети и нейро – ЭВМ – это уже порождения хаоса и синергетики. Можно сказать, что дитя хаоса за счет собственной самоорганизации решает задачи созданные хаосом и самоорганизацией. Последнее означает, что любой ВСОЧ, фактически, находится в хаотической динамике. И если его отдельные координаты по поведению стоят ближе к стохастике, то наиболее важные жизненные функции прибывают в аттракторах хаоса (по своим фазовым координатам).

Например, многие показатели кардио – респираторной системы (КРС) находятся в аттракторах хаотических состояний. Это и ЧСС, САД и ДАД, показатели сипатотонии (СИМ) и парасимпатотонии (ПАР) и др. Это же относится и к показателям нервно – мышечной системы (НМС), в частности, к показателям тремора при удержании суставного угла и др. Биохимические показатели крови (белки, углеводы, жиры и другие параметры) существенно зависят от приема пищи, экофакторов среды и других факторов (экофакторы, которые хаотичны по своей сути). Все это образует хаотическую динамику движения ВСОЧ, которую надо как-то описывать, диагностировать в ней ПП и Р.

Упомянутый выше парадокс заключается в том, что и структуры и функции (точнее сказать функциональные связи внутри естественной или искусственной нейросети) имеют чисто хаотический характер. Например, нейро – ЭВМ, настраиваясь на решение определенной задачи, уже устанавливает чисто

хаотические связи. И каждый раз эти связи различны и неповторимы, нейросеть хаотична по своей природе, но при этом она способна самоорганизоваться и решать весьма сложные задачи. Вот именно с этого момента, с создания уже человеком, а не природой этих принципов самоорганизации и возникли нейро – ЭВМ и человек стал Криэйтором (создателем с большой буквы). Началась эпоха нейрокомпьютинга и нейросетевых технологий.

Возможности нейросетевых технологий пока еще неопознаны, так же, как и возможности нашего мозга. Но можно уже уверенно говорить, что теория хаоса и синергетика начали жить своей формальной жизнью в современном естествознании, т.к. заработал аппарат решения задач естествознания. Возможно, в будущем мы вообще отойдем от алгоритмизации любых задач, а синергетические машины будут решать любые проблемы человечества.

В настоящее время мы уже можем с помощью нейро-ЭВМ решать весьма сложные задачи системного синтеза. Для этого необходимо изначально иметь набор x_i (диагностических признаков), т.е. координат ВСОЧ для конкретного человека и для группы симптоматично сходных людей. Это могут быть больные одним заболеванием или просто контрольная группа для сравнения. При этом очень важно выбрать квалифицированно обучающие выборки, у которых бы параметры x_i группировались внутри компактного квазиаттрактора.

В целом, разработанные методы ранжирования диагностических признаков и идентификация параметров порядка и русел нами выполнена в трех вариантах. Во-первых, на базе программ ЭВМ, которые идентифицируют V_G и R_x и позволяют методом исключения убирать те x_i из общего списка, которые не оказывают существенного влияния на значения параметров аттрактора. Во-вторых, для стационарных состояний БДС в режиме возмущающих воздействий можно получить выходные марковские параметры и по ним найти минимальную модель БДС (с ПП и Р).

Как уже указывалось выше, базовыми проблемами молодой науки синергетики являются проблемы идентификации параметров порядка и русел различных динамических систем и проблемы диагностики превалирования хаотических или стохастических режимов поведения u , например, биологических динамических систем (БДС). И если первая уже решена усилиями лаборатории биокibernетики и биофизики сложных систем (ЛБСС) СурГУ для БДС, находящихся в стационарных режимах, то второй блок проблем продолжает оставаться нерешенным на уровне формального (алгоритмизируемого) решения. Существенно, что разработанный подход может быть использован и для оценки состояния функциональных систем организма (ФСО) человека, других систем.

В последнее время исследователями изучаются действия на человека ЭМП с низкой напряженностью. Было обнаружено, что это воздействие имеет кумулятивный характер и чаще всего проявляется в опосредованном через нервную систему влиянии на органы и системы человеческого организма.

Исследователями изучались реакции людей на слабые поля частотой порядка 150 МГц. При этом были выявлены заметные воздействия симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС), а через него – на изменение функции периферийных сосудов, выражающиеся в перестройке состояния периферического кровообращения, изменении скорости некоторых физиологических реакций.

В ходе изучения действия ЭМП на организм человека было установлено, что, во-первых, нервная система человека (особенно высшая нервная деятельность) чувствительна к ЭМП, и, во-вторых, что ЭМП обладает т.н. информационным действием при воздействии на человека в интенсивностях ниже пороговой величины теплового эффекта.

Особый научно-практический интерес представляет выявление механизмов действия ЭМП на нервную систему и тесно взаимосвязанную с ней сердечно-сосудистую систему (ССС), представляющих собой биоэлектрические системы, способные реагировать на внешнее воздействие электрических сигналов.

Учитывая все сказанное актуальность подобных исследований не вызывает сомнений не только у специалиста в области теоретической и экспериментальной биофизики, но и у физиологов, экологов, генетиков и эмбриологов, и целого ряда других специалистов в области биологии, а также теоретической и экспериментальной медицины.

Подобные вопросы затрагивают также важную проблему устойчивости биологических динамических систем (БДС) (в частности, функциональных систем организма) к возмущающим воздействиям внешней среды, к техногенным факторам, которые нарастают в геометрической прогрессии.

Основные физические характеристики наиболее распространенных электромагнитных полей

Электромагнитное поле – это особая форма материи, представляющая собой взаимосвязанные электрическое и магнитное поля. На практике для характеристики электромагнитной обстановки используют термины «электрическое поле», «магнитное поле», «электромагнитное поле».

Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное поле, а изменяющееся магнитное поле – вихревое электрическое поле: обе компоненты, непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами. При ускоренном движении заряженных частиц, ЭМП «отрывается» от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника (например, радиоволны не исчезают и при отсутствии тока в излучившей их антенне).

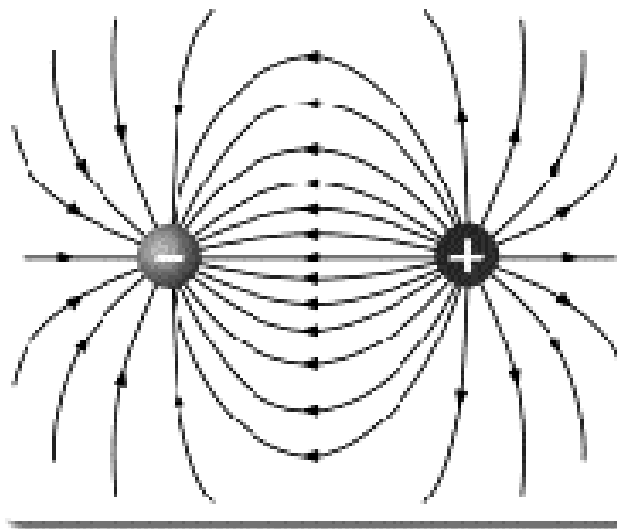


Рис. 9.1 Электрическое поле

Электрическое поле создается зарядами, а его величина характеризуется напряженностью (E , единица измерения В/м).



Рис. 9.2 Магнитное поле

Магнитное поле создается при движении электрических зарядов по проводнику. Оно характеризуется напряженностью магнитного поля (H , единица измерения А/м) и магнитной индукцией (B , единица измерения Тл – Тесла).

Важной характеристикой электромагнитной волны является длина волны λ , которая связана с частотой электромагнитных колебаний f соотношением:

$$\lambda = V / f \quad (9.1)$$

где V – скорость распространения электромагнитных волн в данной среде.

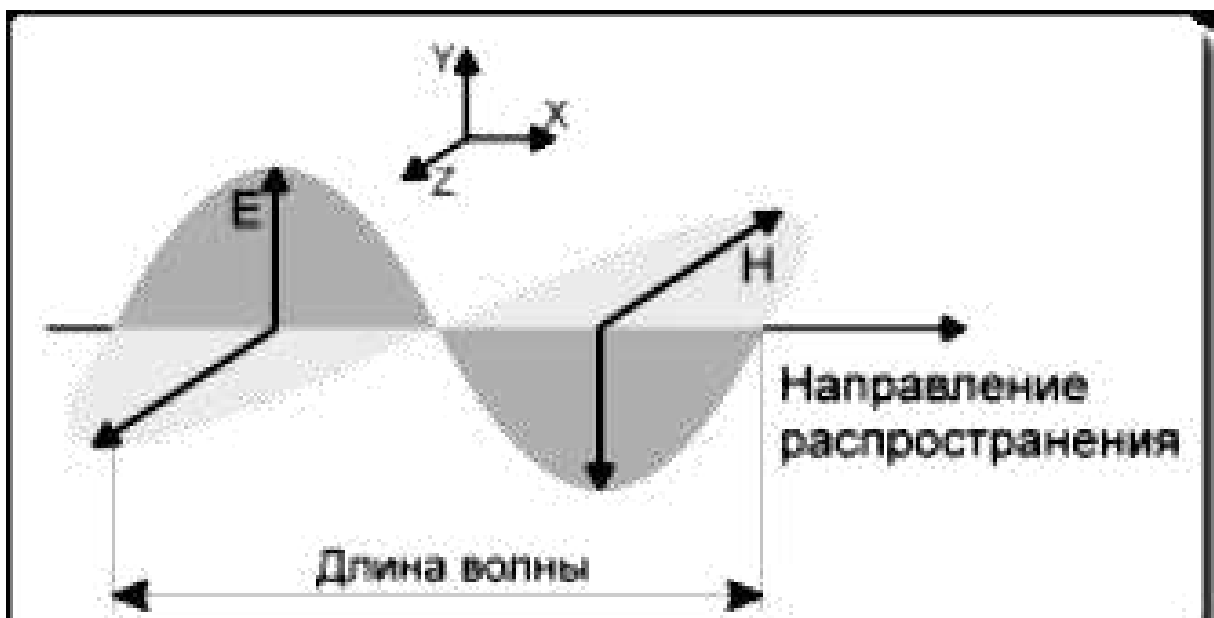


Рис. 9.3 Электромагнитное поле

Полный спектр электромагнитных волн по частотам согласно Международной классификации представлен в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Международная характеристика электромагнитных волн по частотам

Наименование частотного диапазона	Границы частотного диапазона	Наименование волнового диапазона	Границы волнового диапазона
Крайние низкие, КНЧ	3-30 Гц	Декаметровые	100-10 км
Сверхнизкие, СНЧ	30-300 Гц	Метровые	10-1 км
Инфранизкие, ИНЧ	0,3-3 кГц	Гектокилометровые	1000-100 км
Очень низкие, ОНЧ	3-30 кГц	Мириаметровые	100-10 км
Низкие частоты, НЧ	30-300 кГц	Километровые	10-1 км
Средние, СЧ	0,3-3 МГц	Гектометровые	1-0,1 км
Высокие частоты, ВЧ	3-30 МГц	Декаметровые	100-10 м
Очень высокие, ОВЧ	30-300 МГц	Метровые	10-1 м
Ультравысокие, УВЧ	0,3-3 ГГц	Дециметровые	1-0,1 м
Сверхвысокие, СВЧ	3-30 ГГц	Сантиметровые	10-1 см
Крайне высокие, КВЧ	30-300 ГГц	Миллиметровые	10-1 мм
Гипервысокие, ГВЧ	300-3000 ГГц	Децимиллиметровые	1-0,1 мм

Параметры электромагнитных полей, влияющие на биологическую реакцию:

- интенсивность ЭМП (величина);
- частота излучения;

- продолжительность облучения;
- модуляция сигнала;
- сочетание частот ЭМП;
- периодичность действия.

Сочетание вышеперечисленных параметров может давать существенно различающиеся последствия для реакции облучаемого биологического объекта.

Защита человека от неблагоприятного биологического действия ЭМП строится по следующим основным направлениям:

- организационные мероприятия;
- инженерно-технические мероприятия;
- лечебно-профилактические мероприятия;
- санитарно-профилактические мероприятия включающие в себя:

1. Организацию и проведение контроля выполнения гигиенических нормативов, режимов работы персонала, обслуживающего источники ЭМП;

2. Выявление профессиональных заболеваний, обусловленных неблагоприятными факторами среды;

3. Разработку мер по улучшению условий труда и быта персонала, по повышению устойчивости организма работающих к воздействиям неблагоприятных факторов среды.

Текущий гигиенический контроль проводится в зависимости от параметров и режима работы излучающей установки, но, как правило, не реже 1 раза в год. При этом определяются характеристики ЭМП в производственных помещениях, в помещениях жилых и общественных зданий и на открытой территории. Измерения интенсивности ЭМП также проводятся при внесении в условия и режимы работы источников ЭМП изменений, влияющих на уровни излучения (замена генераторных и излучающих элементов, изменение технологического процесса, изменение экранировки и средств защиты, увеличение мощности, изменение расположения излучающих элементов и т.д.).

Действующие нормативные документы и методические указания по контролю уровней ЭМП разработаны при аналоговой форме передачи сигналов информации. В то же время известно, что степень воздействия ЭМП, помимо частотной составляющей, зависит от вида модуляции, спектра излучаемых сигналов и занимаемой ими ширины полосы, то есть приводит к необходимости установления разных предельно допустимых уровней.

Для обеспечения электромагнитной безопасности технических средств и объектов телерадиовещательных систем необходимо учитывать:

- адекватность моделирования условий облучения биологических объектов в медико-биологических исследованиях условиям реального облучения человека в производственной или окружающей среде;

- адекватность методов и средств электромагнитного мониторинга реальной структуре полей в производственной и окружающей среде, в том числе при измерении этих уровней в медико-биологических исследованиях.

Программа «Идентификация параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m -мерном фазовом пространстве» создана специально для обеспечения идентификации параметров КА движения вектора состояния БДС в m -мерном фазовом пространстве состояний (ФПС), и предназначена для исследования систем с хаотической организацией. С помощью данной программы была смоделирована динамика ВСО работников ЗСК по параметрам ВСП с учетом возраста, пола и присутствия вредного производственного фактора. Значения показателя асимметрии (General asymmetry value (rX)) и общего объема многомерного параллелепипеда (General V value (vX)) получены в результате обработки статистических данных в программе «Identity». Графики, отражающие положение КА ВСО человека, получены в 3-хмерном ФПС по трем параметрам (SIM, PAR, HR).

Производился расчет координат граней, их длины и объема 5-мерного параллелепипеда, ограничивающего КА поведения ВСО обследуемых, хаотический и стохастический центры, а также коэффициент асимметрии стохастического и хаотического центров. Этот метод позволил осуществить ранжирование параметров различных кластеров, представляющих ФСО. К этим кластерам могут относиться одни и те же ФСО, но находящиеся в разных экологических условиях (например, динамика ВСО работников ЗСК при воздействии на их организм ЭМП и без такового).

Известно, что существующая традиционная методология описания стохастических процессов основывается, как правило, на распределении Гаусса. Нами был введен определенный параметр r (расстояние r , см. выше), который находился по формуле:

$$r = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{si} - x_{ci})^2} \quad (9.2)$$

Рассмотрим алгоритм диагностики на некоторых гипотетических примерах, поясняющих различие между реальными гистограммами и гипотетической хаотической гистограммой (в виде одного прямоугольника). На примерной гистограмме (рис. 9.1) представлено k -число интервалов разбиения ($k=5$), по одной из координат $x_i (i=1, 2, \dots, m)$. Причем, для каждого их этих интервалов находится свое значение P_{ij} – частоты попадания случайной величины в интервал Δx_{ij} (m_{ij} – число результатов измерений, попавших в Δx_{ij} , а $P_{ij} = m_{ij}/n_i$, где n_i – общее число измерений). Для фазовой координаты x_i будем иметь некоторое усредненное значение $\langle P_i \rangle$, которое соответствует гипотетическому хаотическому распределению (вида “белый шум”). Тогда $\langle P_i \rangle = 1/k$. Введем понятие центра каждого интервала Δx_{ij} для каждой i – й координаты и j -го интервала из k : $\langle x_{ij} \rangle$ – центр j -го интервала для каждой координаты x_i общего фазового пространства находится из уравнения:

$$(x_{ij+1} + x_{ij})/2 = \langle x_{ij} \rangle \quad (9.3)$$

Далее, если параметры изучаемой динамической системы (например, параметры ФСО или экофакторов ХМАО) в первом приближении могут укладываться в некоторый нормальный закон распределения вида:

$$f(x) = (1/\sqrt{2\pi}\sigma) \exp[-(x-\bar{x})^2/2\sigma^2], \quad (9.4)$$

где D - дисперсия, σ - среднеквадратичное отклонение, $\sigma = \sqrt{D}$, $\bar{x} = \sum x_j/n$ - среднеарифметическая величина, то можно с помощью ЭВМ методом наименьших квадратов (МНК) рассчитать погрешность (т.е. переменную z_s) различий между функцией распределения Гаусса $f(x)$ и реальными гистограммами для всех координат x_{si} в m -мерном фазовом пространстве (по каждой координате x_{si} отдельно!). Полученные все m значений Z_s для всех погрешностей образуют некоторую характеристику отклонений $f(x)$ от реальных значений P_{ij} . При этом использовалась следующая формула (см. рис. 9.1):

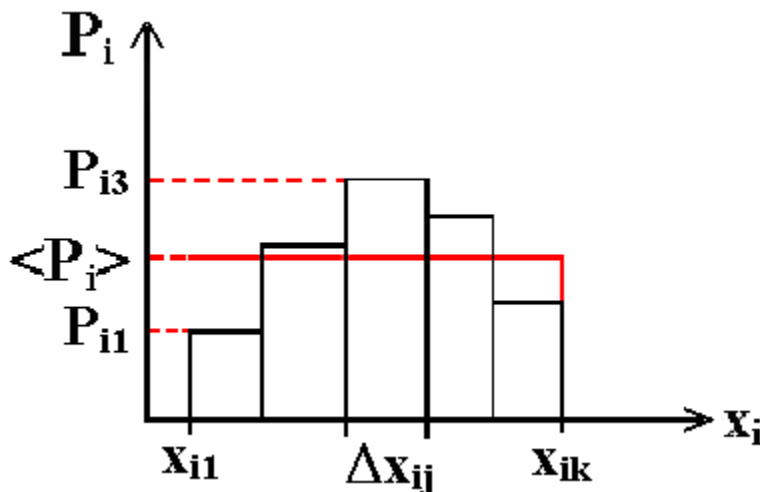


Рис. 9.1. Пример соотношения между реальной (набор прямоугольников) гистограммой и гипотетической (характерной для хаоса в виде прямоугольника высотой $\langle P_i \rangle$)

$$Z_{si} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (f(\langle x_{ij} \rangle) - P_{ij})^2}, \quad (9.5)$$

где P_{ij} частота попадания случайной величины x_{is} в интервал Δx_{ij} , $\langle x_{ij} \rangle$ - центр интервала Δx_{ij} , k - число интервалов разбиения реальных интервалов изменения фазовых координат по каждой x_i , которые ограничены левыми и правыми значениями фазовых координат $x_{i,min}$ и $x_{i,max}$. Они образуют некоторое множество, которое может быть стандартизовано (или откорректировано) в пределах всего m -мерного пространства. При этом $Z_s = \sqrt{\sum_{i=1}^m Z_{si}^2}$ дает общее представление о различии между гистограммами и гипотетическим нормальным распределением во всем m -мерном пространстве.

Существенно, что нами составлена программа на ЭВМ, которая с помощью МНК позволяет подобрать такие минимальные (оптимальные) параметры (\bar{x}_i и σ_i) функции Гаусса, при которых погрешности по всем координатам фазового пространства Z_{si} будут минимальными и их средние значения тоже будут минимальными. При этом относительные погрешности по всем m координатам фазового пространства также минимизируются, т.е. $Z_{si} / [(x_i \min + x_i \max) / 2] = Z_{si}^0$

Если же система в своей динамике хаотична, то область (x_{i1}, x_{ik}) (рис. 9.1 – границы изменения фазовой координаты x_i для всех координат пространства) и всю гистограмму можно представить в виде прямоугольника (рис.9.1). Здесь средняя высота $\langle P_i \rangle$ определяется выражением:

$$\sum_{i=1}^k P_i = 1 \text{ и тогда } \langle P_i \rangle = 1/k$$

Далее, введем показатели:

$$\theta_{ci} = \sqrt{\sum_{j=1}^k (1/k - P_{ij})^2} \text{ и } \theta_c^0 = \sqrt{\sum_{i=1}^m Q_{ci}^2}, \quad (9.6)$$

которые будут характеризовать меру различия между фактическим значением измеряемой величины (по конкретной координате x_i) и гипотетическим (предполагаемым) хаотическим значением (которому соответствует частота события $1/k$). Очевидно, чем меньше значение θ_c^0 , тем ближе истинный процесс попадает под определение хаотического процесса, который можно представлять, например, белым шумом с $P_i = const$.

Очевидно, что в хаосе гипотетическая гистограмма должна принять вид прямоугольника с основанием $x_{i\max} - x_{i\min} = \Delta x_i$ (т.е. каждое Δx_i состоит из Δx_{ij} , где $j=1, \dots, k$, а $i=1, \dots, m$) и одинаковой высотой $\langle P_i \rangle = const = 1/k$. Сама величина θ_{ci} дает абсолютную характеристику отличий фактического распределения СВ (т.е. реальной гистограммы) от гипотетического равномерного хаотического распределения (“белый шум”).

В рамках разрабатываемых в НИИ БМК новых подходов мы вынуждены работать с понятиями фазовых пространств и аттракторов, параметров порядка и русел, областей джokers и кластеров устойчивости различных динамических систем. Новая трактовка получается и при оценке закономерностей в динамике метеофакторов и параметров климата.

Действительно, сейчас уже надо точно определять можем ли мы оценивать метеофакторы с традиционных позиций климата и периодики вращения Земли, или они представляют раздел хаотичной динамики? Однако постановка такой проблемы еще не означает ее решения. Это обусловлено в первую очередь тем, что синергетика и теория хаоса не выработали четких критериев деления процессов природы на стохастические или хаотические. Это значит, что в изучении метеофакторов с позиций стохастики или хаоса необходимо, прежде

всего, определиться с методами идентификации хаоса или вероятностной оценкой любых динамических процессов.

В этой связи в НИИ БМК и разработали некоторые оценочные механизмы для классификации таких подходов и алгоритмы, которые позволили классифицировать любые динамические процессы. Отметим, что говорить о стохастике мы можем вполне однозначно, если на динамику природных процессов действуют некоторые факторы (одни или несколько) в рамках не синергических механизмов, направленных на достижение одного результата, единой цели управления. Примеров подобных процессов очень много в неживой природе и технике. Здесь мы можем говорить о жестких управляющих силах или о кооперации малых регуляторных систем, действующих в одном русле.

Например, свободное падение с ускорением g на Земле будет описываться в рамках распределения Гаусса с модой, дисперсией и доверительным интервалом. Можно сказать, что все законы физики, химии, ряд биологических законов протекают в условиях доминирования одного или нескольких синергетических законов, а другие процессы (движение воздуха, флуктуации плотности и т.д. в свободном падении, например) оказывают весьма незначительное возмущение. Именно для таких процессов мы и имеем жесткое выполнение стохастических закономерностей.

Сейчас становится понятным, что если в системе действуют много законов (без доминантных), тем более если движущие силы процессов неоднородны и асинергичны, то говорить о стохастичности таких систем в их динамике нет смысла. Именно такие характерные объекты мы имеем в живой природе.

Любая живая система, отдельный организм и биосфера Земли в целом – это одна большая флуктуация, один большой хаос. Уже возникновение конкретного организма в данной точке пространства (например, рождение именно такого ребенка, именно у такой матери, именно в данное время) – это уже огромная флуктуация, а точнее хаос. Сама жизнь на Земле – это гигантская флуктуация, которая существует в мире хаоса, в любой момент она может прекратить свое существование на нашей планете.

С другой стороны, любой организм и любое сообщество имеет такое огромное количество обратных связей, регулирующих устойчивость любой БДС, что говорить о превалировании чего-либо сейчас уже сомнительно. Мы понимаем, что это голый агностицизм, который противостоит современной детерминистско – стохастической науке. Ведь любая наука изучает, описывает и прогнозирует именно такие системы регуляции, базирующиеся на связях и взаимосвязях. На их основе возникают законы и закономерности, создаются методы лечения, поддерживается саногенез организма человека и т.д. И это все правильно за общим исключением: все это имеет место в среднем, статистически на небольшом промежутке времени, пока функционирует биосистема в пределах своего аттрактора саногенеза.

Как только организм отдельного человека, или популяция, или целая экосистема выходит за границы аттрактора нормы (попадают в области джокеров, выходят за границы устойчивости и русел), так сразу действуют другие законы или начинается хаос. В последнем случае мы не можем дать на будущее никаких прогнозов, новый аттрактор состояния БДС требует нового изучения, а о хаотичности таких процессов вообще говорить бессмысленно. Более того, число систем регулирования при этом может резко возрасти, а их законы могут быть вообще не установлены или их идентификация потребует огромных сил и временных затрат. Можно сказать, что БДС в точке катастрофы резко изменяет размерности ФА (обычно $m \rightarrow m_1$, где $m_1 \gg m$ или k). Возрастает размерность m вектора состояния БДС (ВСОЧ в частности). На этом основан метод идентификации ТК для БДС.

Таким образом, переход в область джокеров непредсказуем для любой БДС, а число регуляторных систем, удерживающих любую БДС в аттракторах состояний, может быть чересчур велико (без выделения доминантных, главных регуляторных систем). С этих позиций можно однозначно утверждать, что на планете Земля никогда не было, нет, и не будет 2-х одинаковых организмов! И речь идет не о генетике, а об организме как целой системе. Нет одинаковых (морфологически!) людей и их невозможно вычислить. Даже если это будут клоны, однойцевые близнецы (и т.д.), у них будут разные фенотипы.

Морфогенез любого человека – это не изготовление детали на заводе и не сборка машины на конвейере! Все люди разные морфологически и по реализации конкретных функций отдельных клеток, органов, ФСО, организма в целом. Влияние хаоса еще более существенно, если учесть хаотическую динамику действующих на человека экофакторов среды, т.е. хаос нас преследует от рождения до старости (стареет хаотически) и смерти. При этом меняются аттракторы движения ВСОЧ в ФП.

Рассмотрим конкретные примеры применения ТХС в биологии и экологии. Как известно, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра часто определяют как природную экстремальную зону, предъявляющую повышенные требования к приспособительным возможностям организма и вызывающую существенные изменения в работе всех его систем. Суровость климата характеризуется длительной и жесткой зимой с очень низкими температурами; коротким и холодным летом с высокой влажностью воздуха; резкими перепадами атмосферного давления, температуры и влажности воздуха; сильными и частыми ветрами; магнитными возмущениями; бедностью флоры и фауны, особенностями питания, связанными с возможностями развития гиповитаминозов и т.д.

Здоровье людей, приехавших на север, очень часто отличается от нормы. Характерно особенное течение сердечно-сосудистых заболеваний, что связано с перестройкой и истощением регуляторных механизмов и функциональных систем (нарушением равновесия в вегетативной нервной системе в сторону ее

парасимпатического отдела). В условиях севера человек вынужден, прежде всего, адаптироваться к холоду. В холодный период года организм жителей севера находится в состоянии напряжения, что связано с необходимостью поддерживать температурный гомеостаз на должном уровне. Состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) жителей Севера в холодный период года характеризуется склонностью к усилению тонического напряжения периферических сосудов, повышением артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов. Сдвиги в деятельности ССС могут проявляться и развитием артериальной гипертензии.

В целом, воздействие погоды на организм человека осуществляется через формирование приспособительных реакций на уровне ЦНС и ВНС, через закрепление условно рефлекторного влияния. Отмечена корреляционная связь между изменениями температуры воздуха, относительной влажностью воздуха, атмосферного давления, магнитного поля Земли и психофизиологическими показателями – повышением максимального и пульсового давления, частотой сердечных сокращений, состоянием тревожности.

Среди климатических факторов одно из первых мест по степени воздействия на организм человека, прежде всего, сердечно-сосудистую систему (ССС), занимают непериодические, резкие сезонные, внутри и межсуточные перепады атмосферного давления и температуры воздуха. Установлено, что люди реагируют на изменение погоды не только в этот день, но и за 1 – 2 дня до и после перемены погоды. Хотя метеотропные факторы, стимулирующие ухудшение физиологического состояния людей, еще не изучены до конца, все же можно говорить о том, что действие погоды имеет сигнальный, а не прямой характер. Причем, необходимо учитывать влияние климатических факторов не по отдельности, а в их взаимодействии.

В современной трактовке естествознания оценке метеорологических факторов с точки зрения их биологического действия на организм человека и на ряд связанных с ними процессов уделяется большое и пристальное внимание. Однако остаются дискуссионными вопросы, которые связаны с методологией выполнения оценки изменения параметров. В частности, продолжаются дискуссии по методам оценки параметров экосреды с позиций теории хаоса с одной стороны и традиционных подходов в рамках теории вероятности и математической статистики.

Динамика естественных явлений часто носит флуктуационный характер и единственной моделью их до недавнего времени считали случайные, вероятностные процессы. Предполагалось, что исследуемый процесс есть решение системы стохастических уравнений, которые содержат источник случайности, так называемый белый шум. И решения эти, как результат фильтрации этого шума, тем более хаотичны и непредсказуемы, чем выше его дисперсия. Однако уже давно наблюдались эффекты возникновения причудливых, неповторяющихся колебаний в автономных системах, не

имеющих внешних возбудителей (например, в некоторых электронных приборах с обратными связями, в нелинейных оптических и механических системах).

Таким образом, организм северян функционирует под воздействием довольно жестких климатических факторов, оказывающих влияние на состояние здоровья в силу того, что часть резервов кардио-респираторной системы задействованы в процессах адаптации и направлены на формирование приспособительных реакций гомеостаза. Работа ряда систем организма в таких условиях не может не приводить к более частому возникновению предпатологических и патологических сдвигов, особенно в тех системах и органах, в которых наиболее полно задействованы резервы и выражены адаптивные перестройки.

Производилось обследование параметров ССС работников ЗСК. Данные регистрировались в весеннее время года на базе городской поликлиники №1 г. Сургута в рамках периодического медицинского осмотра.

Всего было обследовано 240 человек, из которых 120 работников в возрастном диапазоне от 19 до 54 лет, согласно п.п. 3.2.2.1-3.2.2.4 Приложения 1 к приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации № 302н от «12» апреля 2011 года, подверженные хроническому воздействию ЭМП ПЧ, вошли в состав опытной группы. Средний возраст обследуемых составлял $34,93 \pm 1,75$ лет.

Одновременно проводилось исследование параметров ССС идентичной по численности, возрастному и гендерному признакам контрольной группы, состоящей из работников ЗСК, имеющих на своих рабочих местах те же производственные факторы, что и представители опытной группы, за исключением одного – ЭМП широкополосного спектра частот. Средний возраст обследуемых в контрольной группе составлял $34,56 \pm 1,72$ лет.

В настоящей работе также исследовалось состояние КРС сотрудников телекомпании «ЛянторИнформ» г. Лянтор, находящихся в условиях хронического действия ЭМП РЧД.

Было обследовано 20 человек, находящихся в непосредственной близости от радиопередающих устройств. Из них 10 мужчин и 10 женщин. Средний возраст обследуемых составлял $32,1 \pm 2,2$ лет. Одновременно работали пять передатчиков в метровом и дециметровом диапазонах длин волн.

В контрольную группу входили сотрудники средних общеобразовательных школ г. Лянтора № 4 и № 6 (ЛСОШ), территориально расположенных на удалении примерно 1000-1500 метров от передающей станции в количестве 20 человек (10 мужчин и 10 женщин). Средний возраст обследуемых составлял $31,6 \pm 2,6$ лет.

Кроме того, исследовалась суточная динамика поведения ВСО работников телерадиовещательной станции, подверженных действию ЭМИ.

Регистрировались основные параметры КРС у 20 сотрудников ТРК вначале и по окончанию рабочей смены.

Методом классической статистики проведен сравнительный анализ параметров регуляции сердечной деятельности работников ЗСК, находящихся в условиях промышленных электромагнитных воздействий и без таковых. В большинстве случаев были получены достоверные различия ($\alpha < 0,05$) для таких параметров ВСО организма обследуемых (ВСО), как SIM, PAR, HR, SDNN, IBN (табл. 9.2).

Таблица 9.2

Статистические параметры ВНС работников ЗСК в пятимерном фазовом пространстве состояний ($M \pm SD$)

№ группы	Пол	Исследуемая подгруппа	Параметры ВНС				
			SIM*	PAR*	HR*	SDNN*	IBN*
I гр.	М	1 подгр.	3,07±0,82	13,73±2,25	79,57±4,70	59,17±11,44	40,07±8,91
		2 подгр.	5,23±1,18	10,97±2,09	77,57±3,93	50,97±11,98	52,70±12,71
	Ж	3 подгр.	4,67±1,27	11,33±1,75	87,37±4,25	46,37±7,63	65,27±18,23
		4 подгр.	7,20±0,92	7,80±0,72	84,27±2,33	32,73±1,97	102,53±15,12
II гр.	М	5 подгр.	3,87±0,85	12,73±1,79	80,27±3,42	52,10±6,78	44,47±10,24
		6 подгр.	4,53±0,98	11,77±1,97	72,47±3,36	48,57±8,07	45,53±10,74
	Ж	7 подгр.	4,17±1,07	11,30±1,54	83,07±4,35	47,20±5,28	55,73±14,34
		8 подгр.	5,20±1,48	10,63±1,62	79,57±4,04	42,63±5,09	62,20±19,27

Примечания: **I гр.** – группа наблюдения; **II гр.** – контрольная группа; **Мужчины (М):** 1 подгр. – мужчины до 35 лет (с ЭМП); 2 подгр. – мужчины после 35 лет (с ЭМП); 5 подгр. – мужчины до 35 лет (без ЭМП); 6 подгр. – мужчины после 35 лет (без ЭМП); **Женщины (Ж):** 3 подгр. – женщины до 35 лет (с ЭМП); 4 подгр. – женщины после 35 лет (с ЭМП); 7 подгр. – женщины до 35 лет (без ЭМП), 8 подгр. – женщины после 35 лет (без ЭМП), *значение статистической значимости $p < 0,05$.

При сравнении параметров ВНС между 4-й и 8-й подгруппами работников ЗСК, идентичными по половому и возрастному признакам, но отличающимися по наличию (или отсутствию) действия вредного производственного фактора на рабочем месте в виде ЭМИ, установлены статистически достоверные различия ($p \geq 0,95$) сразу по трем показателям ВНС: PAR, SDNN и IBN.

Показатель PAR у женщин, подверженных воздействию ЭМИ меньше, чем у женщин, не имеющих контакт по роду своей трудовой деятельности с НИ ($7,80 \pm 0,72 < 10,63 \pm 1,62$, при $\alpha < 0,05$), это закономерно отражается на показателе SDNN ($32,73 \pm 1,97 < 42,63 \pm 5,09$, при $\alpha < 0,05$). Полученные данные также подтверждает различие в сопоставляемых подгруппах параметра IBN, величина которого у женщин подверженных воздействию ЭМП почти в 2 раза больше, чем у женщин, рабочее место которых, не характеризуется наличием данного производственного фактора ($102,53 \pm 15,12 < 62,20 \pm 19,27$, при $\alpha < 0,05$) (табл. 9.2).

При аналогичном сопоставлении параметров ВНС (нейровегетативной системы) других групп обследуемых статистически достоверных различий выявлено не было.

Полученные результаты позволяют выдвинуть предположение о том, что ЭМП искусственной этиологии оказывают наибольшее негативное воздействие на состояние ВНС женщин (особенно женщин старше 35 лет), сопровождающееся снижением активности парасимпатического отдела ВНС и суммарного эффекта вегетативной регуляции кровообращения, а также повышенной стресс-реакцией организма.

При сравнении параметров ВНС работников ЗСК схожих по половой принадлежности и наличию (или отсутствию) действия ЭМП, но отличающихся по возрасту, выявлен ряд особенностей возрастных изменений показателей ВСР.

Установлены статистически достоверные различия в мужской группе, подверженной воздействию ЭМП по одному параметру ВНС. В подгруппе 1 показатель PAR больше, чем у мужчин подгруппы 2 ($13,73 \pm 2,25 > 10,97 \pm 2,09$, при $\alpha < 0,05$). На фоне хронического воздействия ЭМП отчетливо видно общее снижение активности парасимпатического отдела ВНС в обеих обследуемых подгруппах. Здесь большая величина индекса активности парасимпатического отдела ВНС у подгруппы 1 свидетельствует о том, что наиболее лучшими адаптационными способностями ФСО к воздействию вредных производственных факторов обладают мужчины моложе 35 лет (табл. 9.2).

При сравнении параметров ВНС мужчин до 35 лет и после 35 лет, не подверженных влиянию ЭМП на производстве, выявлено статистически достоверное различие по показателю HR, величина которого у мужчин подгруппы 5 оказалась больше, чем у подгруппы 6 ($80,27 \pm 3,42 > 72,47 \pm 3,36$, при $\alpha < 0,05$).

В отличие от мужчин, в условиях воздействия ЭМИ, между 3-й и 4-й подгруппами женщин выявлены статистически достоверные различия сразу по 4 параметрам ВНС: SIM, PAR, SDNN и IBN (табл.9.2). Так, показатель SIM у женщин подгруппы 3 в 1,5 раза ниже, чем у женщин подгруппы 4 ($4,67 \pm 1,27 < 7,20 \pm 0,92$, при $\alpha < 0,05$), обратная ситуация наблюдается с показателем PAR ($11,33 \pm 1,75 > 7,80 \pm 0,72$, при $\alpha < 0,05$), это закономерно отражается на показателе SDNN ($46,37 \pm 7,63 > 32,73 \pm 1,97$, при $\alpha < 0,05$). Также, следует отметить статистически достоверные различия между возрастными подгруппами женщин в параметре IBN, величина которого в подгруппе 3 в 1,5 раза меньше, чем в подгруппе 4 ($5,27 \pm 18,23 < 102,53 \pm 15,12$, при $\alpha < 0,05$).

При сравнении параметров ВНС между подгруппами женщин до 35 лет и после 35 лет, которые в процессе своей трудовой деятельности не подвержены влиянию ЭМП, статистически достоверных различий выявлено не было.

Удалось установить, что в условиях постоянно действующего ЭМИ, в качестве вредного производственного фактора, наиболее ярко выраженные возрастные изменения основных показателей ВНС наблюдаются у женщин. Если действие НИ на ВНС мужчин с возрастом выражается в снижении активности парасимпатического отдела, то следствием действия ЭМП

искусственной этиологии на женщин с течением возраста – является повышение активности симпатического и снижение активности парасимпатического отделов ВНС, что закономерно отражается на суммарном эффекте вегетативной регуляции кровообращения. Но наиболее заметным возрастным изменением состояния ВНС женщин, на фоне воздействия ЭМП, является резкое повышение индекса напряжения по Р.М. Баевскому, свидетельствующее об ухудшении ФСО в целом.

При сравнении параметров ВНС работников ЗСК схожих по возрасту и наличию (или отсутствию) действия ЭМП, но отличных по половой принадлежности, определена степень различия основных показателей ВНС гендерных групп.

При сравнении основных параметров ВНС мужчин до 35 лет (подгруппа 1) и женской возрастной группы в возрасте до 35 лет (подгруппа 3), находящихся в условиях действия ЭМП, выявлено три статистически достоверных различия по показателям: SIM, HR и IBN. В подгруппе 1 показатель SIM оказался меньше, чем у женщин подгруппы 3 ($3,07 \pm 0,82 < 4,67 \pm 1,27$, при $\alpha < 0,05$), средний показатель HR представителей мужской группы младше 35 лет является также меньше, чем у женской ($79,57 \pm 4,70 < 87,37 \pm 4,25$, при $\alpha < 0,05$), что закономерно отражается на показателе IBN ($40,07 \pm 8,91 < 65,27 \pm 18,23$, при $\alpha < 0,05$) (табл. 9.1).

Несмотря на более низкую активность парасимпатического отдела ВНС у мужчин подгруппы 1, более высокие показатели частоты сердечных сокращений и индекса напряжения по Р.М. Баевскому у женщин подгруппы 3 свидетельствуют о менее стабильном ФСО на фоне воздействия ЭМИ именно у представителей женской группы.

При сравнении основных параметров ВНС мужчин подгруппы 2 и женщин подгруппы 4, подверженных хроническому воздействию ЭМП, выявлено уже четыре статистически достоверных различия по показателям: PAR, HR, SDNN и IBN. У мужчин старше 35 лет показатель PAR больше чем у женщин ($10,97 \pm 2,09 > 7,80 \pm 0,72$, при $\alpha < 0,05$), что закономерно отражается на показателе SDNN ($50,97 \pm 11,98 > 32,73 \pm 1,97$, при $\alpha < 0,05$). Меньшая величина показателя HR у мужчин подгруппы 2 по сравнению с женщинами подгруппы 4 ($77,57 \pm 3,93 < 84,27 \pm 2,33$, при $\alpha < 0,05$) является следствием меньшей величины показателя IBN мужской группы по сравнению с женской группой ($52,70 \pm 12,71 < 102,53 \pm 15,21$, при $\alpha < 0,05$).

При аналогичном сравнении параметров ВНС других групп обследуемых, в частности групп состоящих из работников ЗСК не испытывающих на себе воздействия ЭМП, статистически достоверных различий выявлено не было.

В условиях хронического воздействия ЭМП различия в основных показателях ВНС между работниками ЗСК мужского и женского пола с возрастом только усиливаются. При этом наблюдается четко направленное действие аккумулялирующего характера ЭМИ на ВНС женщин, выражающееся в

снижении активности парасимпатического отдела и усилению стресс-реакции организма, которое приводит дестабилизации ФСО в целом.

Подводя итоги статистической обработки (при $\alpha < 0,05$) основных параметров ВНС работников ЗСК (табл. 9.2) отметим, что, несмотря на более короткое рабочее время, установленное трудовым законодательством, для женщин по сравнению с мужчинами и, соответственно, менее продолжительное время контакта с вредными производственными факторами, наиболее уязвимыми к воздействию ЭМП в условиях производства являются именно женщины в возрастном диапазоне после 35 лет. Наиболее значимые возрастные изменения негативного характера ВНС в условиях хронического действия ЭМИ производственной этиологии наблюдается также у женщин.

Отметим, что более худшие основные показатели ВНС такие как PAR, HR, SDNN и IBN у женщин по сравнению с мужчинами свидетельствуют о менее стабильном ФСО представителей женской группы по сравнению с мужской группой в случае действия на их организм ЭМИ искусственной этиологии.

Проведенный статистический анализ позволил изучить поведение основных составляющих ВНС работников ЗСК, формирующих общее состояние ФСО, в условиях воздействия на их организм ЭМП в качестве производственного фактора.

С помощью алгоритма параллельной идентификации параметров квазиаттракторов ВСО работников нефтегазового комплекса удалось подтвердить результаты статистической обработки основных параметров ВНС сотрудников ЗСК (табл. 9.3).

Таблица 9.3

Идентификация параметров порядка вектора состояния организма работников ЗСК

№ п/п	Сравниваемые подгруппы	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4
1.	P ₁₋₄	68.4	68.3	68.1	68.2	63.1
2.	P ₂₋₄	53.6	53.6	53.5	53.2	50.4
3.	P ₃₋₄	40.0	40.0	39.9	39.9	37.6
4.	P ₅₋₄	61.6	61.5	61.4	61.5	58.5
5.	P ₆₋₄	60.5	60.5	60.4	59.4	58.4
6.	P ₇₋₄	49.2	49.1	49.1	49.2	47.0
7.	P ₈₋₄	41.9	41.9	41.8	41.7	40.7

Примечания: P₁₋₄ – сравнение между подгруппой 1 и подгруппой 4; P₂₋₄ – сравнение между подгруппой 2 и подгруппой 4; P₃₋₄ – сравнение между подгруппой 3 и подгруппой 4; P₅₋₄ – сравнение между подгруппой 5 и подгруппой 4; P₆₋₄ – сравнение между подгруппой 6 и подгруппой 4; P₇₋₄ – сравнение между подгруппой 7 и подгруппой 4; P₈₋₄ – сравнение между подгруппой 8 и подгруппой 4; подгруппа 1 – мужчины до 35 лет (с ЭМП); подгруппа 2 – мужчины после 35 лет (с ЭМП); подгруппа 3 – женщины до 35 лет (с ЭМП); подгруппа 4 – женщины после 35 лет (с ЭМП); подгруппа 5 – мужчины до 35 лет (без ЭМП); подгруппа 6 – мужчины после 35 лет (без ЭМП); 7 подгр. – женщины до 35 лет (без ЭМП); 8 подгр. – женщины после 35 лет (без ЭМП); Z0 – расстояние между центрами двух квазиаттракторов без исключения признака; Z1 – при исключении SIM; Z2 – при исключении PAR; Z3 – при исключении HR; Z4 – при исключении SDNN.

Получены данные, которые могут выделить параметры порядка, используемые для идентификации критериев, обладающих существенной значимостью при сравнительном биоинформационном анализе показателей ВСР работников ЗСК. Используя компьютерные программы, было установлено, что наиболее существенными диагностическими показателями состояния НВС в сравнении со всеми подгруппами обследуемых, состоящих из работников ЗСК, обладают женщины после 35 лет.

При общем и поочередном исключении диагностических признаков состояния НВС, в сравнении с другими подгруппами обследуемых, наибольшее расстояние между центрами КА наблюдалось именно у женщин в возрастном диапазоне после 35 лет по следующим параметрам НВС: SIM, PAR, HR, SDNN.

В рамках системного синтеза нами также производился расчет матриц межаттракторных расстояний параметров физиологических функций работников ЗСК.

Расчет матриц в рамках гипотезы о хаотической динамике поведения ВСО обследуемых позволил нам выявить ряд важных заключений:

Самое большое межаттракторное расстояние между стохастическими (статистическими) центрами КА поведения ВСО женщин после 35 лет, подверженных действию ЭМП, относительно других групп обследуемых, поделенных по гендерному, возрастному и факторному (действию ЭМП) признакам подтверждает результаты статистической обработки, согласно которым наиболее уязвимыми к воздействию ЭМП в условиях производства являются женщины в возрастном диапазоне от 35 лет (табл. 9.4).

Таблица 9.4

Матрица межаттракторных расстояний Z^s между стохастическими (статистическими) центрами квазиаттракторов, в которых движется вектор состояния организма работников ЗСК (восьми групп испытуемых) в 5-ти мерном фазовом пространстве состояний ($m=5$)

		I гр.				II гр.				
		М		Ж		М		Ж		
		1	2	3	4	5	6	7	8	
I гр.	М	1	0	15.6	29.5	68.4	8.5	14.1	20.2	27.9
		2	15.6	0	16.6	53.6	9.0	9.2	7.4	12.8
	Ж	3	29.5	16.6	0	40.0	22.8	24.8	10.5	9.2
		4	68.4	53.6	40.0	0	61.6	60.5	49.2	41.9
II гр.	М	5	8.5	9.0	22.8	61.6	0	8.7	12.7	20.3
		6	14.1	9.2	24.8	60.5	8.7	0	14.8	19.1
	Ж	7	20.2	7.4	10.5	49.2	12.7	14.8	0	8.7
		8	27.9	12.8	9.2	41.9	20.3	19.1	8.7	0

Примечания: **I гр.**- группа наблюдения; **II гр.** – контрольная группа; **Мужчины:** 1 – подгруппа мужчин до 35 лет (с ЭМП); 2 – подгруппа мужчин после 35 лет (с ЭМП); 5 – подгруппа мужчин до 35 лет (без ЭМП); 6 – подгруппа мужчин после 35 лет (без ЭМП); **Женщины:** 3 – подгруппа женщин до 35 лет (с ЭМП); 4 – подгруппа женщин после 35 лет (с ЭМП); 7 – подгруппа женщин до 35 лет (без ЭМП), 8 – подгруппа женщин после 35 лет (без ЭМП).

Также подтвердилось предположение, выдвинутое по результатам статистической обработки о том, что наиболее значимые возрастные изменения негативного характера НВС в условиях хронического действия ЭМИ производственной этиологии наблюдается именно у женщин.

Приведенные выше вывод подтверждает самое большое расстояние между хаотическими (геометрическими) центрами КА поведения ВСО женщин после 35 лет, подверженных действию ЭМП и женщин старше 35 лет, не испытывающих на своем организме влияния ЭМП (70 усл. ед.), в сравнении с расстояниями между центрами КА других аналогично сравниваемых групп (табл. 9.5).

Наиболее ярко выраженные возрастные изменения в условиях воздействия ЭМП наблюдаются в группе женщин, имеющих самое большое расстояние между хаотическими (геометрическими) центрами КА ВСО групп женщин до 35 лет и после 35 лет, равное 79,4 усл. ед.

Таблица 9.5

Матрица межаттракторных расстояний Z^{Chaos} между хаотическими (геометрическими) центрами квазиаттракторов, в которых движется вектор состояния организма работников ЗСК (восьми групп испытуемых) в 5-ти мерном фазовом пространстве состояний ($m=5$)

		I гр.				II гр.				
		М		Ж		М		Ж		
		1	2	3	4	5	6	7	8	
I гр.	М	1	0	44.0	86.2	165.2	45.0	43.2	67.2	100.3
		2	44.0	0	57.1	134.2	53.6	42.2	61.2	80.2
	Ж	3	86.2	57.1	0	79.4	57.8	51.0	40.1	28.8
		4	165.2	134.2	79.4	0	130.8	126.2	107.4	70.0
II гр.	М	5	45.0	53.6	57.8	130.8	0	18.4	25.4	62.0
		6	43.2	42.2	51.0	126.2	18.4	0	31.7	58.8
	Ж	7	67.2	61.2	40.1	107.4	25.4	31.7	0	40.1
		8	100.3	80.2	28.8	70.0	62.0	58.8	40.1	0

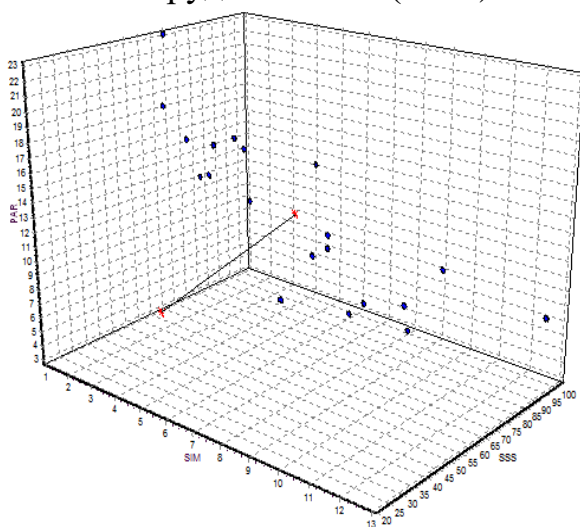
Примечания: **I гр.**- группа наблюдения; **II гр.** – контрольная группа; **Мужчины (М):** 1 – подгруппа мужчин до 35 лет (с ЭМП); 2 – подгруппа мужчин после 35 лет (с ЭМП); 5 – подгруппа мужчин до 35 лет (без ЭМП); 6 – подгруппа мужчин после 35 лет (без ЭМП); **Женщины (Ж):** 3 – подгруппа женщин до 35 лет (с ЭМП); 4 – подгруппа женщин после 35 лет (с ЭМП); 7 – подгруппа женщин до 35 лет (без ЭМП), 8 – подгруппа женщин после 35 лет (без ЭМП).

В целом разрабатываемый метод позволяет получить интегративные количественные результаты и выявить существенные различия в ФСО работников предприятия нефтегазового комплекса, работающих в условиях негативного воздействия производственных факторов и без таковых. Это в свою очередь может выработать научно обоснованные гигиенические стандарты для оценки условий труда людей, работающих в условиях Крайнего Севера и приравненных к нему территорий.

В результате сравнительного анализа параметров ВНС у работников нефтегазодобывающей отрасли с целью сравнения эффективности методов классической статистики и ТХС, удалось установить, что степень напряжения вегетативных функций в организме работников ЗСК, в рамках трудового процесса не попадающих под действие ЭМП, находится в более стабильном режиме по сравнению с работниками ЗСК, организм которых подвержен воздействию НИ.

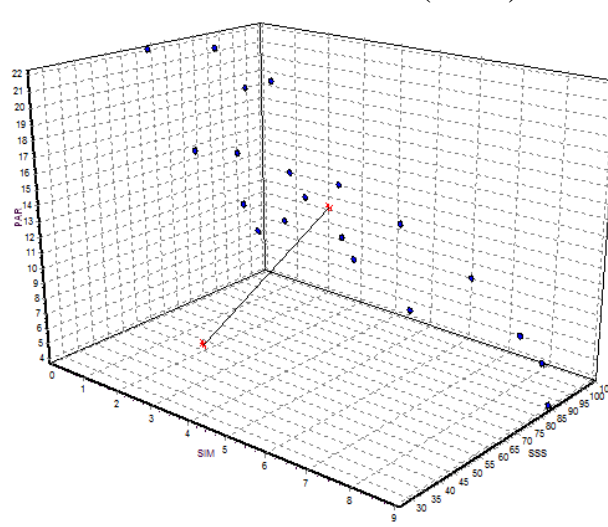
При сравнении параметров вегетативной регуляции сердечной деятельности ВСО сотрудников телерадиокомпании, подверженных действию ЭМИ и работников ЛСОШ, которые не подвержены подобным физическим воздействиям методом классической статистики достоверных различий выявлено не было.

Сотрудники ТРК (n=20)



General asymmetry value $rX = 65.1$
 General V value $vX = 57.9 \cdot 10^6$

Работники ЛСОШ (n=20)



General asymmetry value $rX = 55.7$
 General V value $vX = 71.9 \cdot 10^6$

Рис. 9.2 Положение квазиаттракторов ВСО сотрудников ТРК и работников ЛСОШ в 3-х мерном фазовом пространстве состояний (x_1 - SIM, x_2 - PAR, x_3 - SDNN).

В свою очередь, при изучении параметров КА ВСО работников ТРК, в сравнении с работниками ЛСОШ, методом ТХС удалось установить, что несмотря на наибольшее расстояние между геометрическими и стохастическими центрами КА состояния организма сотрудников телерадиовещательной станции, подвергающихся действию ЭМИ ($rX=65.1$ усл.ед. – сотрудники ТРК $>$ $rX=55.7$ усл. ед. – работники СОШ), наибольший объем КА (vX) наблюдается у работников школ ($vX=57.9 \cdot 10^6$ усл.ед. – сотрудники ТРК $<$ $vX=71.9$ усл.ед. – работники СОШ), в связи с повышенной стресс-реакцией организма, связанной с образовательным процессом (рис. 9.2).

При изучении динамики поведения ВСО сотрудников телерадиовещательной станции в течении рабочего дня в условиях постоянного действия ЭМП РЧД методом классической статистики выявлены достоверные различия ($\alpha < 0,05$) для SIM, PAR, HR, SDNN, IBN (табл. 9.6).

В конце рабочего дня у работников ТРК наблюдается увеличение показателя симпатического отдела ВНС – SIM ($2,90 \pm 0,99$ – в начале рабочего дня $> 4,95 \pm 1,44$ – в конце рабочего дня, $\alpha < 0,05$).

В свою очередь, показатель PAR по истечении рабочего дня у сотрудников ТРК уменьшается ($14,35 \pm 1,99$ – в начале рабочего дня $< 10,85 \pm 1,78$ – в конце рабочего дня, при $\alpha < 0,05$), это закономерно отражается на показателе SDNN ($55,60 \pm 8,48 < 43,70 \pm 5,28$, при $\alpha < 0,05$).

Полученные данные также подтверждает различие в параметре IBN, величина которого у сотрудников ТРК ($33,70 \pm 9,42$ – в начале рабочего дня $< 57,20 \pm 14,27$ – в конце рабочего дня, при $\alpha < 0,05$). Как следствие, в конце рабочего дня наблюдается увеличение частоты сердечных сокращений – HR ($74,50 \pm 4,52$ – в начале рабочего дня $< 82,25 \pm 5,16$ – в конце рабочего дня, при $\alpha < 0,05$).

Таблица 9.6

Статистические параметры ВНС работников ТРК в пятимерном фазовом пространстве состояний ($M \pm SD$)

Сотрудники ТРК	Параметры ВНС				
	SIM*	PAR*	HR*	SDNN*	IBN*
В начале рабочего дня	$2,90 \pm 0,99$	$14,35 \pm 1,99$	$74,50 \pm 4,52$	$55,60 \pm 8,48$	$33,70 \pm 9,42$
В конце рабочего дня	$4,95 \pm 1,44$	$10,85 \pm 1,78$	$82,25 \pm 5,16$	$43,70 \pm 5,28$	$57,20 \pm 14,27$

Примечание: *значение статистической значимости $p < 0,05$.

Наличие достоверных различий по всем пяти статистическим показателям ВНС свидетельствует, прежде всего, об общей утомляемости сотрудников ТРК. Причиной общего утомления обследуемых является напряженность трудового процесса, особенно в т.н. «эфирные дни», во время которых увеличивается общая продолжительность рабочего времени.

Особый научный интерес вызывает исследование в виде сравнительного анализа динамики поведения ВСО в фазовом пространстве состояний работников ЗСК, подверженных воздействию ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц) и сотрудников ТРК, находящихся в условиях хронического действия ЭМП РЧД.

В результате проведенного сравнительного биоинформационного анализа параметров КРС работников ЗСК и сотрудников ТРК, подверженных воздействию ЭМП различного диапазона частот удалось рассчитать в ФПС с

выбранными фазовыми координатами параметры КА состояния динамических систем (табл. 9.7).

В результате построения КА ВСОЧ в фазовом пространстве состояний работников ЗСК и сотрудников ТРК установлено, что наибольшее расстояние между геометрическими и стохастическими центрами (rX) наблюдается в группе, состоящей из работников телерадиовещательной станции ($rX=65.1$ усл. ед. – работники ТРК $>$ $rX=62.4$ усл. ед. – работники ЗСК).

Наибольший объем КА (vX) наблюдается также в группе, состоящей из работников ТРК ($vX=57.9 \cdot 10^6$ усл. ед. – работники ТРК $>$ $vX=45.6 \cdot 10^6$ – работники ЗСК).

Таблица 9.7

Параметры квазиаттракторов вектора состояния организма работников ЗСК и ТРК, подверженных воздействию электромагнитного излучения

Параметры квазиаттракторов ВСО работников ЗСК		Параметры квазиаттракторов ВСО работников ТРК	
Количество измерений $N = 20$; Размерность ФП = 5			
IntervalX0=9.0	AsymmetryX0=0.1	IntervalX0=12.0	AsymmetryX0=0.1
IntervalX1=13.0	AsymmetryX1=0.3	IntervalX1=20.0	AsymmetryX1=0.1
IntervalX2=54.0	AsymmetryX2=1.0	IntervalX2=39.0	AsymmetryX2=1.6
IntervalX3=46.0	AsymmetryX3=0.4	IntervalX3=52.0	AsymmetryX3=0.3
IntervalX4=157.0	AsymmetryX4=0.1	IntervalX4=119.0	AsymmetryX4=0.1
General asymmetry value $rX=62.4$		General asymmetry value $rX=65.1$	
General V value $vX=45.6 \cdot 10^6$		General V value $vX=57.9 \cdot 10^6$	

На основании результатов проведенного биоинформационного анализа установлено, что наиболее ярко выраженные изменения в динамике поведения вектора состояния КРС наблюдаются у работников ТРК, на организм которых оказывает действие ЭМП РЧД.

В рамках системного синтеза производился расчет матриц межаттракторных расстояний параметров физиологических функций 4-х групп обследуемых (табл. 9.8-9.9).

В группу 1 вошли работники ЗСК, подверженные на своем рабочем месте воздействию ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц). Группу 2 составили также работники ЗСК, на которых в процессе работы не оказывало действие ЭМИ. Группа 3 состояла из работников ТРК, на которых оказывает хроническое (на протяжении рабочего дня) воздействие ЭМИ. В группу 4 была сформирована из работников ЛСОШ, не подверженных воздействию ЭМП.

Таблица 9.8

Матрица межаттракторных расстояний Z^S между стохастическими (статистическими) центрами квазиаттракторов, в которых движется вектор состояния организма работников ЗСК и ТРК в 5-ти мерном фазовом пространстве состояний ($m=5$)

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Группа 1	0	3.8	26.9	16.4
Группа 2	3.8	0	23.6	12.9
Группа 3	26.9	23.6	0	11.7
Группа 4	16.4	12.9	11.7	0

Примечания: группа 1 – работники ЗСК, подверженные воздействию ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц); группа 2 – работники ЗСК не подверженные воздействию ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц); группа 3 – работники ТРК, подверженные воздействию ЭМП РЧД и группа 4 – работники ЛСОШ, не подверженные воздействию ЭМП.

Расчет матриц в рамках гипотезы о хаотической динамике поведения ВСО обследуемых позволил нам выявить ряд важных заключений:

Таблица 9.9

Матрица расстояний Z^{Chaos} между хаотическими (геометрическими) центрами восьми изучаемых квазиаттракторов, в которых движется вектор состояния квазиаттракторов ($m=5$) работников ЗСК

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Группа 1	0	22.8	59.7	29.7
Группа 2	22.8	0	39.4	10.3
Группа 3	59.7	39.4	0	30.7
Группа 4	29.7	10.3	30.7	0

Примечания: группа 1 – работники ЗСК, подверженные воздействию ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц); группа 2 – работники ЗСК не подверженные воздействию ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц); группа 3 – работники ТРК, подверженные воздействию ЭМП РЧД и группа 4 – работники ЛСОШ, не подверженные воздействию ЭМП.

Самое большое межаттракторное расстояние между стохастическими (статистическими) и хаотическими центрами КА поведения ВСО наблюдается у представителей группы 3 относительно других групп обследуемых (групп 1,2), состоящих из работников ЗСК (табл. 9.7, 9.8).

Данный факт подтверждает результаты проведенного сравнительного биоинформационного анализа параметров ССС работников ЗСК и сотрудников ТРК, подверженных воздействию ЭМП различного диапазона частот (табл. 9.7).

По результатам сравнительного анализа параметров ВНС работников ЗСК, подверженных воздействию ЭМП и работников ЗСК, на чьих рабочих местах отсутствует производственный фактор в виде ЭМП, подтверждающими друг друга методами классической статистики и ТХС, сделаны следующие выводы:

1. ЭМП искусственной этиологии оказывают наибольшее негативное воздействие на состояние НВС системы женщин (особенно женщин старше 35 лет), сопровождающееся снижением активности парасимпатического отдела ВНС и суммарного эффекта вегетативной регуляции кровообращения, а также повышенной стресс-реакцией организма.

2. В условиях хронического воздействия ЭМП различия в основных показателях НВС между работниками ЗСК мужского и женского пола с возрастом только усиливаются. При этом наблюдается четко направленное действие аккумулялирующего характера ЭМИ на ВНС женщин, выражающееся в снижении активности парасимпатического отдела и усилению стресс-реакции организма, которое приводит дестабилизации ФСО в целом.

3. Несмотря на более короткое рабочее время, установленное трудовым законодательством для женщин по сравнению с мужчинами и, соответственно, менее продолжительное время контакта с вредными производственными факторами, наиболее уязвимыми к воздействию ЭМП в условиях производства являются именно женщины, в особенности женщины в возрастном диапазоне от 35 лет. Наиболее значимые возрастные изменения негативного характера НВС в условиях хронического действия ЭМИ производственной этиологии наблюдается также у женщин.

4. Более худшие основные показатели ВНС такие как PAR, HR, SDNN и IBN у женщин по сравнению с мужчинами свидетельствуют о менее стабильном ФСО представителей женской группы по сравнению с мужской в случае действия на их организм ЭМИ искусственной этиологии.

5. Проведенный биоинформационный анализ позволил изучить поведение основных составляющих НВС работников ЗСК, формирующих общее состояние ФСО, в условиях воздействия на их организм ЭМП в качестве производственного фактора.

6. В результате сравнения объемов квазиаттракторов исследуемых групп выявлены гендерные и возрастные различия в динамике поведения вектора состояния КРС работников ЗСК при нейровегетативной регуляции сердечного ритма в условиях действия ЭМИ и без такового.

7. Обработка данных методами теории хаоса-самоорганизации позволила установить гендерные различия в динамике поведения вектора состояния КРС работников ЗСК при нейровегетативной регуляции сердечного ритма в условиях действия ЭМИ и без такового.

8. При сравнительном анализе параметров КА ВСО сотрудников ТРК, подверженных действию ЭМП РЧД в сравнении с работниками ЗСК, на организм которых в процессе трудовой деятельности оказывает действие ЭМП ПЧ ($f=50$ Гц), удалось установить наиболее ярко выраженные изменения в динамике поведения вектора состояния ССС у работников телерадиовещательной станции.

9. В целом, в результате проведенного биоинформационного анализа и синтеза данных по основным показателям ВНС работников ЗСК в условиях действия на их организм ЭМП и без такового удалось выявить ряд закономерностей в динамике поведения вектора состояния ССС работников ЗСК и ТРК при нейровегетативной регуляции сердечного ритма в условиях действия ЭМИ и без такового.

10. Студентам предлагается получить результаты количественной обработки параметров квазиаттракторов состояния сердечно-сосудистой системы и ряд значений, характеризующих хаотическую динамику поведения каждого из этих параметров, выявить ряд закономерностей в динамике поведения вектора состояния ССС работников ЗСК и ТРК при нейровегетативной регуляции сердечного ритма в условиях действия ЭМИ и без такового (записать в отдельные таблицы) и сделать выводы о сравнении параметров квазиаттракторов (с воздействием и без воздействия ЭМП).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО III ЭТАПУ:

“Получение зачета по лабораторной работе”

Перед выполнением работы обучающийся должен изучить все методические указания, ответить на вопросы из раздела “Самоподготовка”.

После выполнения III этапа необходимо оформить протокол работы и подписать у преподавателя, а затем приступить к оформлению работы в тетради. Обратите особое внимание на параметры квазиаттракторов работников ЗСК и ТРК в условиях действия ЭМИ и без такового

Работа считается зачтенной после сдачи преподавателю отчета по теоретическому и практическому разделам работы.

ПРИЛОЖЕНИЕ к лабораторной работе № 1
 Значение коэффициента нормированных отклонений
 (Стьюдента), $T_{кв}$ для различных "к" и "β"

Число степеней свободы $k=n-1$	Доверительная вероятность β			
	0,9	0,95	0,999	0,9999
1	6,31	12,7	63,66	-
2	2,92	4,3	9,93	31,60
3	2,35	3,18	5,84	12,94
4	2,13	2,78	4,60	8,61
5	2,02	2,57	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,71	5,96
7	1,90	2,37	3,50	5,41
8	1,86	2,31	3,36	5,04
9	1,83	2,26	3,25	4,78
10	1,81	2,23	3,17	4,59
11	1,80	2,20	3,11	4,44
12	1,78	2,18	3,06	4,32
13	1,77	2,16	3,01	4,22
14	1,76	2,15	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,86	3,88
20	1,73	2,09	2,85	3,85
21	1,72	2,08	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,80	3,75
25	1,71	2,06	2,79	3,73
26	1,71	2,06	2,78	3,71
27	1,70	2,05	2,77	3,69
28	1,70	2,05	2,76	3,67
29	1,70	2,05	2,76	3,66
30	1,70	2,04	2,75	3,65
31	1,64	1,96	2,56	3,29

ПРИЛОЖЕНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2.

Таблица 2.2

Периоды полураспада радиоактивных изотопов.

Изотоп	Символ	Период полураспада
Галаний	$_{31}\text{Ga}^{72}$	14, 2 часа
Полоний	$_{84}\text{Po}^{212}$	45 сек.
Торий	$_{90}\text{Th}^{232}$	$1,41 \cdot 10^{10}$ лет
Уран	$_{92}\text{U}^{235}$	$7,13 \cdot 10^8$ лет
	$_{92}\text{U}^{238}$	$4,51 \cdot 10^9$ лет
Нептуний	$_{93}\text{Np}^{237}$	$2,14 \cdot 10^6$ лет
Магний	$_{12}\text{Mg}^{27}$	10 мин.
Фосфор	$_{15}\text{P}^{32}$	14,3 суток
Кобальт	$_{27}\text{Co}^{60}$	5,3 года
Стронций	$_{38}\text{Sr}^{90}$	27 лет
Йод	$_{53}\text{I}^{131}$	8 суток
Церий	$_{58}\text{Ce}^{144}$	258 суток
Радон	$_{86}\text{Rn}^{222}$	3,8 суток
Радий	$_{88}\text{Ra}^{226}$	1620 лет
Актиний	$_{89}\text{Ac}^{225}$	10 суток

Таблица 2.3

Энергия ионизации

Вещество	Дж	эВ
Водород	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Ртуть	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4
Литий	$1,21 \cdot 10^{-17}$	75,4

По степени токсичности (зависит от собственной активности и активности продуктов распада) все радиоактивные элементы делятся на 5 групп:

Группа А – особо высокая токсичность: Pb^{210} , Po^{210} , Ra^{226} , Th^{228} , U^{232} , Np^{237} , Pu^{238} , Am^{241} .

Группа Б – высокая токсичность: St^{90} , J^{126} , J^{131} , Ru^{106} , Sb^{124} , Bi^{210} , Ra^{223} , Th^{227} , U^{230} , U^{233} , U^{235} .

Группа В – средняя радиотоксичность: P^{32} , S^{35} , Cl^{36} , Mn^{56} , Fe^{59} , Co^{60} , Sr^{89} , J^{132} , Cs^{134} , Cs^{137} , Pb^{203} , Bi^{206} , Np^{239} .

Группа Г – малая радиотоксичность: C^{14} , Cl^{38} , Fe^{55} , Cu^{64} , Zn^{69} , Cs^{131} , C^{136} .

Группа Д – наименьшая радиотоксичность: H^3 .

Существуют предельно допустимые количества вещества, не требующие для работы с ним специального разрешения (Нормы радиационной безопасности – НРБ-99, «Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений – ОСП-72»).

Таблица 2.4

Зависимость максимального пробега β -частиц R_β от энергии E_β макс. В алюминии, биологической ткани (или воде) и воздухе.

Энергия β -частиц $E_\beta, MэВ$	Алюминий		Ткань или вода мм	Воздух см
	мг/см ²	мм		
0,01	0,16	0,0006	0,002	0,13
0,02	0,70	0,0026	0,008	0,52
0,03	1,50	0,0056	0,018	1,12
0,04	2,60	0,0096	0,030	1,94
0,05	3,90	0,0144	0,046	2,91
0,06	5,40	0,0200	0,063	4,03
0,07	7,10	0,0263	0,083	5,29
0,08	9,30	0,0344	0,109	6,93
0,09	11,00	0,0407	0,129	8,20

0,1	14	0,050	0,158	10,1
0,2	42	0,155	0,491	31,3
0,3	76	0,281	0,889	56,7
0,4	115	0,426	0,35	85,7
0,5	160	0,593	1,87	119
0,6	220	0,778	2,46	157
0,7	250	0,926	2,92	186
0,8	310	1,15	3,63	231
0,9	350	1,30	4,10	261
1,0	410	1,52	4,80	306
1,25	540	2,02	6,32	406
1,50	670	2,47	7,80	494
1,75	800	3,01	9,50	610
2,0	950	3,51	11,1	710
2,5	1220	4,52	14,3	910
3,0	1500	5,50	17,4	1100
3,5	1750	6,48	20,4	1300
4,0	2000	7,46	23,6	1500
4,5	2280	8,44	26,7	1700
5	2540	9,42	29,8	1900
6	3080	11,4	36,0	2300
7	3600	13,3	42,0	2700
8	4100	15,3	48,4	3100
9	4650	17,3	54,6	3500
10	5200	19,2	60,8	3900
20	10500	39,0	123	7800