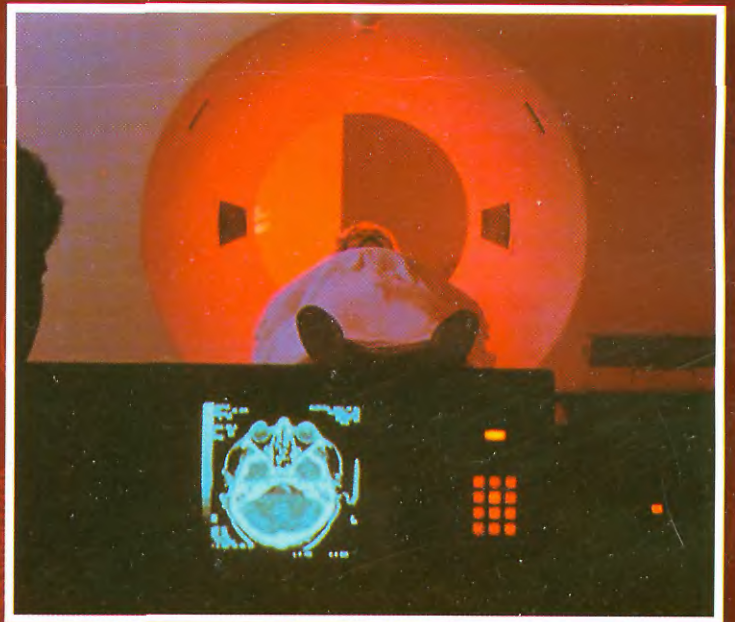


OXFORD

В. Р. Пикеринг

БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

В диатраммах



ОКСФОРДСКИЕ

УЧЕБНЫЕ

ПОСОБИЯ

ОКСФОРДСКИЕ УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ

В. Р. Пижеринг

БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

в диаграммах

Москва
Астрель • АСТ
2003

УДК 572(07)
ББК 28.7я7
П 32

This translation of Human Biology Through Diagrams originally published in English in 2002 is published by arrangement with Oxford University Press

Настоящий перевод оригинального издания Human Biology Through Diagrams, опубликованного на английском языке в 2002 г., печатается по соглашению с Oxford University Press

Перевод с английского А. Барсуковой

Общероссийский классификатор продукции
Ок-005-93, том 2; 953005 – литература учебная

Санитарно-эпидемиологическое заключение
№ 77.99.02.953.Д.008286.12.02 от 09.12.2002 г.

Пикеринг В. Р.

П 32 Биология человека в диаграммах / В. Р. Пикеринг; Пер. с англ. А. Барсуковой. – М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2003. – XXXIII, 181, [2] с.: ил. – (Оксфордские учебные пособия).

ISBN 5-17-019733-0 (ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-07037-9 (ООО «Издательство Астрель»)
ISBN 0-19-914196-7 (англ.)

УДК 572(07)
ББК 28.7я7

ISBN 5-17-019733-0
(ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-07037-9
(ООО «Издательство Астрель»)
ISBN 0-19-914196-7 (англ.)

© L.W.R. Pickering 2002
© ООО «Издательство Астрель», 2003

СОДЕРЖАНИЕ

Расписание подготовки к экзаменам	VII	Элементы, входящие в состав организма человека	12
Успех на экзаменах	VIII	Водный потенциал	13
Оценка практической работы	X	Биологические молекулы	14
Проведение исследований	XI	Функции растворимых углеводов	15
Выполнение курсовой работы	XII	Полисахариды	16
Разработка эксперимента	XIII	Уровни структурной организации белков	17
Работа с данными	XIV	Структура и функции липидов	18
Графическое представление данных	XV	Функции белков	19
Ключевые навыки	XVI	Ферментативный катализ	20
Как отвечать на вопросы	XVII	Названия и классификация ферментов	21
Вопросы для самопроверки	XXIII	Факторы, влияющие на активность ферментов	22
Ответы на вопросы	XXXII	Коммерческое использование ферментов	23
РАЗДЕЛ А МОЛЕКУЛЫ И КЛЕТКИ		Клетки, ткани и органы	24
Использование оптического микроскопа	1	Эпителий и соединительная ткань	25
Растительная и животная клетки	2	РАЗДЕЛ Б ЭНЕРГИЯ И ЖИЗНЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ	
Трансмиссионный электронный микроскоп	3	Метаболические пути	26
Сканирующий электронный микроскоп	4	Клеточное дыхание	27
Ультраструктура животной клетки	5	Респирометры и дыхательный коэффициент	28
Прокариотическая клетка	6	АТФ: энергетическая «валюта» клетки	29
Вирусы — неклеточная паразитическая форма жизни	7	Структура листа	30
Дифференциальное центрифугирование	8	Хлоропласты	31
Структурные компоненты мембран	9	Световые реакции: нециклическое фотофосфорилирование	32
Диффузия, осмос и активный транспорт	10		
pH	11		

Темновые реакции: цикл Кальвина	33	Классификация и наименования живых организмов	60
Закон лимитирующих факторов	34	Ключи для определения организмов	61
РАЗДЕЛ В	ГЕНЫ И ГЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	РАЗДЕЛ Г	ЭКОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА
Нуклеиновые кислоты I: ДНК	35	Экология	62
Нуклеиновые кислоты II: РНК	36	Оценка популяций	63
Изучение функций ДНК	37	Методы сбора подвижных организмов	64
Репликация ДНК и хромосомы	38	Факторы, влияющие на рост популяции	65
Гены контролируют признаки клетки	39	Рост человеческой популяции	66
Трансляция матричной ДНК	40	Поток энергии через экосистему	67
Генная инженерия (технология рекомбинантной ДНК)	41	Экологические пирамиды	68
Перенос генов	42	Экологическая сукцессия	69
Генетический анализ	43	Круговорот углерода	70
Полимеразная цепная реакция (ПЦР)	44	Круговорот азота	71
Митоз и рост	45	Парниковый эффект	72
Рак	46	Кислотные дожди	73
Мейоз	47	Озон	74
Изменчивость	48	Загрязнение рек	75
Термины генетики	49	Нитраты	76
Моногибридная наследственность	50	Обезлесение	77
Дигибридная наследственность	51	Опустынивание	78
Сцепление с полом и наследование пола	52	Этанол	79
Другие типы взаимодействия аллелей и генов	53	Топливо из биомассы	80
Генная мутация и серповидно- клеточная анемия	54	Биологический контроль над вредителями	81
Хромосомная мутация и синдром Дауна	55	РАЗДЕЛ Д	ПИТАНИЕ
Тест хи-квадрат (χ^2)/ Уравнение Харди-Вайнберга	56	Пищеварительная система человека I	82
Естественный отбор	57	Пищеварительная система человека II	83
Репродуктивная изоляция и видообразование	58	Обобщенный вид поперечного сечения кишечника	84
Искусственный отбор	59	Всасывание продуктов переваривания	85
		Выделение слюны	86
		Идеальная диета человека	87

Недоедание	88	РАЗДЕЛ Ж	МИКРООРГАНИЗМЫ	
Вегетарианство	89		И ЗАБОЛЕВАНИЯ	
Диеты (диетическое питание)	90	Защитные системы организма		117
Уровень метаболизма	91	Воспаление и фагоцитоз		118
Питание и развитие	92	Иммунный ответ I: клетки		119
Пищевые добавки	93	Иммунный ответ II: антитела,		
Порча пищевых продуктов	94	иммунитет и вакцинация		120
Сохранение пищевых продуктов	95	Проблемы, связанные		
Тучность	96	с иммунным ответом		121
Альтернативные способы		Моноклональные антитела:		
питания	97	получение и применение		122
РАЗДЕЛ Е	ГАЗООБМЕН	Группы крови		
	И ТРАНСПОРТ	и переливание крови		123
Структура и функции легких	98	Заболевание может быть		
Вентиляция легких	99	вызвано рядом причин		124
Тонкая структура легкого	100	Вирус иммунодефицита		
Спирометр и измерение		человека (ВИЧ)		125
респираторной активности	101	Патогенные бактерии		126
Курение и болезни легких	102	Рост популяции бактерий		127
Двойная система кровс-		Методы стерилизации		128
обращения млекопитающих	103	Пенициллин – пример		
Клетки крови	104	антибиотика		129
Кривая диссоциации		Малярия		130
оксигемоглобина	105	РАЗДЕЛ З	ГОМЕОСТАЗЫ	
Миоглобин и фетальный		Биологические системы		
гемоглобин	106	контроля		131
Транспорт углекислоты		Контроль температуры		
из тканей в легкие	107	тела у млекопитающих		132
Жизнь на больших высотах	108	Влияние экстремальных		
Тканевая жидкость	109	температур		133
Сердце млекопитающих:		Концентрация глюкозы в крови		134
структура и функции	110	Печень – крупнейшая железа		135
Прохождение крови		Структура и функции печени		136
через сердце	111	Выделительная система		137
Регуляция сердечного ритма	112	Гомеостаз: эндокринный		
Заболевания сердца	113	контроль работы почек		138
Нарушения кровообращения	114	Нарушение работы почек		139
Система кровообращения		Нейроны		140
в действии	115	Потенциал действия		141
Лимфатическая система	116	Синапс: структура и функции		142

Распространение потенциала действия	143
Сенсорные клетки	144
Функции глаза	145
Строение и функция сетчатки	146
Фоторецепторы	147
Мозг осуществляет координацию и регуляцию	148
Эндокринный контроль	149
Спинной мозг и рефлекторная активность	150
Нервная система человека	151
Структура поперечно-полосатой (скелетной) мышцы и механизм сокращения	152
Движение передней конечности	153
Мышцы: влияние физической нагрузки	154
Источник энергии для сокращения мышц	155
Скелет человека	156
Синовиальные (подвижные) суставы	157

РАЗДЕЛ И	РАЗМНОЖЕНИЕ И РАЗВИТИЕ
Половое созревание	158
Строение яичника	159
Семенные канальцы и образование спермы	160
Фазы менструального цикла	161
Оплодотворение и имплантация	162
Методы контрацепции	163
Строение плаценты	164
Функции плаценты	165
Развитие человеческого эмбриона	166
Гормоны и процесс родов	167
Процесс лактации	168
Плод	169
Пренатальная диагностика	170
Измерение роста	171
Типы роста у человека	172
Старение	173
Человек относится к высокоразвитым приматам	174
Эволюция человека	175
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	176

Подробно распишите
по времени темы,
которые будете повторять

Расписание подготовки к экзаменам

Начальная неделя
Неделя № Экзамен через недель

Все ли темы
включены
в расписание?

	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
Утро							
День							
Вечер							

Учили ли вы время на:

- исполнение других своих обязанностей?
- завершение невыполненных учебных заданий?
- встречи с друзьями или другие общественные дела?
- перерывы между занятиями?

Проверка расписания: темы, которые
требуют дополнительной проработки

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

Не забудьте
откорректировать этот
пункт на последующих
неделях

Методов подготовки, одинаково подходящих для всех, не существует, поэтому важно выбрать наиболее приемлемый для вас. Приведенные ниже правила можно рассматривать в качестве общего руководства.

ОТВЕДИТЕ ПОБОЛЬШЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

Если вы оставляете основную работу на последний момент, это снижает ваши шансы на успех. Развивается состояние стресса, ваша способность к концентрации падает. Лишь очень немногие люди способны интенсивно заниматься всю ночь перед экзаменом и быть в хорошей форме на следующее утро.



СОСТАВЬТЕ РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ

Спланировать подготовку к экзаменам надо не позднее, чем за несколько недель до их начала. Убедитесь, что вы правильно распределили время между всеми предметами. Твердо следуйте намеченному плану. Поместите расписание на видном месте – а еще лучше развесьте несколько копий по всему дому!



ОТДЫХАЙТЕ

Усердная подготовка – это очень тяжелая работа. Важно время от времени давать себе возможность расслабиться. Предусмотрите в своем расписании время на отдых.

ДЕЛАЙТЕ ПЕРЕРЫВЫ

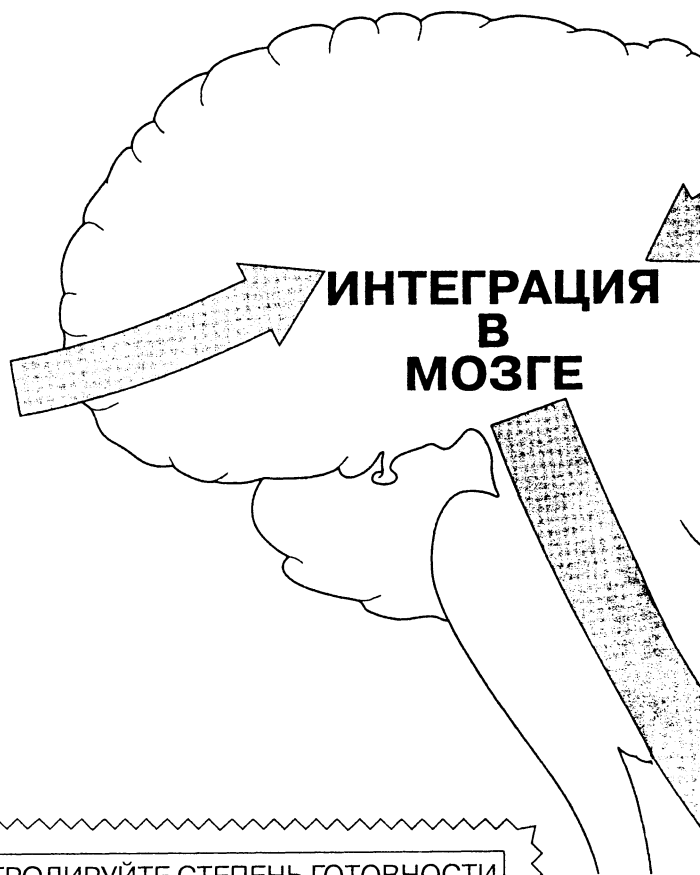
После часа занятий сделайте 15–20-минутный перерыв на чай или кофе и с новыми силами возвращайтесь к продуктивной работе.



Успех на экзаменах

Возможно, вы уже прочитали раздел этой книги, посвященный мозгу (с. 148). В таком случае вы, вероятно, помните, что полушария мозга функционируют как **центр интеграции**. Поступающая информация сопоставляется с имеющимся опытом, затем вырабатывается соответствующая реакция. В процессе подготовки к экзамену вы приобретаете навыки и обогащаете свой опыт. Это увеличивает шансы адекватной реакции на экзаменационные вопросы. Вероятность успеха напрямую зависит от того, насколько **ответственно** вы относитесь к подготовке. Она непременно возрастет, если вы **воспользуетесь приведенными здесь советами**.

П
О
Д
Г
О
Т
О
В
К
А



КОНТРОЛИРУЙТЕ СТЕПЕНЬ ГОТОВНОСТИ

Используйте список тем для того, чтобы отслеживать, как продвигается ваша подготовка. Отмечайте уже проработанные темы. Сконцентрируйте внимание на тех темах, которые вы знаете хуже.

ДЕЛАЙТЕ КРАТКИЕ ЗАПИСИ

Часто подготовка оказывается не очень эффективной, если вы просто читаете материал. Делайте краткие записи, отмечая ключевые мысли. Если вы пользуетесь своими собственными книгами, важные места в тексте можно выделять маркером. Старайтесь не просто запомнить факты, а понять стоящие за ними идеи.

ТРЕНИРУЙТЕСЬ ОТВЕЧАТЬ НА ВОПРОСЫ

Проработав каждую тему, попробуйте ответить на проверочные вопросы. Некоторые из них приведены в разделе «Вопросы для самопроверки» (с. XXIII). Вначале вам, возможно, потребуется заглядывать в книгу или в свои заметки, но к концу подготовки вы сможете отвечать на вопросы самостоятельно, как на экзамене.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА В ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСАХ

Назовите. Ответ обычно представляет собой термин (например, митохондрия) и состоит не более, чем из нескольких слов. **Сформулируйте** – ответ может заключаться в одном предложении. Эти типы вопросов не требуют подробных разъяснений в ответе.

Определите. В ответе приводится общепринятое значение термина. Вместо **«Определите»** часто используется **«Что означает...?»**.

Перечислите. Вы должны привести ряд пунктов (каждый из которых может содержать одно слово), не раскрывая их содержание.

Опишите. В вашем ответе должно быть сказано, что происходит в ситуации, указанной в вопросе, например «температура повысилась до 25 °С». В данном случае объяснения не нужны.

Предположите: вы должны использовать свои знания для того, чтобы объяснить эффект, который может быть вам незнаком. Например, вам придется использовать знание принципа действия ферментов, чтобы предположить, как происходит промышленный процесс. На вопросы такого типа может существовать несколько верных ответов.

Объясните: ответ должен быть расширенным, т.е. состоять из законченных предложений. На основании ваших знаний по данной теме вам нужно расширить утверждение, содержащееся в вопросе.

Вычислите: ответ имеет численное выражение, обычно получаемое из данных, приведенных в вопросе. Не забудьте:

- привести ответ с правильным количеством значимых цифр (обычно две или три);
- правильно указать единицы измерения;
- показать ход вычислений.

НА ЭКЗАМЕНЕ

- Прежде чем отвечать, прочитайте все задание. Выберите для начала самые легкие для вас вопросы – нигде не сказано, что вы должны отвечать на них строго по порядку!
- Внимательно прочитайте вопрос и определите ключевое слово (его можно подчеркнуть).
- Если вы не можете ответить на первую часть вопроса, не бросайте его. Продолжение может оказаться более легким и дать вам ключ к ответу на сложную часть.
- Внимательно изучите данные, приведенные в таблицах и на графиках. Обратите внимание на заголовки столбцов, пометки на осях, масштаб и единицы измерения.
- Следите за часами – возможно, стоит отметить, сколько времени вам потребовалось на выполнение половины задания.
- Если у вас осталось время, используйте его с толком. Не смотрите по сторонам, вместо этого убедитесь, что вы не пропустили часть какого-нибудь вопроса (или целый вопрос, многие забывают посмотреть на обратную сторону листа с заданием). Проверьте вычисления, чтобы исключить возможность арифметических ошибок.

УСПЕХ!

Оценка практической работы

Удостоверьтесь, что вы знаете, каким образом будут оцениваться ваши практические навыки.

В зависимости от того, какой вариант принят в вашем учебном заведении, это может быть:

- Курсовая работа
- Практический экзамен

ТРЕНИРОВКА НАВЫКОВ

Независимо от того, какой тип экзамена вы будете сдавать, в процессе обучения вам необходимо приобрести определенные навыки.

Специальные навыки

Знакомясь с конкретными темами, входящими в изучаемый курс, вы приобретете специальные навыки; например, изучая поглощение воды растительной тканью, вы научитесь точному взвешиванию.

Убедитесь, что вы умеете обращаться со всеми необходимыми приборами. Вы должны приобрести хорошую теоретическую подготовку для того, чтобы уметь:

- предложить разумную гипотезу;
- определить все переменные в эксперименте (см. с. XIII);
- измерять переменные;
- выбрать подходящие величины переменных;
- правильно выбрать прибор и правильно его использовать;
- с уверенностью проанализировать данные;
- сделать заключение относительно полученных результатов.

Планирование экспериментов и разработка гипотез

Помните, что экзаменаторы будут оценивать только то, что вы написали, а не то, что было у вас в голове. **Лучше привести слишком длинное описание, чем упустить какую-либо важную деталь.**

Не забывайте:

- использовать знания, полученные вами в процессе изучения курса, для подкрепления своих предположений;
- приводить численные обоснования везде, где это возможно;
- начертить четкую схему прибора с обозначениями деталей;
- подробно описать, какое оборудование вами использовалось, какие эксперименты проводились и какие измерения были сделаны;
- быть готовыми к тому, что придется объяснять очевидные вещи.

Чтобы проверить, достаточно ли подробен ваш отчет, спросите себя, можно ли повторить описанный вами эксперимент, руководствуясь только этой информацией.

ПРАКТИЧЕСКИЕ НАВЫКИ

Существует четыре основных области навыков:

- Планирование
- Выполнение
- Анализ
- Оценка

Эти навыки оцениваются при сдаче любого экзамена.

ОБЩИЕ НАВЫКИ

Общие навыки, которые вам необходимо развить, включают:

- точное описание хода эксперимента;
- представление данных в виде таблиц (см. с. XIV);
- графическое представление данных (возможно, с использованием компьютера) (см. с. XV);
- анализ всех типов данных;
- критическая оценка экспериментов.

Анализируя данные, не забывайте:

- определять угол наклона графика по далеко отстоящим друг от друга точкам;
- организовать работу так, чтобы ее легко можно было повторить;
- представлять численные результаты с точностью, соответствующей исходным данным и использованным методам;
- указать единицы измерения для всех полученных результатов.

Проведение исследований

Ведите рабочую тетрадь

Записывайте:

- все выполненные измерения;
- проблемы, с которыми вы столкнулись;
- детали рабочего процесса;
- все заключения, сделанные вами относительно приборов или экспериментов, включая те, что были отвергнуты;
- информацию по данной теме, полученную вами из литературы, или ваши собственные мысли на этот счет.

Определите задачу

Запишите цель вашего эксперимента или исследования. Отметьте, какие переменные используются в эксперименте. Определите, какие из них будут фиксированными, а какие будут изменяться.

Прогнозируйте результат

Вы должны быть способны прогнозировать, какой результат будет получен в ходе исследования, основываясь на знаниях по данной теме. Везде, где это возможно, оцените его количественно, подтверждая свои предположения формулами. Например, вы можете предсказать влияние температуры на активность фермента, учитывая, что $Q_{10} = 2$.

Делайте пробные эксперименты, прежде чем начать детальное исследование. Они помогут вам выбрать:

- подходящий прибор;
- подходящие методики;
- диапазон измерений.

Продумайте способ проведения эксперимента, при котором была бы обеспечена безопасность для людей, оборудования и окружающей среды.

В идеале следует рассмотреть альтернативные приборы и методики и обосновать ваш окончательный выбор.

Выполнение эксперимента

Применяйте все навыки, приобретенные вами в ходе изучения курса:

- записывайте все полученные показания;
- везде, где это возможно, повторяйте измерения несколько раз и определяйте среднее значение;
- используйте точные отлаженные инструменты;
- учитывайте точность сделанных измерений;
- анализируйте данные по ходу работы, чтобы иметь возможность изменить свой подход к проблеме и проверять сомнительные результаты.

Представление данных

Сводите все свои наблюдения в таблицы (см. с. XIV).

- Снабдите заголовком каждый столбец данных.

Анализ данных

Может включать:

- вычисление результата, например, изменение массы тканей картофеля в %;
- построение графика (см. с. XV); не забывайте давать заголовки всем графикам;
- статистический анализ, например, критерий χ^2 ;
- анализ несоответствий между первоначальными данными, промежуточными и конечными результатами;
- выводы.

Убедитесь, что вы ясно изложили все стадии обработки данных.

Оценка исследования

Вы должны:

- выявить систематические ошибки в проведении эксперимента;
- оценить, насколько результаты исследования соответствуют теории;
- проанализировать возникшие несоответствия;
- определить слабые и сильные стороны методики эксперимента;
- на основании полученного опыта предложить альтернативные подходы, с помощью которых можно усовершенствовать эксперимент.

Использование компьютера

Возможно, вы будете использовать компьютер при проведении измерений или для обработки полученных данных. Анализируя проделанную работу, вы должны оценить, насколько успешным было это использование. Можно включить ответы на следующие вопросы:

- Какие преимущества дало использование компьютера?
- Было ли получение данных с помощью компьютера более успешным, чем без него?
- Насколько удачной оказалась, например, графическая обработка данных?

ОТЧЕТ

Помните, что экзаменатор, который будет читать ваш отчет, не видел, как вы проводили эксперимент. Поэтому не упускайте важную информацию о проделанной работе.

Отчет можно считать хорошим, если он позволяет повторить сделанное вами (при желании проверить ваши результаты).

Отчет, **напечатанный на компьютере**, гораздо легче исправить, если вы что-то упустили, кроме того, он более удобен для чтения.

Используйте подзаголовки

Они помогают разбить текст и сделать его более удобным для чтения. Подзаголовки могут отражать основные этапы исследования: цели, схема прибора, методика и т.д.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭКЗАМЕН

Этот вид экзамена может иметь различные формы в разных учебных заведениях. Обычно дается задание одного из трех типов, где от вас может потребоваться:

- исследовать новую ситуацию, выдвинуть гипотезу и разработать эксперимент для ее проверки;
- исследовать ситуацию, проанализировать предоставленные данные и разработать эксперимент, который может привести к получению этих данных;
- получить и проанализировать данные с использованием заданного плана эксперимента.

Выполнение курсовой работы

ВИДЫ КУРСОВЫХ РАБОТ

Существует несколько видов курсовых работ:

- небольшие эксперименты, являющиеся частью изучаемого курса, например использование окислительно-восстановительного индикатора при изучении дыхания;
- практическая задача, выполняющаяся в течение долгого времени, тема которой определяется преподавателем, например изучение водного потенциала тканей картофеля;
- долгосрочный проект, тема которого выбирается самостоятельно и согласовывается с преподавателем, например экологическое исследование.

Небольшой эксперимент

На выполнение может потребоваться одно или два лабораторных занятия. Цель эксперимента обычно тесно связана с темой, которая изучается в данное время.

Длительное исследование

Может занять 5–10 ч учебных занятий плюс время на домашнюю работу. Убедитесь, что вам ясна ваша задача курсовой работы.

ИЗУЧИТЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Критерии оценки курсовой работы определяются экзаменационной комиссией. Во всех случаях оцениваются одни и те же навыки, но значение каждого из них отличается в зависимости от выбранной специализации. Ознакомьтесь с критериями оценки, чтобы четко представлять себе цель, которую вы пытаетесь достигнуть.

ПЛАНИРУЙТЕ ВАШЕ ВРЕМЯ

Часто главной проблемой при написании курсовой работы становится нехватка времени.

Не оставляйте написание текста напоследок

Вы можете создавать черновой вариант отчета по мере продвижения работы. Например, такие разделы, как **цель работы** и **список оборудования**, можно написать в самом начале. Позже вы сможете их подправить.

Составьте предварительный план

Включите следующие разделы

Цель работы

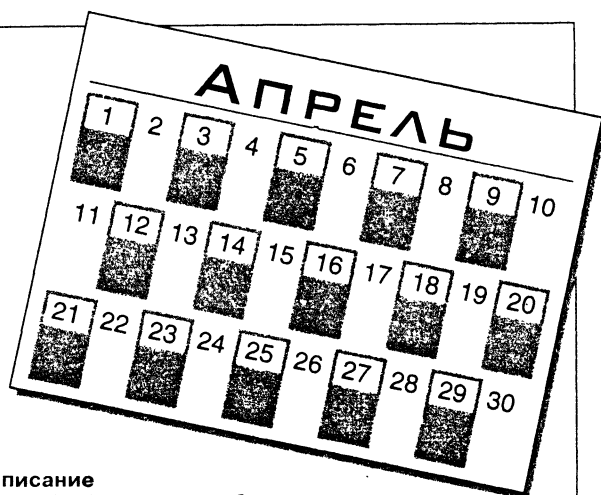
Что вы собираетесь изучать на практике?
или
Какова тема вашего исследования?

Список ресурсов

Каков, по-вашему, примерный перечень необходимых приборов?
или
Какими источниками информации вы будете пользоваться? (книги, CD-диски, Интернет)
или
Собираетесь ли вы обращаться за информацией в какую-либо организацию?

Теоретическая база

Какой результат можно предположить, основываясь на данных теории?
или
Какие основные идеи содержатся в литературе по теме вашей работы?



Расписание

Каков крайний срок сдачи работы?

Лабораторные работы

Сколько у вас будет лабораторных занятий?
Как вы планируете их использовать?

Работа вне лаборатории

Предварительный анализ данных
Написание отчета
Составление схемы прибора
Корректировка плана работы
Обоснование данных и методов

Разработка эксперимента

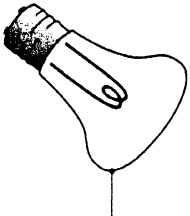
Эксперимент разрабатывается для проверки обоснованности гипотезы и включает сбор данных

например, интенсивность освещения влияет на скорость фотосинтеза

используя соответствующие приборы и инструменты

С целью определения скорости фотосинтеза может быть измерен объем кислорода, выделенный за определенный период времени: это **зависимая (изменяющаяся) переменная**.

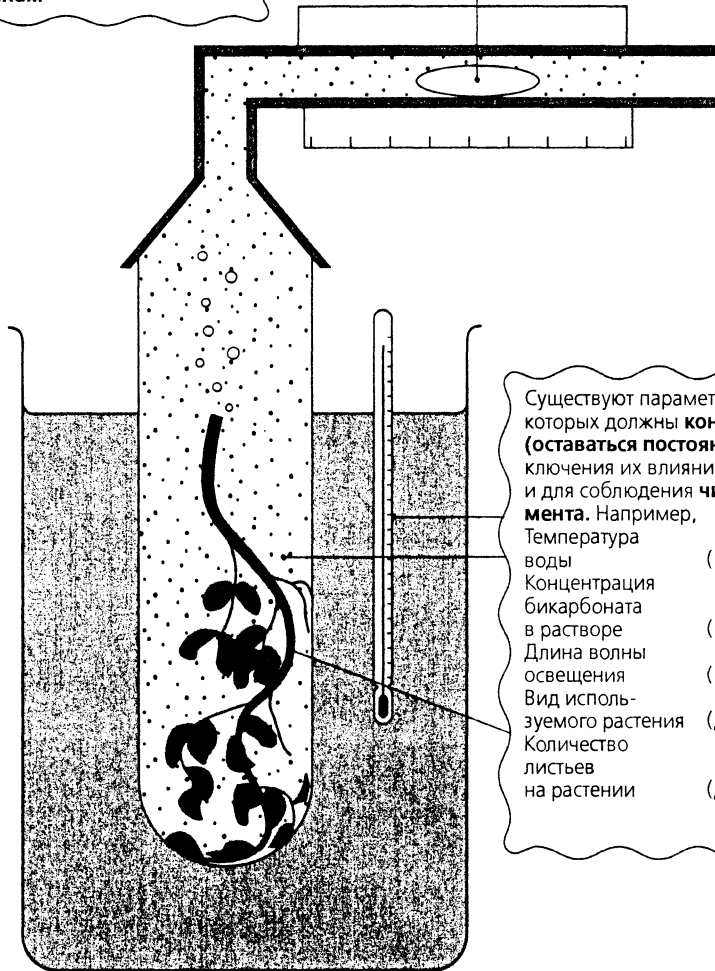
Экспериментатор может изменять интенсивность освещения: это **независимая (задаваемая) переменная**.



Интенсивность освещения является примером **непрерывной переменной**.

Существуют параметры (п.), значения которых должны **контролироваться (оставаться постоянными)**, для исключения их влияния на результат и для соблюдения **чистоты эксперимента**. Например,

Температура воды	(непрерывный п.)
Концентрация бикарбоната в растворе	(непрерывный п.)
Длина волны освещения	(непрерывный п.)
Вид используемого растения	(дискретный п.)
Количество листьев на растении	(дискретный п.)



Контрольный эксперимент проводится по той же схеме, за **исключением** того, что величина задаваемой переменной фиксируется.

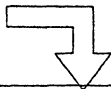
Цель состоит в подтверждении того, что на наблюдаемые изменения зависимой переменной не влияет никакой **неизвестный фактор**. Контроль подтверждает **чистоту эксперимента**.

Повтор эксперимента выполняется, если исследователь предполагает, что некоторые данные являются следствием ошибок при его проведении.

Использование **средних значений** минимизирует влияние отдельных результатов (в т.ч. «аномальных») на общую картину.

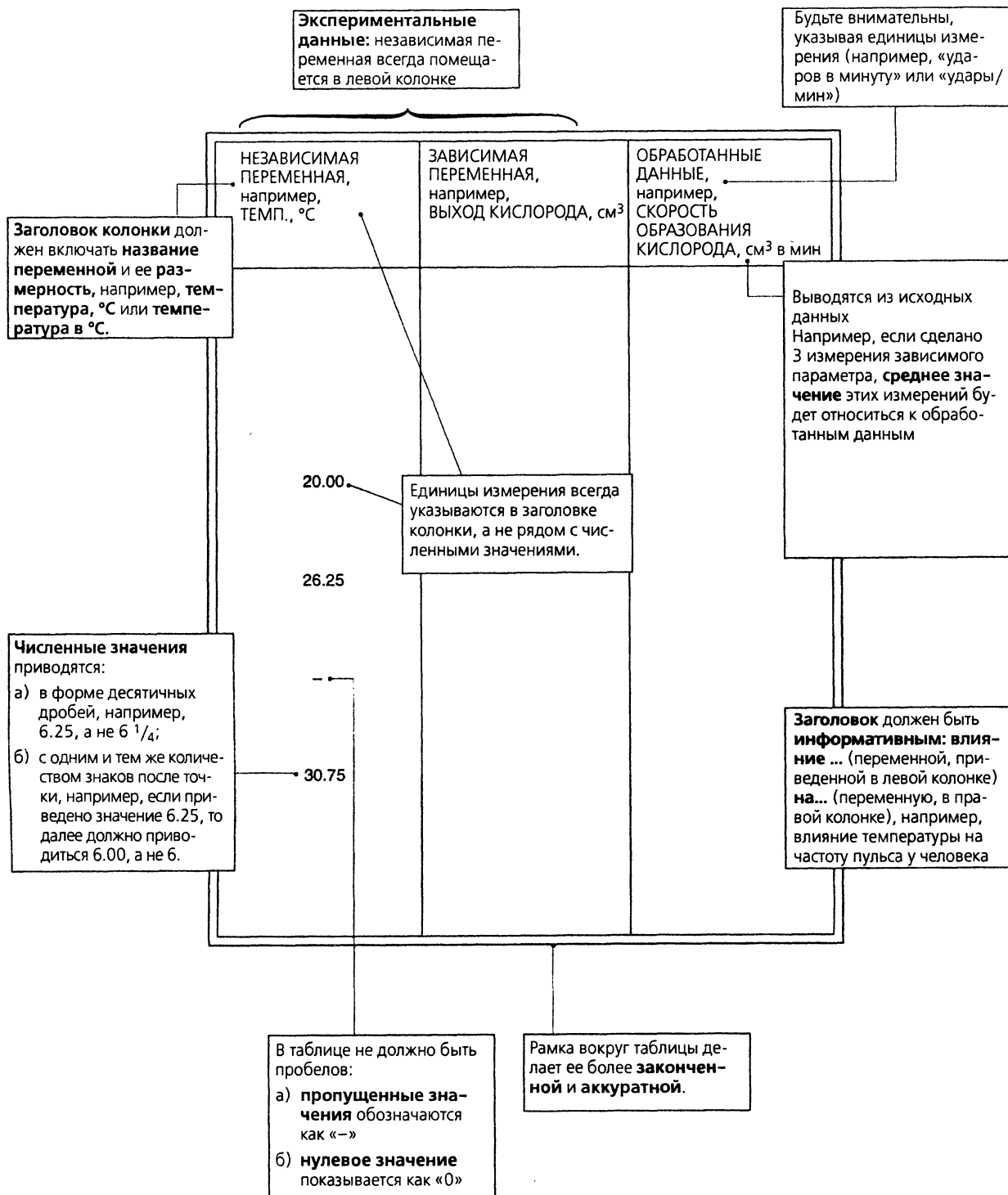
Работа с данными

включает несколько этапов



1. Сбор **экспериментальных данных** (фактической информации, полученной в ходе исследования).
 2. Обработка данных (перевод измерений в другую форму).
- и
3. Представление данных в **графической** или иной форме.

Этапы 1 и 2 обычно включают **составление таблиц с данными**



Графическое представление данных:

более наглядно демонстрирует соотношения между переменными.

Например

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, °С	ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА РЕПТИЛИИ, °С
20	19.4
25	25.9
30	30.4
35	35.1
40	40.1
45	44.8

не так наглядно, как

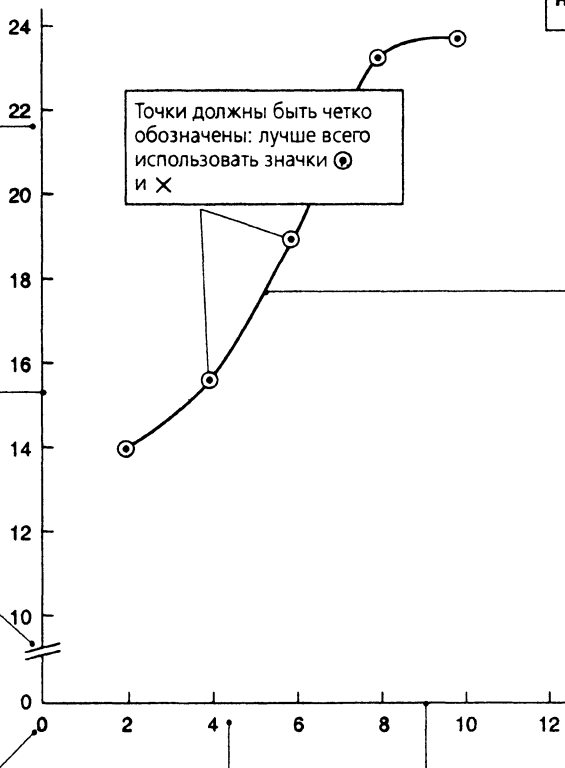


График можно построить на основе таблицы данных, **руководствуясь определенными правилами**

Ось y
зависимая переменная, т.е. функция
единица измерения должна указываться после запятой
например, **температура тела рептилии, °С**
или с предлогом
например, **температура тела рептилии в °С**

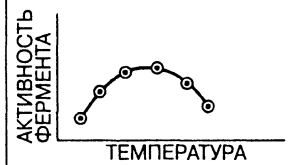
Заголовок должен быть информативным: влияние ... (переменная по оси x) на ... (переменная по оси y).

Линии осей должны быть прочерчены **черным** цветом.



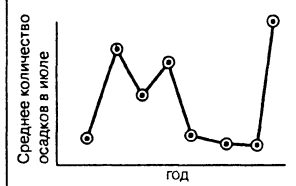
Точки должны быть четко обозначены: лучше всего использовать значки **⊙** и **×**

После того как все точки нанесены, их можно соединить плавной кривой, если согласно теории изменение переменной происходит постепенно...



Оси должны быть прямыми и по возможности не иметь разрывов. Если для того, чтобы разместить все точки, необходимо сделать разрыв в оси, он должен быть обозначен как **||**

...или серией **прямых отрезков**, если постепенное изменение переменной не представляется вероятным.



Нулевая точка должна быть показана на обеих осях.

Масштаб осей должен:
а) обозначаться **через равные промежутки**;
б) обозначаться на всем интервале, на котором имеются точки;
в) эффективно использовать пространство.

Ось x **независимый параметр**
количественное значение/единица измерения

NB Кривая **не должна** продолжаться дальше последней обозначенной точки.

Ключевые навыки

Что такое ключевые навыки?

Это общие навыки, не связанные с определенной специализацией, но позволяющие вам успешно продвигаться по выбранному пути. Овладение этими навыками необходимо как для получения высшего образования, так и для устройства на работу.

Можно выделить следующие виды навыков:

- **Коммуникабельность**
- **Работа с числовыми данными**
- **Информационные технологии**
- **Работа в коллективе**
- **Самообразование**
- **Решение проблем.**

Здесь обсуждаются только первые три типа, и приводится общий план их освоения.

Коммуникабельность

Вы должны уметь:

- давать возможность другим участвовать в групповом обсуждении темы;
- представлять свою работу, используя различные методы, позволяющие привлечь внимание аудитории;
- использовать информацию из разнообразных источников по данной теме;
- связно излагать информацию, выбирая форму и стиль подачи, соответствующие данной теме.

Работа с числовыми данными

Вы должны приобрести умение:

- разрабатывать способы получения информации, выбирать подходящие методы получения необходимых данных и уметь обосновать свой выбор;
- выполнять многоэтапные вычисления, включая обработку большого объема данных (более 50 значений) с применением формул;
- выбирать способ представления своей работы, обосновывать этот выбор и объяснять результаты своих вычислений.

Информационные технологии

Вы должны освоить:

- использование различных источников и технологий для поиска и отбора нужной информации;
- использование автоматических способов обработки информации и создание подходящих методов для работы с ней;
- улучшение структуры и содержания вашей работы с использованием информации из других источников и полученных критических замечаний.

Сложная тема обсуждения включает ряд различных «подтем» (идей). Ход рассуждения может оказаться неясным для слушателей. Необходимо знать и использовать специфическую терминологию.

Комплексная работа включает выполнение многоэтапных задач. При этом результат одной задачи определяет путь решения других. Вам нужно получить информацию, интерпретировать ее, сделать расчеты и составить заключение.

Что вы должны делать?

Вам нужно продемонстрировать, что вы освоили различные ключевые навыки, и доказать свое умение пользоваться ими в повседневной работе.

«Доказательства» могут иметь форму:

- письменных отчетов о работе, проделанной в ходе обучения;
- оценок вашей работы в лаборатории или в классе, данных преподавателем.

В ваших интересах собрать как можно больше положительных свидетельств об уровне вашей подготовки по разным предметам.

Ниже приведен общий план того, каким образом вы можете продемонстрировать освоение некоторых ключевых навыков.

Коммуникабельность: в области биологии (биологии человека) вы можете освоить следующие задачи:

- выполнение масштабных исследований (например, на тему использования радиоактивного излучения в медицине);
- написание отчетов о ваших экспериментах с использованием различных источников (книги, журналы, Интернет, газеты);
- представление своей работы однокурсникам;
- использование стиля представления, поощряющего критическое обсуждение вашей работы и участие слушателей в дискуссии.

Работа с числовыми данными:

- выполнение масштабных исследований, требующих детального планирования методологии;
- обсуждение альтернативных подходов к выполнению работы и обоснование сделанного выбора;
- получение достаточного объема данных для статистической и графической обработки;
- объяснение выбора способа анализа;
- создание выводов, основанных на результатах исследования.

Информационные технологии: в области биологии (биологии человека) вы можете овладеть следующими умениями:

- использование CD-дисков и Интернета для изучения темы;
- выбор подходящих источников;
- выявление противоречий в информации и выбор наиболее верной;
- использование текстового редактора для создания отчета;
- использование компьютерных программ для сбора информации и математической обработки данных.

Как отвечать на вопросы

Существует множество видов экзаменационных вопросов. Некоторые из них предполагают ответ в виде простого изложения факта, в то время как другие требуют демонстрации ваших навыков и использования знаний.

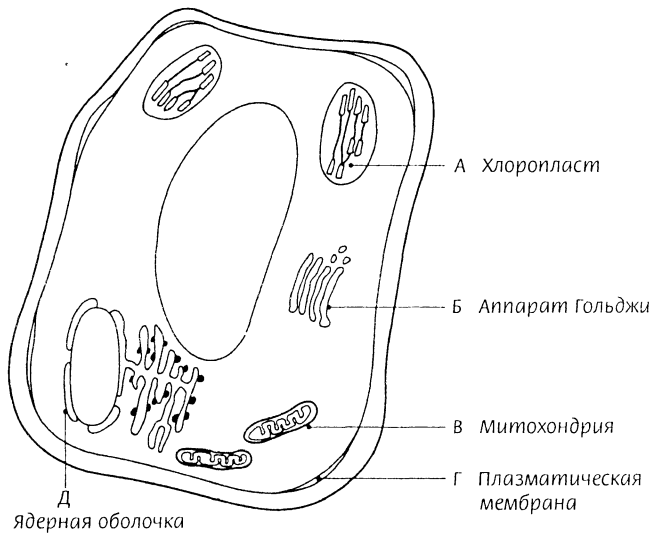
В этом разделе приводятся примеры вопросов и советы, каким образом следует на них отвечать. Вопросы относятся к следующим областям:

- 1) изложение фактов;
- 2) разработка эксперимента и практические методы;
- 3) анализ данных;
- 4) генетический и статистический анализ;
- 5) понимание содержания текстов;
- 6) развернутый свободный ответ.

Вопросы на знание фактов часто предполагают **заполнение пробелов** в тексте, таким образом, **ответы состоят всего из одного или нескольких слов**, например:

Пример 1

Назовите структуры, обозначенные буквами А, Б, В, Г и Д



Такие вопросы предусматривают однозначные ответы и требуют точного знания фактов.

Пример 2

Прочитайте приведенное описание синтеза ДНК и белка и заполните пробелы наиболее подходящими словами

Молекула ДНК включает четыре типа нуклеотидов, каждый из которых состоит из сахара дезоксирибозы, азотистого..

основания и фосфатной группы. Основания, входящие в состав молекулы ДНК, спариваются с помощью водородных связей – например, гуанин всегда спаривается с цитозином..

ДНК контролирует белковый синтез путем создания матрицы, называемой информационной РНК. Это одноцепочечная молекула, в состав которой входит сахар рибоза, а основание урацил замещает основание тимин.. Матрица формируется в ядре в процессе транскрипции, после чего перемещается в цитоплазму, где к ней присоединяются органеллы, называемые рибосомами. К нуклеиновым кислотам относится также транспортная РНК, доставляющая аминокислоты к месту синтеза белка. Порядок присоединения аминокислот к растущей

пептидной цепи определяется комплементарностью оснований. Аминокислоты соединяются ковалентными пептидными связями и формируют полипептидную молекулу.

Прежде чем **начинать вписывать ответы**, всегда **внимательно читайте вопрос с начала до конца**, чтобы убедиться, что все вставленные слова не противоречат здравому смыслу.

В ответе допускаются некоторые варианты – например, и «азотистое», и «органическое» основание являются верными терминами; однако не забывайте, что от вас требуется дать **наиболее подходящие** ответы. Например, лучше написать «дезоксирибоза», чем «пентоза», а «тимин» и «тиамин» – это разные молекулы!

К другому варианту вопросов, требующих заполнения пробелов, относятся **таблицы**:

Пример 3

Нижеприведенная таблица содержит описание трех компонентов крови человека. Если для данного компонента приведенное утверждение верно, в соответствующей графе нужно поставить галочку (✓), если же оно неверно – крестик (✗).

Функция	Эритроцит	Тромбоцит	Плазма
Переносит кислород	✓	✗	✓
Переносит гормоны	✗	✗	✓
Содержит ферменты, участвующие в процессе свертывания крови	✗	✓	✓
Осуществляет фагоцитоз	✗	✗	✗
Транспортирует диоксид углерода	✓	✗	✓

Обязательно заполняйте все графы – пустая ячейка будет засчитана как неверный ответ, так же как и слова «да» или «нет». Многие студенты забывают это простое правило и теряют на этом баллы.

Экспериментальные (практические) вопросы также подразумевают изложение фактов, но зачастую они требуют общей характеристики процесса, а не конкретных примеров

Пример 4

Опишите, каким образом можно выделить рибосомы из животной клетки.

Метод дифференциального центрифугирования основан на различиях в массе/плотности клеточных структур, позволяющих разделять смеси на компоненты.

Таким образом:

- 1) Животные клетки разрушают (с помощью гомогенизатора или осмотическим путем) и получают смесь компонентов (гомогенат).
- 2) Смесь сохраняется при низкой температуре и нейтральном рН, чтобы избежать повреждения органелл.
- 3) Центрифугирование.
- 4) Осаждаются ядра (первая фракция) и митохондрии (вторая фракция), остается смесь, содержащая рибосомы.
- 5) Содержание рибосом в смеси подтверждается проверкой возможности осуществления белкового синтеза.

Обратите внимание, что изложение ответа в виде нескольких пунктов позволяет вам показать последовательность действий. В данном случае пятый пункт дополнительный, очень хорошо, если вы о нем не забыли.

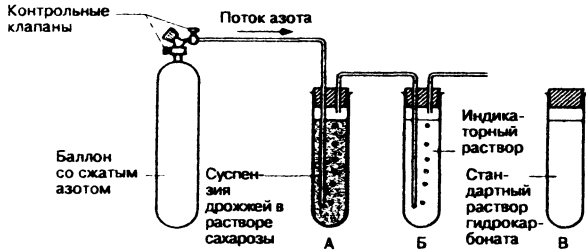
Многие **экспериментальные (практические) вопросы** проверяют не столько ваше знание фактов, сколько понимание **принципов** экспериментальной работы. Помните следующий принцип:

эксперимент включает изучение влияния **независимой переменной** на величину **зависимой переменной**, при этом остальные переменные **фиксируются**.

Например:

Пример 5

На схеме, приведенной ниже, показан прибор, использующийся для сравнения продукции углекислого газа различными видами дрожжей. Изучаемая популяция дрожжей содержится в растворе сахарозы, помещенном в пробирку А. Через прибор пропускается азот, создающий анаэробные условия. В пробирке В содержится индикаторный раствор гидрокарбоната, через который проходит углекислый газ. При этом цвет раствора меняется: в нейтральных условиях он красный, в щелочных – фиолетовый, а в кислых – желтый. Измеряется время, необходимое для того, чтобы раствор в пробирке Б приобрел тот же цвет, что и в пробирке В.



(a) (i) Укажите, каким образом можно поддерживать постоянную температуру суспензии дрожжей во время эксперимента.

Использование водяной бани с постоянной температурой.

(ii) Опишите, каким образом должен изменяться цвет индикаторного раствора в пробирке Б в ходе эксперимента.

От красного (нейтральная среда) до желтого (кислая).

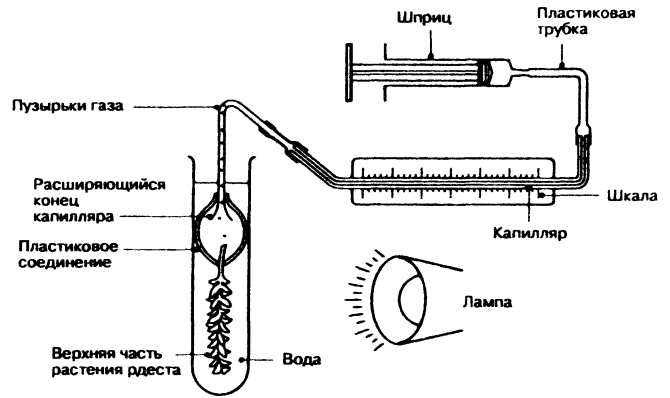
(iii) Объясните, почему сравнение окраски растворов «на глаз» нельзя считать подходящим методом для определения конечной точки эксперимента.

Слишком субъективный метод. Цвет стандартного раствора может измениться.

(б) Опишите подробно, как бы вы использовали данный прибор для сравнения продукции углекислого газа двумя видами дрожжей.

Объем CO_2 – это зависимая переменная; каким образом вы будете его измерять?
 Дрожжи – это независимая переменная.
 Какие параметры надо зафиксировать, и как бы вы это осуществили?

(в) С целью изучения влияния интенсивности освещения на скорость фотосинтеза водного растения был проведен эксперимент с использованием прибора, показанного на схеме:



Прочитайте!
 Обратите внимание, что вы **можете** выбрать **длину волны** света.

Назовите **два** фактора окружающей среды, **помимо** интенсивности освещения, которые нужно контролировать. Опишите, каким образом можно осуществить контроль.

т.е. название **прибора**, которым вы бы воспользовались.

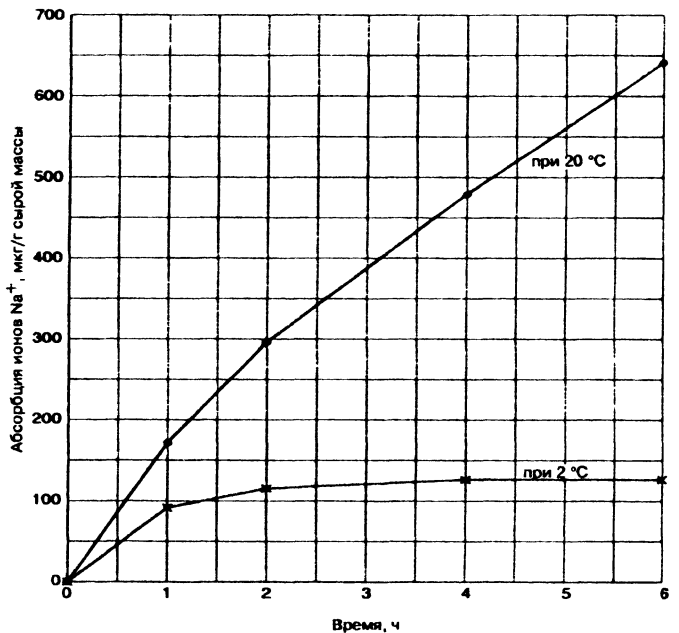
2 фактора + 2 метода.

Данные для анализа могут быть представлены в виде **графика**:

Пример 6

В эксперименте, выполненном на ткани пастернака, изучалось влияние температуры на абсорбцию ионов натрия. Образцы ткани помещали в раствор хлорида натрия с известной концентрацией, после чего в течение 6 ч измеряли изменение концентрации ионов натрия в растворе. Раствор постоянно аэрировался, эксперимент проводился при 2 °C и 20 °C.

Результаты показаны в виде графика:



- 1) Подсчитайте средний уровень абсорбции ионов натрия при 20 °С между 2 и 6 ч.

Покажите ход вычислений.

абс. за 6 ч = 640
абс. за 2 ч = 295

$$\text{Ср. уровень между 2 и 6 ч} = \frac{640 - 295}{4}$$

$$= 86.25 \text{ мкг/(г ч)}$$

количество часов

- 2) Сравните скорость абсорбции ионов натрия в ходе экспериментов при 20 °С и 2 °С.

Вы должны определить **оба** уровня скорости.

т.е. между 0 и 6 ч

Приводите цифры!

При температуре 2 °С максимальный уровень абсорбции (135 единиц) достигается к 4 ч, при этом с 2 до 4 ч он возрастает очень слабо, однако при 20 °С уровень абсорбции выше (например, к 4 ч – 480 единиц) и продолжает возрастать в течение всего эксперимента.

N.B. Объяснять эти наблюдения здесь **не** требуется

- 3) Предложите объяснение различий в уровне абсорбции ионов натрия при разных температурах.

т.е. попытайтесь соотнести эти результаты с вашими знаниями по данной теме.

Более высокий уровень абсорбции при 20 °С связан с тем, что:

- чем выше температура, тем быстрее двигаются ионы;
- задействован активный транспорт: чем выше температура, тем больше энергии выделяется в результате дыхания.

Поступление некоторого количества ионов натрия при 2 °С, по-видимому, происходит без участия активного транспорта (путем диффузии).

Выход графика на плато (при 2 °С) объясняется тем, что поступление ионов путем диффузии прекращается вследствие насыщения (максимальный уровень диффузии достигается к 4 ч).

Анализ данных может включать работу с **таблицами**:

Пример 7

Количество устьиц на внешней и внутренней поверхностях листа ириса и листа овса оценивалось путем подсчета устьиц на нескольких участках эпидермиса площадью по 4 мм². На основании этих подсчетов можно вычислить среднее количество устьиц на 1 см². Эти данные приведены в таблице:

Вид	Среднее количество устьиц на 1 см ²	
	Верхний эпидермис	Нижний эпидермис
Ирис	3550	1850
Овес	5100	6300

Измерялась также скорость испарения воды с поверхности листьев. Результаты представлены ниже в таблице:

Вид	Скорость испарения, усл. единицы
Ирис, нижний эпидермис	1.5
Ирис, верхний эпидермис	2.2
Овес, нижний эпидермис	4.0
Овес, верхний эпидермис	5.0

Объясните взаимосвязь между скоростью испарения влаги и количеством устьиц.

Недостаточно указать наличие взаимосвязи.

Устьица регулируют уровень испарения, таким образом, чем больше устьиц, тем больше риск обезвоживания: у овса их общее количество (11400 устьиц на квадратный сантиметр – уровень испарения 9 единиц) выше, чем у ириса (5400 устьиц на см² – уровень испарения 3.7 единиц).

т.е. **назовите их**

Приведите еще две структурные особенности листа (кроме количества устьиц), которые могут влиять на скорость испарения влаги. Разъясните ваш ответ.

Особенность 1

Объяснение

Особенность 2 **Скручивание листа**

Объяснение **Таким способом влажный атмосферный воздух удерживается вблизи поверхности листа, и градиент водного потенциала снижается.**

Для решения **генетических вопросов** часто используются методы **математической статистики**. Не стоит бояться этого – от вас потребуется просто подставить в формулу численные значения и объяснить полученный результат. **Вам не понадобится вспоминать сами формулы или объяснять их.**

Пример 8

Плодовые мушки *дрозофилы*, относящиеся к дикому типу, имеют красные глаза и соломенно-желтое тело. Рецессивный аллель определенного гена кодирует серые глаза (g), а рецессивный аллель другого гена – черное тело (b).

Студент провел исследование для проверки гипотезы о том, что гены, контролирующие появление серых глаз и черного тела, наследуются сцепленно. При скрещивании чистой линии дикого типа с чистой линией, имеющей серые глаза и черное тело, все гибриды F₁ имели дикий фенотип. При скрещивании гибридов F₁ между собой были получены следующие результаты в поколении F₂.

Глаза	Тело	Количество особей в поколении F ₂
красные	желтое	312
красные	черное	64
серые	желтое	52
серые	черное	107
Общее количество		535

(а) Используя принятые символы, укажите генотипы гибридов F₁, а также гибридов F₂, имеющих серые глаза и черное тело.

Гибриды F₁

Gg Bb

От одного родителя наследуется GB, а от другого – gb.

Гибриды F₂ с серыми глазами и черным телом

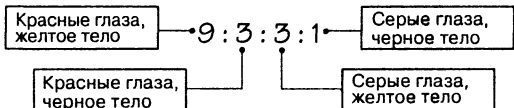
gg bb

Для проявления рецессивных признаков необходим гомозиготный генотип.

(б) Студент пользовался нулевой гипотезой, предполагающей, что данные гены не сцеплены.

1) Установим соотношение ожидаемых фенотипов гибридов F₂

т.е. гены расходятся независимо



2) Заполните таблицу данными об ожидаемой численности (O) и разницей между наблюдаемой и ожидаемой численностью (N – O).

Глаза	Тело	Наблюдаемое количество особей (N)	Ожидаемое количество особей (O)	N – O
красные	желтое	312	301	312 – 301 = 11
красные	черное	64	100	64 – 100 = –36
серые	желтое	52	100	52 – 100 = –48
серые	черное	107	33	107 – 33 = 74

= Общее количество (т.е. 535), разделенное на фракции например, $535 \times \frac{9}{16} = 301$ особь с красными глазами и желтым телом

Округленные значения

(в) 1) Используйте формулу

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

Вам не нужно пытаться вспомнить какие-либо формулы – просто подставьте числа и объясните полученный результат.

чтобы вычислить значение χ^2 . Приведите ваши вычисления.

Добавьте в таблицу две колонки:

Обратите внимание

(N – O) ²	(N – O) ² /O
121	0.40
1296	12.96
2304	23.04
5476	165.94

$\chi^2 = \dots 202.34 \dots$

2) Сколько степеней свободы имеется в данном случае? Объясните свой ответ.

3: количество степеней свободы

= количество возможных вариантов

(4, в данном случае) – 1, т.е. 4 – 1 = 3.

3) При данном числе степеней свободы величины χ^2 соответствуют следующим величинам P.

Величина P	0.99	0.95	0.05	0.01	0.001
Величина χ^2	0.115	0.352	7.815	11.34	16.27

Какие выводы можно сделать относительно сцепления аллелей g и b? Объясните свой ответ.

$\chi^2 = 193.21$

Согласно таблице, значение P меньше, чем 0.001, т.е. вероятность того, что данные гены не сцеплены, составляет менее 0.001. Таким образом, можно с высокой вероятностью (более 99.9%) утверждать, что гены g и b наследуются сцепленно.

Отрывки текста используются для **проверки понимания содержания** и **знания фактического материала**.

Пример 9

Прочитайте отрывок и ответьте на вопросы, приведенные после него.

Британские гематологи изучали возможности использования заменителя крови в процедурах переливания крови.

Заменитель по сути представляет собой раствор гемоглобина – мембраны эритроцитов удалены, так что проблем с несовместимостью крови не возникает. Этот продукт, разработанный в США, позволил преодолеть проблему, состоящую в том, что молекулы чистого гемоглобина склонны распадаться на две части и быстро выводиться из организма. Ученым удалось создать способ скрепления двух субъединиц, обеспечивающий нормальное функционирование гемоглобина и позволяющий проводить тепловую обработку с целью уничтожения вирусов.

Первоначально искусственная кровь разрабатывалась для применения в случае травм и повреждений, требующих восполнения объема жидкости в организме и обеспечения его кислородного снабжения. Однако новая идея состоит в том, чтобы использовать ее при лечении инсультов. Тесты на животных показали, что раствор гемоглобина может «обходить» сгустки крови и достигать тех частей мозга, снабжение которых было нарушено. Влияние инсульта на головной мозг включает развитие паралича и частичную потерю речи. Было показано, что эти процессы подавляются, если раствор был введен вскоре после инсульта.

Даже если испытания заменителя крови окажутся успешными, необходимость в донорах не отпадет, поскольку раствор гемоглобина получают из человеческой крови. Преимущества этого метода состоят в том, что искусственная кровь может храниться дольше, чем обычная – ее использование снизит объем потерь донорской крови из-за истечения срока хранения.

Полезно прочитать вопросы до того, как начинать изучение отрывка – в этом случае вы будете знать, на что стоит обратить внимание!

Припоминание фактов

Способность объяснить прочитанное

Понимание содержания

- (а) Донорская кровь имеет срок годности, связанный с тем, что эритроциты живут меньше, чем большинство других клеток в организме человека. Выскажите предположение, почему эритроциты имеют такой короткий срок жизни (связанное с их строением).

У эритроцитов отсутствует ядро – соответственно, у них не происходит белковый синтез (нет мРНК) и возможности восстановления клетки ограничены.

- (б) Объясните, почему заменитель крови может «достигать тех частей мозга, снабжение которых было нарушено».

Он не содержит клеток, поэтому имеет меньшую вязкость и легче обтекает препятствия.

- (в) Приведите два преимущества заменителя над натуральной кровью, помимо использования для лечения инсультов.

- 1) Снижается количество «просроченной» крови.
- 2) Нет необходимости в тщательном подборе группы крови донора.

- (г) Объясните роль гемоглобина в связывании, переносе и освобождении кислорода.

- Связывание происходит при высоком pO_2 и является кооперативным.
- «Плато» кривой ассоциации означает, что O_2 сохраняется в форме оксигемоглобина в артериях.
- Крутизна кривой связана с высокой степенью диссоциации оксигемоглобина в дышащих тканях.
- На процессы связывания и освобождения кислорода влияют такие факторы, как температура и pH (эффект Бора).

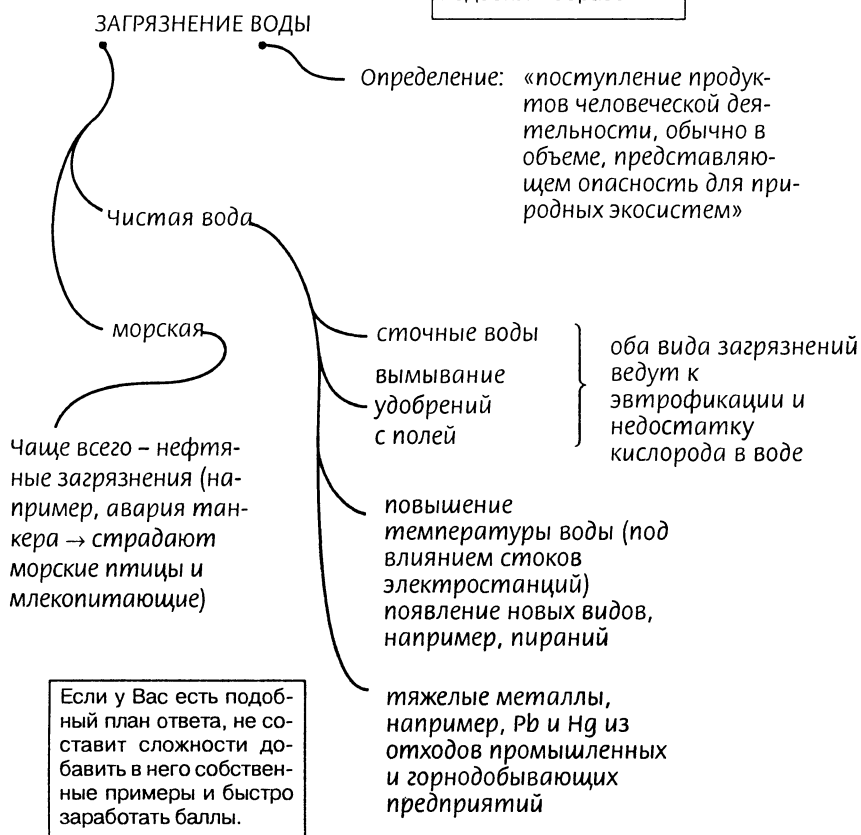
Почему бы не использовать в ответе **схему кривой диссоциации оксигемоглобина**?

Ключом для успешного составления **очерка (свободного изложения)** является **разбивка вопроса на части**.

Пример 10

Составьте очерк на тему о загрязнении водных ресурсов.

План может выглядеть подобным образом.



- Каждый пункт ответа должен содержать весомый факт – «лить воду» в данном случае недопустимо. Ваше личное мнение по вопросу может быть высказано в заключении.

- Текст ответа должен состоять из **развернутых предложений**: любые перечисления должны предваряться **пояснением**, например: «Сточные воды содержат ряд компонентов: органические отходы, воду, пыль и детергенты».

- Вы можете включить в ответ схемы и диаграммы, не забывая предварять их в тексте, например: «Приведенная ниже схема иллюстрирует механизм обратной связи, использующийся в регуляции уровня сахара в крови».

Хороший результат при ответе на вопросы такого типа обычно означает хороший результат экзамена в целом.

Вывод? Человек должен стараться эксплуатировать окружающую среду таким образом, чтобы не сделать ее непригодной для жизни других организмов.

Вопросы для самопроверки

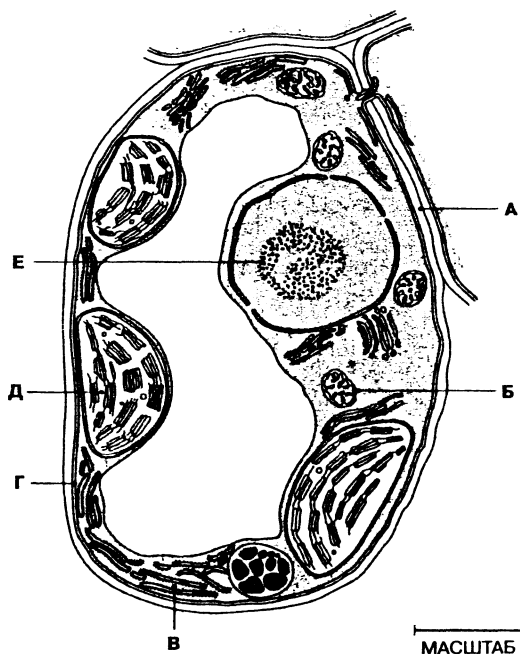
1. Таблица, приведенная ниже, содержит описание ряда органелл. Идентифицируйте эти органеллы.

Описание	Признак
Система мембран, осуществляющая упаковку белков в клетке	А
Содержит генетический материал клетки; окружается двойной мембраной	Б
Обычно имеет палочковидную форму, окружается двойной мембраной; внутренняя мембрана образует складки	В
Имеет почти сферическую форму, создает «гранулярность» многих клеточных мембран; иногда изолируется вместе с мРНК	Г
Дисковидная структура, окруженная двойной мембраной и содержащая стопки гран	Д

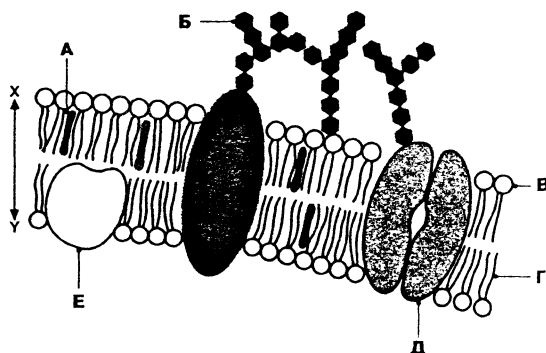
2. Заполните таблицу, сравнивая признаки эукариотической и прокариотической клетки. Если данный признак присутствует, используйте «+», если он отсутствует, используйте «-».

Признак	прокариотическая клетка	эукариотическая клетка
Ядерная оболочка		
Клеточная мембрана		
ДНК		
Мезосома		
Митохондрии		
Рибосомы		
Микротрубочки		

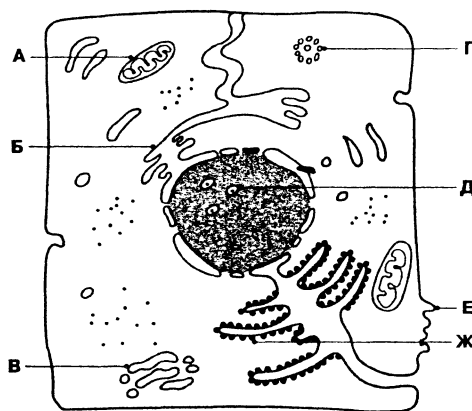
3. На рисунке показана типичная растительная клетка.
(а) Идентифицируйте структуры, обозначенные А–Е.
(б) Укажите предполагаемый масштаб изображения с точностью до 5 мкм.



4. На рисунке показан участок клеточной мембраны. Назовите компоненты, обозначенные А–Е. Какова длина отрезка XY?



5. На рисунке показаны некоторые структуры, имеющиеся в животной клетке:

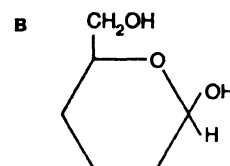
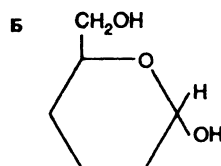
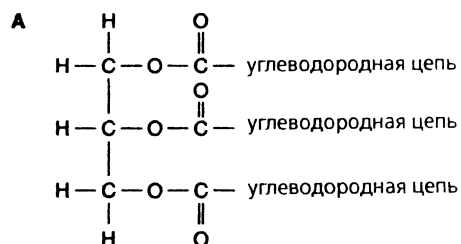


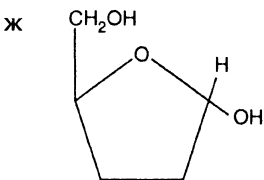
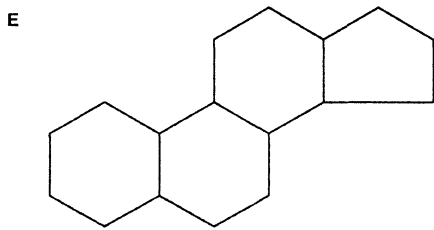
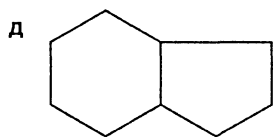
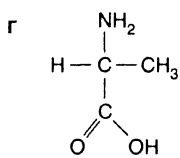
Какие из этих структур отвечают за:

- (а) производство липидов и стероидов
(б) выработку энергии
(в) производство гормонов и пищеварительных ферментов
(г) сборку веретена деления
(д) эндо- и экзоцитоз?

6. На рисунке показаны некоторые молекулы, обнаруживаемые в клетках.

(а) Подберите формулы, соответствующие следующим названиям:
триглицерид; α-глюкоза; β-глюкоза; аминокислота; пурин; стероид; рибоза.



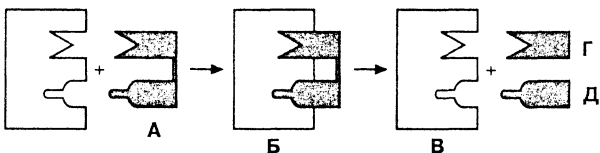


(б) Какие из этих молекул входят в состав:

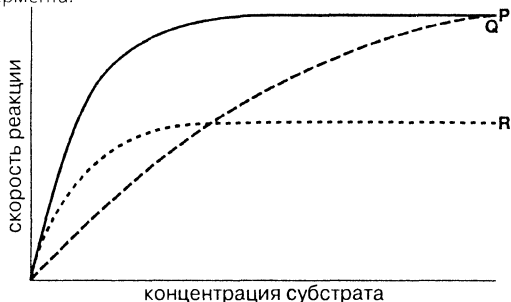
- 1) гликогена;
- 2) инсулина;
- 3) ДНК;
- 4) целлюлозы;
- 5) амилазы?

7. На схеме представлен один из возможных механизмов действия фермента. Определите, каким буквенным обозначениям соответствуют следующие названия:

каталаза;
кислород;
перекись водорода;
вода;
Ф-С комплекс.



8. График иллюстрирует влияние некоторых веществ на работу фермента.

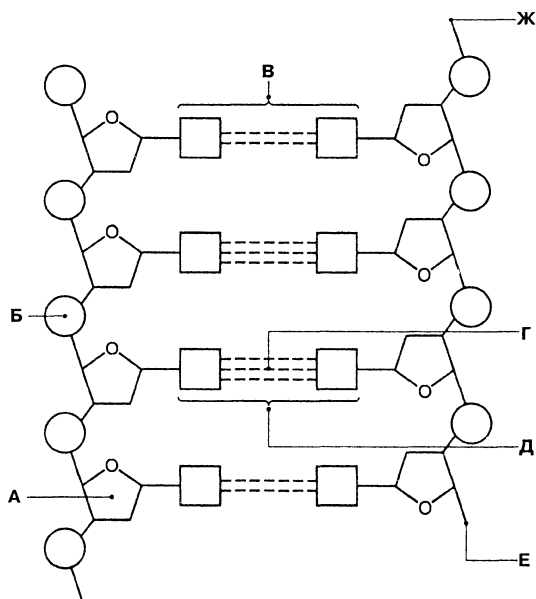


(а) Какой из приведенных вариантов соответствует трем линиям, показанным на графике?

	Фермент без ингибитора	Фермент + конкурентный ингибитор	Фермент + неконкурентный ингибитор
А	Р	Q	Р
Б	Р	Р	Q
В	Q	Р	Р
Г	Р	Р	Q
Д	Р	Q	Р

(б) Назовите: 1) фермент, его обычный субстрат и неконкурентный ингибитор;
2) фермент, его обычный субстрат и конкурентный ингибитор.

9. На схеме изображен участок важной биологической молекулы:



(а) назовите эту молекулу

(б) подберите определения к буквам на схеме:
пара оснований А-Т; пара оснований Г-Ц; водородная связь;
5'-конец; 3'-конец; дезоксирибоза; фосфат/пентоза.

10. Используя слова или словосочетания из приведенного списка, закончите отрывок о жизни на больших высотах. Каждый термин можно использовать один или несколько раз, но можно и не использовать.

адаптация; влажность; сердечный выброс; гипervентиляция; гипоксия; акклиматизация; лимфоциты; вправо; влево; температура; эритроциты; отек; солнечное излучение; кислород; диффузия

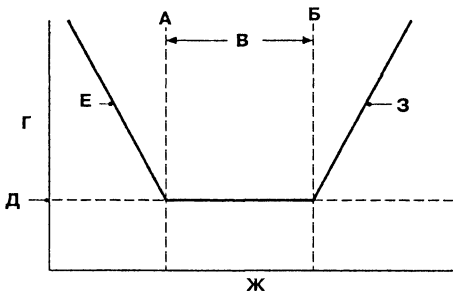
Существует несколько физиологических эффектов (низкого напряжения кислорода). К ним относится усиление образования, сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина и повышение (связанное с повышением частоты сокращений сердца). Быстрый подъем на большую высоту связан с возникновением опасного для жизни скопления жидкости в легких и мозге.

Условия окружающей среды на больших высотах характеризуются усилением (вредного для роговицы) и снижением и

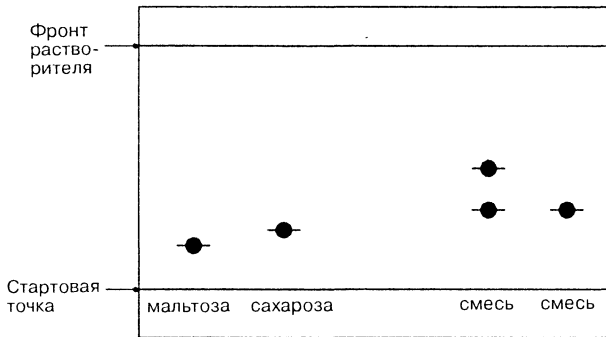
В условиях жизни на больших высотах приезжие часто демонстрируют, в то время как для местных жителей характерна

11. Рисунок иллюстрирует влияние температуры внешней среды на уровень метаболизма. Подберите термины, соответствующие обозначениям на рисунке:

нижняя критическая температура; верхняя критическая температура; температура окружающей среды; уровень метаболизма; основной обмен; термонейтральная зона; отрицательная обратная связь; положительная обратная связь



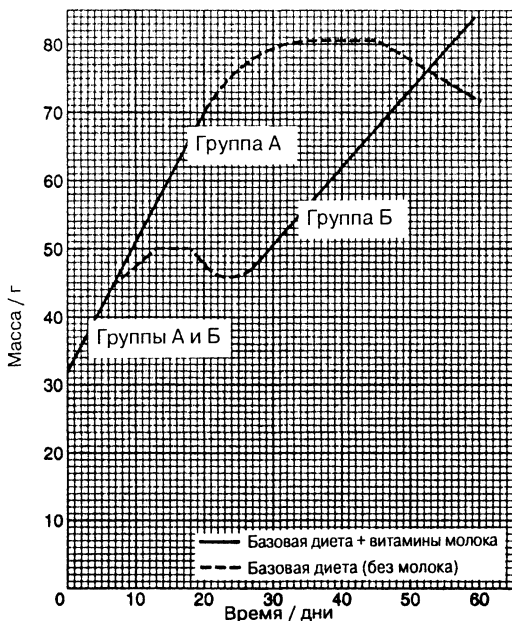
12. На рисунке показаны результаты эксперимента по перевариванию углеводов:



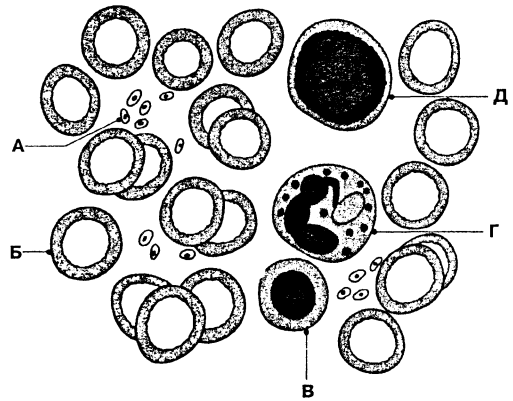
- Назовите метод, использованный в этом эксперименте.
- Назовите два компонента смеси А.
- Вычислите величину R_f для фруктозы в данном растворителе.
- Определите место секреции фермента, ответственного за данный процесс переваривания.
- Каково общее название реакций, в которых «крупные молекулы расщепляются на более мелкие с участием молекул воды»?

13. На графике показаны результаты эксперимента, в ходе которого две группы молодых крыс выращивались на базовой диете, которая для одной группы дополнялась молоком.

- Подсчитайте среднюю скорость роста крыс из группы А с 0-го по 20-й день. Приведите свои вычисления.
- Выскажите предположение, почему крысы из группы Б прибавляли в весе с 0-го по 10-й день, несмотря на отсутствие молока в корме.
- Подсчитайте общую массу группы А в процентах от общей массы группы Б на 30-й день. Приведите свои вычисления.



14. На рисунке показан мазок крови человека.
- Найдите определения, соответствующие буквам на рисунке: эритроцит; нейтрофил; тромбоцит; лимфоцит; моноцит.
 - Какая из обозначенных структур:
 - увеличивается в количестве у курильщиков;
 - может секретировать антитела;
 - содержит фермент карбоангидразу;
 - увеличивается в количестве в результате секреции эритропоэтина;
 - является наиболее вероятным исполнителем фагоцитоза?



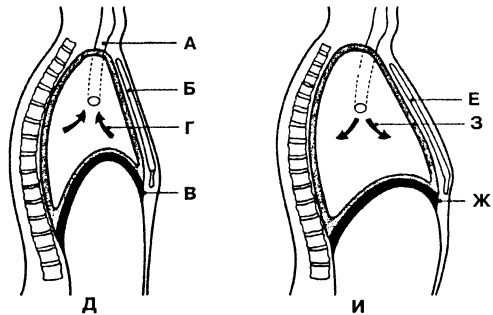
- увеличивается в количестве у курильщиков;
- может секретировать антитела;
- содержит фермент карбоангидразу;
- увеличивается в количестве в результате секреции эритропоэтина;
- является наиболее вероятным исполнителем фагоцитоза?

(в) В 1 мм^3 крови содержится 5 000 000 эритроцитов. Человек имеет в среднем около 5 дм^3 крови, при этом обновление всех эритроцитов происходит за 120 дней. Подсчитайте, сколько эритроцитов производится в организме здорового человека за 1 ч. Приведите свои расчеты.

15. На рисунке показаны дыхательные движения, происходящие в организме человека. Подберите соответствующие термины к обозначениям на рисунке:

вдох; выдох; трахея; сокращение наружных межреберных мышц; расслабление диафрагмы; сокращение диафрагмы; выдыхаемый воздух перемещается по градиенту давления, расслабление наружных межреберных мышц; вдыхаемый воздух поступает по градиенту давления

16. Подберите слова из приведенного списка, чтобы закончить текст, посвященный функциям крови. Каждое слово может использоваться несколько раз или не использоваться вообще.



белые кровяные клетки; глюкоза; мочевины; костный мозг; альбумин; гидрокарбонат; натрий; гемопоэз; кальций; тромбоциты; плазма; сыворотка; осмотический потенциал; красные кровяные клетки; стволовые клетки; гомеостаз

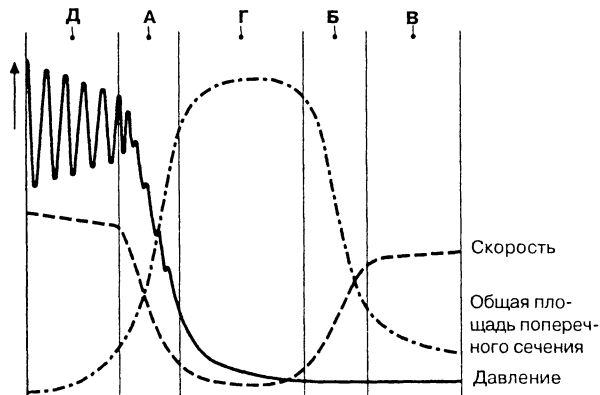
Кровь состоит из жидкости, называемой, и содержащихся в ней клеток, относящихся к нескольким типам. Среди них выделяют (эритроциты), (включая нейтрофилы) и, представляющие собой фрагменты клеток и участвующие в свертывании крови. Все эти типы развиваются из в ходе процесса, называемого и происходящего в

Вода является главным компонентом крови и может содержать растворенные ионы, включая (наиболее часто встречающийся катион), (еще один фактор, участвующий в свертывании крови) и (образуется главным образом из диоксида углерода, растворенного в воде). Плазма содержит также белки, включая фибриноген и, к функциям которых относится регуляция физических свойств крови, например, ее вязкости и Кровь, из которой удалены все клетки и фибриноген, называется

Кровь – это главная транспортная система организма. Например, транспортируется из печени в почки с целью экскреции, а в качестве источника энергии распределяется между клетками.

17. На графике отражены некоторые свойства различных частей кровеносной системы млекопитающих.

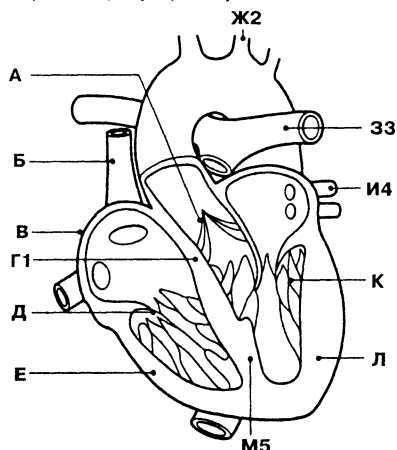
- (а) Определите, каким структурам соответствуют буквенные обозначения на рисунке:
артериола; капилляр; вена; артерия; венула
- (б) Используйте буквенные обозначения для идентификации структур, в которых:



- 1) наиболее отчетливо выявляется пульс;
- 2) вероятнее всего имеются клапаны;
- 3) стенки состоят в основном из эластических и мышечных волокон;
- 4) вероятнее всего происходит обмен растворенными веществами.

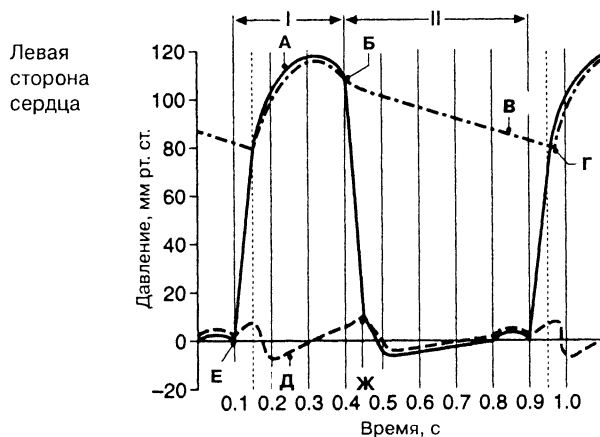
18. На рисунке показано сердце млекопитающих в разрезе:

- (а) Подберите буквенные обозначения на рисунке, соответствующие терминам из приведенного списка:
легочная артерия; верхняя полая вена; стенка правого предсердия; легочная вена; сухожильные нити; трехстворчатый клапан; клапан аорты; стенка правого желудочка; межжелудочковая перегородка; сонная артерия; стенка левого желудочка; атриовентрикулярный узел



- (б) Используя цифры на рисунке, идентифицируйте:
- 1) расположение пучка Гиса;
 - 2) местонахождение рецепторов кровяного давления;
 - 3) сосуды, транспортирующие дезоксигенированную кровь в легкие;
 - 4) структуру, воспринимающую электрические импульсы, поступающие из предсердий;
 - 5) сосуды, транспортирующие оксигенированную кровь.

19. На графике представлены изменения давления в левой половине сердца на протяжении сердечного цикла:



- (а) Подберите обозначения на графике, соответствующие терминам из следующего списка:

клапан аорты открывается; изменение давления в левом желудочке; изменение давления в левом предсердии; двустворчатый клапан открывается; двустворчатый клапан закрывается; изменение давления в аорте; клапан аорты закрывается

- (б) Какими были бы показатели кровяного давления у данного пациента?
- (в) Подсчитайте пульс (частоту сердцебиения) данного пациента. Приведите ваши вычисления.
- (г) Максимум систолического давления в левом желудочке примерно в пять раз выше, чем в правом. Вычислите максимум систолического давления в правом желудочке. Объясните, почему эти величины различаются.

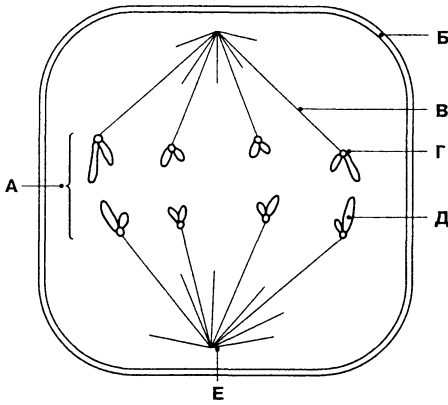
20. Используя слова из приведенного списка, закончите текст о клеточном делении:

полюс; клеточная стенка; интерфаза; цитокинез; хроматиды; ядрышко; ядро; телофаза; метафаза; центромера; веретено

Репликация ДНК происходит во время периода клеточного цикла, называемого и иногда ошибочно считающегося «фазой покоя». В начале профазы хромосомы начинают укорачиваться и углощаться – в результате их можно видеть как парные структуры, состоящие из двух идентичных, соединенных в области Ядерная мембрана и разбираются, в клетке образуется Во время хромосомы выстраиваются на экваторе клетки, и каждая из них присоединяется к своими Во время анафазы две хроматиды каждой хромосомы расходятся к разным В заключительной фазе в результате разделения цитоплазмы, называемого, формируются две дочерние клетки.

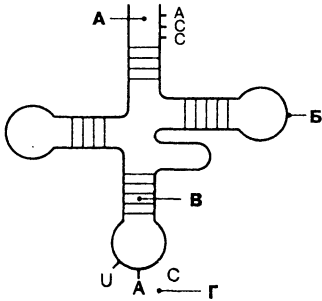
21. Используя слова из приведенного списка, назовите структуры, обозначенные на схеме:

организатор веретена; хроматида; центромера; ядерная мембрана; нить веретена; хромосома; клеточная стенка



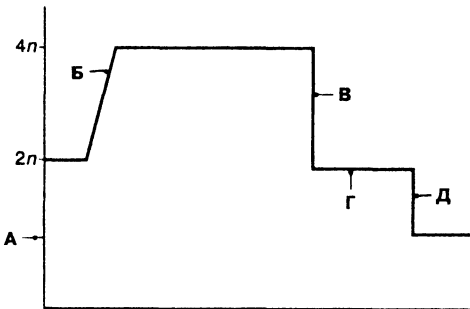
22. Используя слова из приведенного списка, назовите структуры, обозначенные на схеме:

антикодон; водородные связи; неспаренные участки; участок присоединения аминокислоты



23. (а) Диаграмма отражает содержание ДНК в клетке во время мейоза. Используя слова из приведенного списка, назовите стадии, обозначенные на диаграмме:

репликация ДНК; расхождение гомологичных хромосом; расхождение хроматид; гаплоид; цитокинез



(б) Приведите две причины, по которым этот процесс можно считать важным этапом жизненного цикла.

24. Используйте слова из списка, чтобы закончить текст:

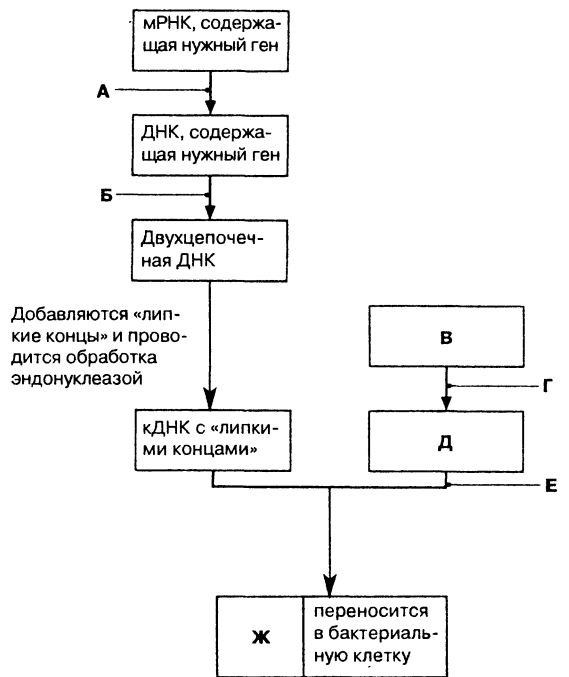
полиплоидия; анеуплоидия; X; Y; генный; кроссинговер, слияние; Даун; мутация; распределение

Любое изменение в структуре или количестве ДНК в клетке называется Изменение в единичном локусе хромосомы называется мутацией – среди примеров можно назвать кистозный фиброз и серповидно-клеточную анемию. Потеря или приобретение целой хромосомы называется – важными примерами являются синдром (лишняя 21-я хромосома) и синдром Клайнфельтера (лишняя хромосома у мужчин). Наличие дополнительного набора хромосом, или, распространено среди растений, включая культурные сорта пшеницы.

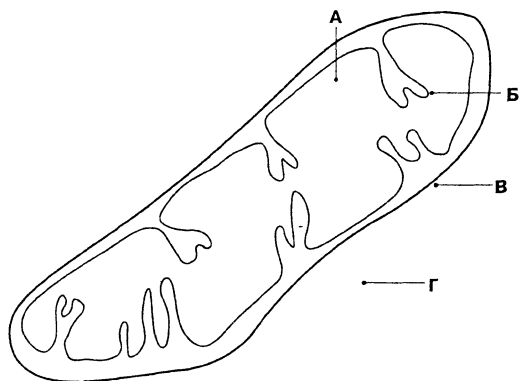
Все возникающие изменения ДНК могут быть «перемешаны» благодаря свободному в процессе образования гамет, во время мейоза и случайному во время образования зиготы.

25. На диаграмме показаны стадии формирования участка рекомбинантной ДНК. Подберите термины из приведенного списка, соответствующие буквенным обозначениям:

ДНК-полимераза; плазмиды; плазмиды с «липкими концами»; ДНК-лигаза; рестриктаза; рекомбинантная ДНК; обратная транскриптаза



26. На схеме показана одиночная митохондрия:

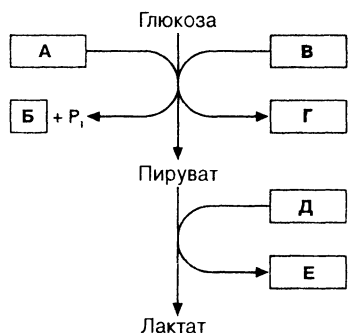


(а) Подберите определения из приведенного списка к обозначениям на схеме:

гликолиз; цикл Кребса; транспорт электронов; транспорт пирувата

(б) Реакция, схема которой приведена ниже, происходит в отсутствие молекулярного кислорода. Подберите термины, соответствующие буквенным обозначениям на схеме:

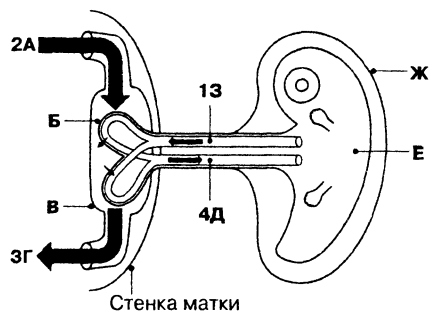
NAD; ATP; ADP; спирт; диоксид углерода; лактат; NADH₂



(в) Как называется объем кислорода, необходимый для окисления лактата, образующегося в процессе анаэробного дыхания?

27. (а) Подберите подходящие определения к буквенным обозначениям на рисунке:

пупочная артерия; плацента; эмбрион; маточная артерия; маточная вена; пупочная вена; амнион; ворсинки хориона



(б) Какая из пронумерованных структур:

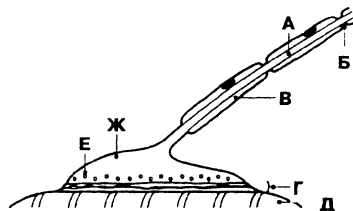
- 1) транспортирует глюкозу из кровеносной системы матери;
- 2) переносит кровь плода, обедненную кислородом;
- 3) может транспортировать монооксид углерода к плоду;
- 4) имеет самую высокую концентрацию мочевины?

(в) Процедура амниоцентеза включает получение образца амниотической жидкости и клеток плода. Эти клетки могут культивироваться и использоваться для выполнения различных биохимических анализов.

- 1) Назовите одно из хромосомных нарушений, которые могут быть выявлены с помощью этого метода.
- 2) Назовите одну из генных мутаций, которые могут быть обнаружены с помощью данного метода.
- 3) Назовите один из диагностических белков, которые могут быть выявлены с помощью данного метода.

28. (а) Определите названия участков, обозначенных на рисунке:

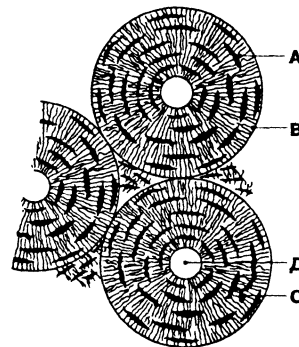
нейромедиатор; концевая пластинка; дендрит; аксон; нервно-мышечное соединение; мышечное волокно; перехват Ранвье; тело клетки; миелиновая оболочка



(б) Какой вид нейромедиатора чаще всего присутствует в подобных структурах?

29. (а) Подберите термины из списка к буквенным обозначениям на рисунке:

Гаверсов канал; лакуна; пластинка; каналец

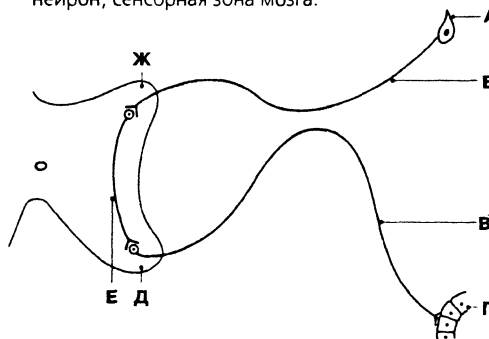


(б) назовите:

- 1) два минерала, наиболее распространенных в данной структуре;
- 2) наиболее распространенный белок в этой структуре.

30. (а) Подберите соответствующие определения к буквенным обозначениям на схеме:

двигательная зона мозга; сенсорный нейрон; хеморецептор; подчелюстная железа; двигательный нейрон; вставочный нейрон; сенсорная зона мозга.



(б) Назовите три предполагаемые функции продукта, секретлируемого структурой Г.

(в) Используя слова из приведенного списка, закончите отрывок текста об эндокринном контроле. Каждое слово можно использовать несколько раз или не использовать вообще.

альдостерон; инсулин; АДГ; молекулы; экзокринный; мишень; адреналин; циклический АМР; эндокринный; рецепторы; эстроген; лимфа; вторичный мессенджер; кровь

Гормоны – это, которые вырабатываются органами и транспортируются к месту своего действия с Когда они достигают органа –, их присутствие обнаруживается на поверхности его клеток. Некоторые гормоны, например,, проникают в клетку и влияют непосредственно на активность генов. Другие, например,, остаются вне клетки и влияют на ее функции через, такие как Два гормона, и, регулируют работу почек.

31. Ниже приведен список важных экологических понятий. Подберите к терминам соответствующие определения:

ТЕРМИНЫ	А	Биомасса
	Б	Сообщество
	В	Абиотический
	Г	Популяция
	Д	Квадрат
	Е	Ниша
	Ж	Трансекта
	З	Экосистема
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	1	приспособление, используемое для сбора образцов в полевых условиях
	2	роль организма в сообществе
	3	совокупность живых организмов на данной территории
	4	количество органических веществ на единицу площади
	5	общая численность отдельного вида на определенной территории
	6	факторы неживой природы (например, температура), влияющие на распределение живых организмов
	7	живые организмы вместе с неживой окружающей средой
	8	средство для изучения изменений в распределении биотических и абиотических компонентов сообщества на определенной территории.

32. Выберите наиболее подходящие термины из списка, чтобы закончить приведенный отрывок текста:
климаксное; травоядное; популяция; экология; ареал; экосистема; сукцессия; эволюция; сообщество

..... – это изучение взаимоотношений живых организмов между собой и с окружающей средой. Живой компонент и неживые факторы среды вместе образуют.....

Поле – это пример, который может занимать нескольких видов травоядных насекомых. Эти виды могут служить добычей для одного вида пауков. Изменение природных условий может привести к освоению поля другими видами растений и насекомых, а следовательно, и к появлению новых хищников. Этот постепенный процесс называется, а его конечная точка обозначается как сообщество.

33. Используйте термины из приведенного списка, чтобы заполнить таблицу, посвященную процессу кругооборота азота:

глюкоза; нитрат; азот; диоксид углерода; аминирование; мальтоза; фотосинтез; дыхание; нитрит; диоксид углерода

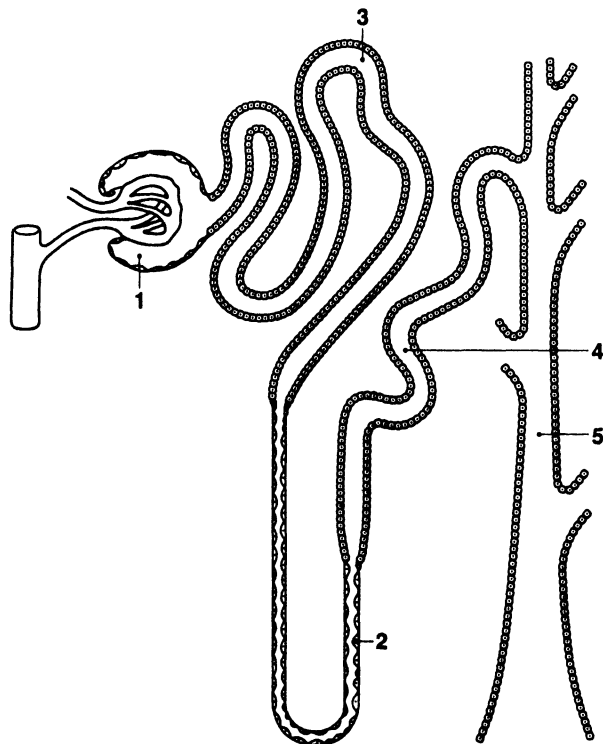
Процесс	Субстрат	Продукт
Нитрификация		Нитрат
Фиксация азота	Азот	
Денитрификация		
	Диоксид углерода	
	Глюкоза	
	Аминогруппы	Аминокислоты
Гниение	Крахмал	

34. Используя слова из приведенного списка, закончите отрывок текста. Каждое слово можно использовать несколько раз или не использовать вообще.

гистамин; В-лимфоцит; Т-лимфоциты; цитокины; Т-хелпер; антитела; клеточный; макрофаг; антиген; гуморальный; цитотоксическая Т-клетка

Организм млекопитающего защищен иммунной системой. Существует два типа иммунного ответа: ответ связан с действием белковых молекул –, которые вырабатываются клетками плазмы; ответ контролируется целым спектром Плазматические клетки представляют собой один из типов, которые активируются другими клетками –, презентующими фрагмент чужеродного агента. Плазматические клетки секретируют, которые могут удалить чужеродный несколькими путями, включая агглютинацию и преципитацию. Клеточный ответ включает ряд взаимодействий, контролируемых специфическими веществами – Эти химические соединения выделяются клетками, которые могут «инструировать», уничтожающие клетки организма, пораженные вирусом или бактериями.

35. На рисунке показано строение нефрона млекопитающего:



- (а) Определите, какой из обозначенных участков является:
- 1) местом ультрафильтрации;
 - 2) особенно чувствительным к АДГ;
 - 3) основным местом реабсорбции глюкозы и аминокислот;
 - 4) ответственным за поддержание рН крови.
- (б) Какой из обозначенных участков имеет увеличенную длину у пустынных млекопитающих? Поясните свой ответ.

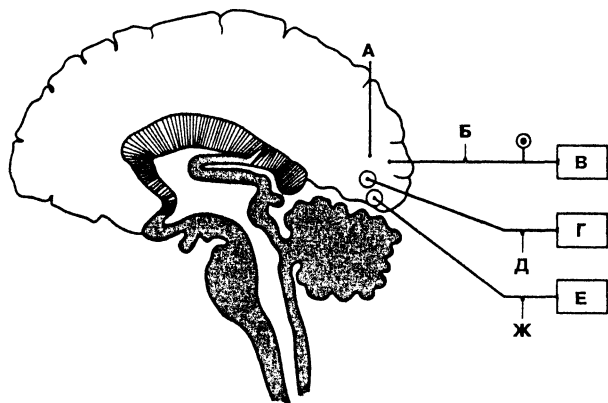
36. Используя слова или выражения из приведенного списка, закончите отрывок текста. Каждый термин можно использовать несколько раз или не использовать вообще.

аммиак; растворимый; путем диффузии; в растворе; нерастворимое; токсично; сохранение воды; мочевины; мочевая кислота; как преципитат

У большинства водных животных азотистые экскреты представлены; это хорошо в воде вещество. Оно также сильно, поэтому на его разбавление затрачивается много воды. Млекопитающие экскретируют – это вещество хорошо растворимо и может выводиться вместе с мочой. Большинство насекомых сталкиваются с, поэтому они экскретируют – это вещество, которое не требует существенных затрат воды.

37. На рисунке показаны структуры, участвующие в зрачковом рефлексе. Подберите термины из приведенного списка, соответствующие обозначениям на рисунке:

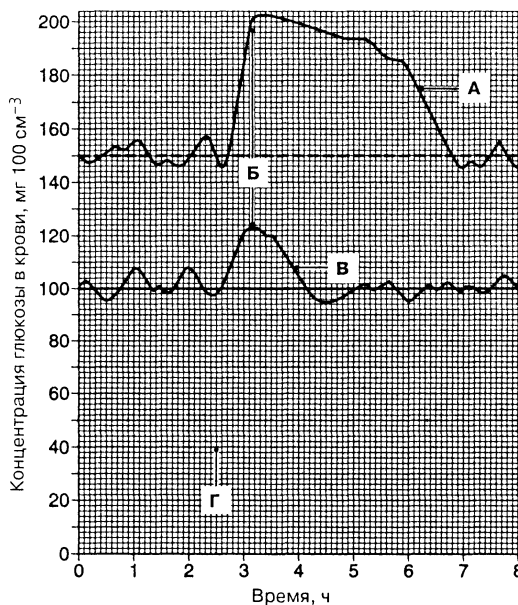
сенсорный нейрон; сетчатка; тормозный нейрон; возбуждающий нейрон; кольцевая мышца зрачка; зрительный



- центр; радиальная мышца зрачка
- (а) Каково значение этого рефлекса?
- (б) Объясните, в чем отличие этого примера от условного рефлекса.

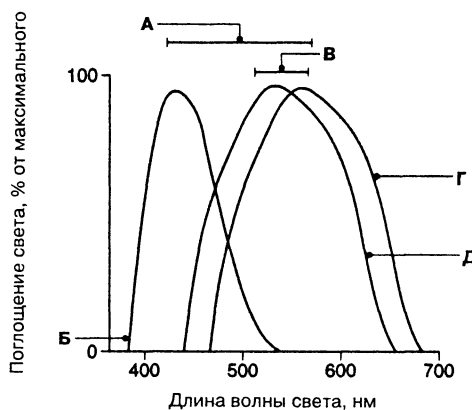
38. Приведенные графики получены в ходе определения толерантности к глюкозе у двух пациентов. Подберите соответствующие термины к обозначениям на графике:

пациент с диабетом; инъекция глюкозы; секреция инсулина



усилилась; пациент без диабета

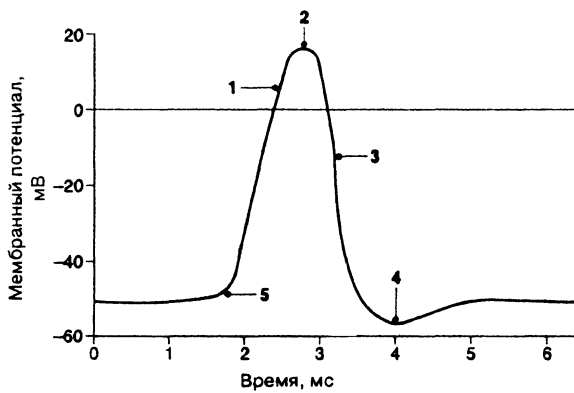
- (а) Приведите два различия в ответных реакциях двух пациентов.
- (б) Подсчитайте максимальное увеличение (в %) концентрации глюкозы в крови после инъекции глюкозы у пациента с диабетом. Приведите свои расчеты.
- (в) Опишите различия в причинах и методах лечения диабета I и II типа.



39. График описывает поглощение света тремя типами клеток:
- (а) Где именно обнаруживаются эти типы клеток?
- (б) Подберите определения из приведенного списка к обозначениям на графике:
- восприятие оранжевого цвета; красные палочки; синие палочки; восприятие белого цвета; зеленые палочки
- (в) Одно из нарушений цветового зрения связано с наследованием мутантного аллеля, сцепленного с полом. Что имеется в виду под сцеплением с полом?
40. График отражает изменение мембранного потенциала нервной клетки, связанное с возникновением потенциала действия.

Определите, какие цифры на графике соответствуют следующим определениям:

- (а) точка, в которой открыты натриевые каналы;
- (б) точка, в которой открыты калиевые каналы;
- (в) период максимального проникновения ионов натрия;
- (г) период начала работы Na–K помпы;
- (д) период максимального выхода ионов калия.



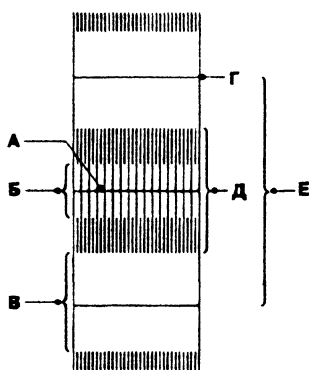
41. В таблице приведены основные черты различных скелетных систем. Заполните таблицу, используя термины из следующего списка. Каждый термин можно использовать несколько раз или не использовать вообще.

божья коровка; содержит хитин; земляной червь; мышечный мешок, заполненный жидкостью; круглый червь; кошка; экзоскелет; эндоскелет; моллюск; хордовые

Тип скелета	Краткое описание	Тип, у которого встречается данная скелетная система	Пример организма
гидростатический			
	внутренний скелет из костей и/или хрящей		
		членистоногие	

42. Используя список терминов, идентифицируйте участки структуры, изображенной на рисунке:

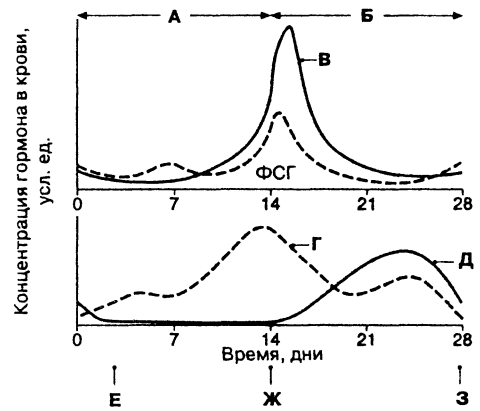
диск I; зона H; линия M; линия Z; саркомер; диск A



43. На графике показаны изменения концентраций гормонов в крови на протяжении менструального цикла.

(а) Подберите термины, соответствующие буквенным обозначениям на графике:

эстроген; овуляция; восстановление эндометрия; лютеинизирующий гормон; менструация; лютеальная фаза; прогестерон; овариальная фаза



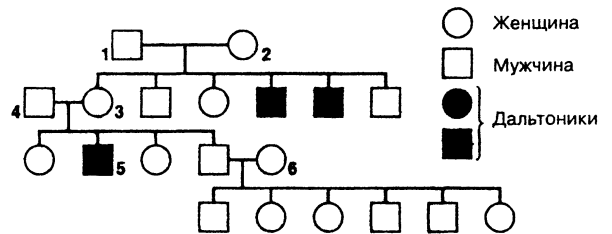
(б) Объясните, на чем основано действие противозачаточных таблеток.

(в) Приведите и объясните два различия между мужскими и женскими гаметами.

44. На схеме показана родословная дальтоника, не различающего зеленый и красный цвета. Это нарушение наследуется сцепленно с X-хромосомой – существует пять вариантов генотипа:

R – доминантный нормальный генотип; r – рецессивный дефектный.

Существует три варианта фенотипа: переносчик, нормальный, дальтоник.



Используя родословную, определите генотипы и фенотипы индивидуумов, обозначенных 1–6. Представьте результаты в виде таблицы:

	Генотип	Фенотип
1		
2		
3		
4		
5		
6		

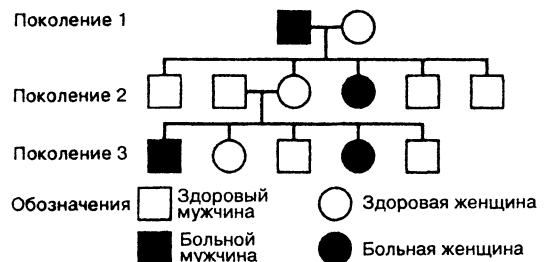
45. На схеме отражено наследование заболевания, называемого кистозным фиброзом.

(а) Является ли наследование сцепленным с полом? Поясните свой ответ.

(б) Является ли дефектный ген доминантным или рецессивным? Поясните свой ответ.

(в) Почему таким больным часто назначают антибиотики?

(г) Предположите, почему у больных кистозным фиброзом часто нарушено переваривание жиров.



Ответы на вопросы

- A** = аппарат Гольджи; **B** = ядро; **B** = митохондрия; **Г** = рибосома; **Д** = хлоропласт.
- Прокариотическая: - + + + - + -
Эукариотическая: + + + - + + +
- (а) **A** = целлюлозная клеточная стенка; **B** = митохондрия; **B** = гранулярный эндоплазматический ретикулум; **Г** = плазматическая мембрана; **Д** = хлоропласт; **Е** = ядрышко;
(б) 10 мкм.
- A** = холестерол; **B** = гликокаликс; **B** = гидрофильная головка фосфолипида; **Г** = гидрофобный хвост фосфолипида, **Д** = трансмембранный белок; **Е** = внутренний белок.
 $XY = 8 \text{ нм}$.
- (а) **B** (б) **A** (в) **Ж** (г) **Г** (д) **Е**.
- (а) **A** = триглицерид; **B** = α -глюкоза; **B** = β -глюкоза; **Г** = аминокислота; **Д** = пурин; **Е** = стероид;
(б) 1) **B**; 2) **Г**; 3) **Д**; 4) **B**; 5) **Г**.
- A** = перекись водорода; **B** = Ф-С-комплекс; **B** = каталаза; **Г/Д** = кислород/вода.
- (а) **A**;
(б) 1) сукцинатдегидрогеназа/сукцинат/фумарат;
2) цитохромоксидаза/ионы водорода – кислород/ион цианида.
- (а) ДНК;
(б) **A** = дезоксирибоза; **B** = фосфат; **B** = пара оснований А-Г; **Г** = водородная связь; **Д** = пара оснований Г-Ц; **Е** = 5'-конец; **Ж** = 3'-конец.
- Гипоксия; эритроциты; влево; сердечный выброс; отек; солнечное излучение; кислород/температура; акклиматизация; адаптация.
- A** = нижняя критическая температура; **B** = верхняя критическая температура; **B** = термонейтральная зона; **Г** = уровень метаболизма; **Д** = основной обмен; **Е** = отрицательная обратная связь; **Ж** = температура окружающей среды; **З** = положительная обратная связь.
- (а) Хроматография;
(б) Глюкоза и фруктоза;
(в) 0.5;
(г) Поверхность клеток кишечного эпителия;
(д) Гидролиз.
- (а) $(70-32)/20 = 1.9 \text{ г в день}$;
(б) Витамины, транспортирующиеся через плаценту, запасаются в организме (печени);
(в) Различие в массе = $80 - 50.5 = 29.5$;
Процентная разница = $29.5/50.5 \times 100 = 58\%$.
- (а) **A** = тромбоцит; **B** = эритроцит; **B** = лимфоцит; **Г** = нейтрофил; **Д** = моноцит;
(б) 1) **A**/тромбоцит;
2) **B**/лимфоцит;
3) **B**/эритроцит;
4) **B**/эритроцит;
5) **Г**/нейтрофил;
(в) $5\,000\,000 = 5 \times 10^6$. В 5 дм^3 содержится $5 \times 10^3 \text{ мм}^3$. Следовательно, в организме человека содержится около $5 \times 10^6 \times 5 \times 10^3$ эритроцитов.
 $120 \text{ дней} = 120 \times 24 \text{ часов}$; следовательно, скорость обновления эритроцитов составляет $5 \times 10^6 \times 5 \times 10^3 / 120 \times 24 \text{ в час} = 8.68 \times 10^7 \text{ клеток в час}$.
- A** = трахея; **B** = расслабление наружных межреберных мышц; **B** = расслабление диафрагмы; **Г** = выдыхаемый воздух

перемещается по градиенту давления; **Д** = выдох; **Е** = сокращение наружных межреберных мышц; **Ж** = сокращение диафрагмы; **З** = вдыхаемый воздух поступает по градиенту давления; **И** = вдох.

- Плазма; красные кровяные клетки; белые клетки; тромбоциты; стволовые клетки; гемопоэз; костный мозг; натрий; кальций; гидрокарбонат; альбумин; осмотический потенциал; сыворотка; мочевины; глюкоза.
- (а) **A** = артериола; **B** = венула; **B** = вена; **Г** = капилляр; **Д** = артерия;
(б) 1) **Д**; 2) **B**; 3) **Д**; 4) **Г**.
- (а) **A** = клапан аорты; **B** = верхняя полая вена; **B** = стенка правого предсердия; **Г** = а.-в. узел; **Д** = трехстворчатый клапан; **Е** = стенка правого желудочка; **Ж** = сонная артерия; **З** = легочная артерия; **И** = легочная вена; **К** = сухожильные нити; **Л** = стенка левого желудочка; **М** = межжелудочковая перегородка;
(б) 1) **5**; 2) **3**; 3) **4**; 1) **5**; 4) **1**; 5) **4**.
- (а) **A** = изменение давления в левом желудочке; **B** = клапан аорты закрывается; **B** = изменение давления в аорте; **Г** = клапан аорты открывается; **Д** = изменение давления в левом предсердии; **Е** = двустворчатый клапан открывается; **Ж** = двустворчатый клапан закрывается;
(б) $118/80 \text{ мм рт. ст.}$;
(в) 1 полный сердечный цикл занимает $(0.9-0.1) \text{ с} = 0.8 \text{ с}$;
Количество сокращений в минуту = $60/0.8 = 72$;
(г) $118/5 = 23.6 \text{ мм рт. ст.}$; в правом желудочке должно развиваться давление, достаточное для продвижения крови к легким, в то же время в левом желудочке давление должно быть достаточным для продвижения крови по всему организму (по большому кругу).
- Интерфаза; хроматиды; центромера; ядрышко; веретено; метафаза; веретено; центромера; полюс; цитокинез.
- A** = хромосома; **B** = клеточная стенка; **B** = нить веретена; **Г** = центромера; **Д** = хроматида; **Е** = организатор веретена.
- A** = участок присоединения аминокислоты; **B** = неспаренные участки; **B** = водородные связи; **Г** = антикодон.
- (а) **A** = гаплоид; **B** = репликация ДНК; **B** = расхождение гомологичных хромосом; **Г** = расхождение хроматид; **Д** = цитокинез;
(б) Восстановление диплоидного набора в результате оплодотворения; изменчивость в процессе формирования гамет.
- Мутация; генная; анеуплоидия; Дауна; X; полиплоидия; расхождение; кроссинговер; слияние
- A** = обратная транскриптаза; **B** = ДНК-полимераза; **B** = плаزمид; **Г** = рестриктаза; **Д** = плазмид с «липкими концами»; **Е** = ДНК-лигаза; **Ж** = рекомбинантная ДНК.
- (а) **A** = цикл Кребса; **B** = транспорт электронов; **B** = транспорт пирувата; **Г** = гликолиз
(б) **A** = АТФ; **B** = АДФ; **B** = NAD; **Г** = NADH_2 ; **Д** = NADH_2 ; **Е** = NAD.
(в) Кислородная задолженность.
- (а) **A** = маточная артерия; **B** = ворсинки хориона; **B** = плацента; **Г** = маточная вена; **Д** = пупочная вена; **Е** = эмбрион; **Ж** = амнион; **З** = пупочная артерия.
(б) 1) 2/маточная артерия; 2) 1/пупочная артерия;
3) 2/маточная артерия; 4) 1/пупочная артерия;
(в) 1) Синдром Дауна;
2) Кистозный фиброз;
3) Альфа-1-антитрипсин.
- (а) **A** = аксон; **B** = перехват Ранвье; **B** = миелиновая оболочка; **Г** = нервномышечное соединение; **Д** = мышечное волокно; **Е** = нейромедиатор; **Ж** = концевая пластинка.

- (б) 1) 2/маточная артерия; 2) 1/пупочная артерия;
3) 2/маточная артерия; 4) 1/пупочная артерия;
- (в) 1) Синдром Дауна;
2) Кистозный фиброз;
3) Альфа-1-антитрипсин.
28. (а) А = аксон; Б = перехват Ранвье; В = миелиновая оболочка; Г = нервномышечное соединение; Д = мышечное волокно; Е = нейромедиатор; Ж = концевая пластинка;
(б) Ацетилхолин.
29. (а) А = лакуна; Б = каналец; В = пластинка; Г = Гаверсов канал;
(б) 1) Кальций и фосфат;
2) Коллаген.
30. (а) А = хеморецептор; Б = сенсорный нейрон; В = двигательный нейрон; Г = подчелюстная железа; Д = двигательная зона мозга; Е = вставочный нейрон; Ж = сенсорная зона мозга;
(б) Смазка пищи (слизь); оптимальный рН для активности амилазы; нейтрализация кислой пищи (гидрокарбонат натрия);
(в) Молекулы; эндокринный; кровь; мишень; рецепторы; эстроген; адреналин; вторичный мессенджер; циклический АМР; альдостерон/АДГ; АДГ/альдостерон.

31. А – 4; Б – 3; В – 6; Г – 5; Д – 1; Е – 2; Ж – 8; З – 7.

32. Экология; экосистема; ареал; сообщество; популяция; сукцессия; климаксное.
33. нитрит; нитрат; нитрат; азот; фотосинтез; глюкоза; дыхание; диоксид углерода; аминирование; глюкоза.
34. гуморальный; антитела; клеточный; Т-лимфоциты; В-лимфоцит; макрофаг; антитела; антиген; цитокины; Т-хелпер; цитотоксическая Т-клетка.
35. (а) 1) 1; 2) 5; 3) 3; 4) 4;
(б) 2 (петля Генле) – имеет очень большую длину, благодаря чему в мозговом веществе создается высокая концентрация растворенных веществ; это способствует реабсорбции воды из собирательной трубки. Для животных, обитающих в засушливых условиях, это имеет жизненно важное значение.
36. Аммиак; растворимый; токсично; мочевины; в растворе; сохранение воды; мочевины; мочевины; нерастворимое.
37. А = зрительный центр; Б = сенсорный нейрон; В = сетчатка; Г = кольцевая мышца зрачка; Д = возбуждающий нейрон; Е = радиальная мышца зрачка; Ж = тормозный нейрон (Г/Д и Е/Ж можно поменять местами);
(а) Предотвращает выцветание сетчатки, приводящее к потере зрения;
(б) В условном рефлексе задействован стимул, не связанный непосредственно с выживанием организма.
38. А = пациент с диабетом; Б = секреция инсулина усилилась; В = пациент без диабета; Г = инъекция глюкозы;
(а) Различия в высоте пика концентрации глюкозы и его продолжительности;
(б) $(202 - 146) = 56; 56 / 146 \times 100 = 38\%$;
(в)

	Причина	Лечение
Тип I	Недостаточная секреция инсулина	Инъекция инсулина
Тип II	Нечувствительность печени к инсулину	Контроль содержания глюкозы/жира в пище

39. (а) В сетчатке;
(б) А = восприятие белого цвета; Б = синие палочки; В = вос-

приятие оранжевого цвета; Г = зеленые палочки; Д = красные палочки;

- (в) Причиной заболевания является ген, находящийся в одной из половых хромосом (обычно в X-хромосоме).

40. (а) 1; (б) 2; (в) 1; (г) 4; (д) 3.

41. Мышечный мешок, заполненный жидкостью; круглый червь; земляной червь; эндоскелет; хордовые; кошка; экзоскелет; содержит хитин; божья коровка.
42. А = линия М; Б = зона Н; В = диск I; Г = линия Z; Д = диск А.
43. (а) А = овариальная фаза; Б = лютеальная фаза; В = лютеинизирующий гормон; Г = эстроген; Д = прогестерон; Е = восстановление эндометрия; Ж = овуляция; З = менструация;
(б) Прогестерон ингибирует ФСГ по принципу обратной связи и таким образом предотвращает овуляцию, а следовательно и зачатие;
(в)

Отличие	Причина
Мужская гамета намного меньше в размере	Большее количество цитоплазмы в женской гамете обеспечивает запас питательных веществ для первоначального развития эмбриона
Мужская гамета имеет жгутик	Мужские гаметы должны двигаться, чтобы достичь женской гаметы

44.

	Генотип	Фенотип
1	X ^R Y	нормальный (мужчина)
2	X ^R X ^r	переносчик (женщина)
3	X ^r X ^r	переносчик (женщина)
4	X ^R Y	нормальный (мужчина)
5	X ^R Y	дальтоник (мужчина)
6	X ^R X ^r или X ^R X ^R	нормальный/переносчик (женщина)

45. (а) Маловероятно – заболевание встречается с похожей частотой у мужчин и у женщин;
(б) Рецессивный – у «нормальных» родителей из поколения 2 появляется ребенок с кистозным фиброзом (поколение 3);
(в) Плотная слизь в легких инфицируется бактериями – антибиотики контролируют их размножение;
(г) Проток поджелудочной железы заблокирован плотной слизью – в результате ограничивается выделение липазы.

Использование оптического микроскопа

ПОДГОТОВКА ПРЕПАРАТОВ

сохраняет материал в состоянии, близком к естественному, с минимальным искажением

ФИКСАЦИЯ

удаляет остатки влаги из фиксированного материала

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ

удаляет обезвоживающие агенты, в результате материал становится прозрачным

ПРОМЫВКА

закрепляет материал, позволяя проводить резку

ЗАЛИВКА

полученные срезы имеют достаточно малую толщину, чтобы пропускать свет

РЕЗКА

повышает контраст между различными структурами (большинство биологических объектов прозрачно)

ОКРАШИВАНИЕ

защищает препараты, позволяя сохранять их в течение долгого времени

МОНТИРОВКА

УВЕЛИЧЕНИЕ И РАЗРЕШЕНИЕ

увеличивает размер изображения, но не делает его более детальным
зависит от «мощности» линз
степень увеличения = размер изображения / размер объекта

способность различать близко расположенные объекты, т.е. получать более детальное изображение
зависит от качества линзы и длины волны освещения

Разрешение оптического микроскопа ограничено длиной волны света: для большего разрешения необходимо использовать электронный луч.

Метиленовый синий
— окрашивает ядра в синий цвет

Сафранин/светлый зеленый
— окрашивает растительные клетки
— цитоплазма и целлюлоза окрашиваются в зеленый цвет
— ядро и лигнин окрашиваются в красный цвет
— хлоропласты окрашиваются в розовый цвет

Гематоксилин/эозин
— окрашивает ядра в синий цвет
— цитоплазма окрашивается в розовый цвет

Окуляр: дает «реальное изображение»;

увеличивает изображение, получаемое с помощью объектива, но не повышает разрешение;

в окуляр может быть помещена шкала, используемая для измерений объекта.

Тубус:

трубка, через которую проходят лучи света от объектива; можно поднимать и опускать с помощью винтов настройки, что позволяет фокусироваться на объекте.

Революрная головка:

вращается, позволяя использовать один из нескольких объективов, имеющих разное фокусное расстояние (а следовательно, и разное увеличение).

Линза объектива:

отвечает за увеличение и разрешение объекта.

Образец (объект):

помещен на прозрачное предметное стекло.

Предметный столик:

удерживает образец в правильном положении — под углом 90° к световым лучам.

Конденсор:

фокусирует свет на образце.

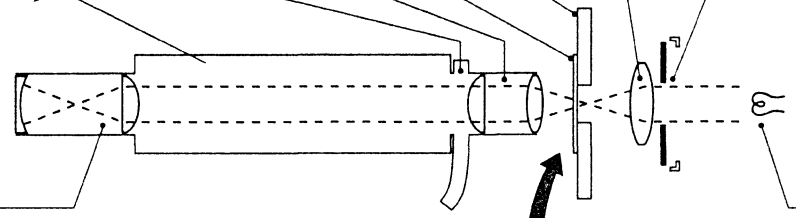
Диафрагма конденсора:

регулирует количество света, попадающего на образец. Наилучшее разрешение достигается путем небольшого снижения интенсивности освещения, а не повышения.

Источник света:

обычно используется «белый» свет. С помощью света с меньшей длиной волны (например, синего), который получают от сменной лампы или с помощью системы фильтров, можно повысить разрешение изображения.

Свет должен попадать на образец только снизу.



Растительная и животная клетки

ПРИЗНАКИ ЖИВОЙ КЛЕТКИ

во многом обусловлены гетеротрофным способом питания и высоким уровнем метаболической активности.

Секреторные пузырьки, содержащие продукты активности клетки, например, гормоны или ферменты, более обычны для животных клеток.

Цитоплазма в животных клетках обычно плотнее – в ней содержится больше органелл и растворенных веществ.

Вакуоли небольшие и существуют временно. Они могут участвовать в переваривании (например, в фагоцитозах) или в экскреции (например, сократительные вакуоли удаляют излишки воды).

Гликоген – запасной источник углеводов.



РАСТИТЕЛЬНАЯ И ЖИВОТНАЯ КЛЕТКА ИМЕЮТ ОБЩИЕ ЧЕРТЫ, КОТОРЫЕ СВЯЗАНЫ С ПОДДЕРЖАНИЕМ ИХ СУЩЕСТВОВАНИЯ.

Клеточная мембрана, окружающая цитоплазму, контролирует **вход и выход** растворенных веществ; т.е. она отвечает за отделение содержимого клетки от окружающей среды.

Цитоплазма состоит из воды и растворенных веществ, таких как аминокислоты и сахара. Она поддерживает различные органеллы (например, митохондрии, рибосомы), осуществляющие жизненно важные метаболические реакции (например, дыхание).

В ядре находится генетический материал (**ДНК**, образующая **хромосомы**), который содержит инструкции, определяющие характеристики и функции клетки. Хромосомы можно наблюдать только во время деления клетки.

ПРИЗНАКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

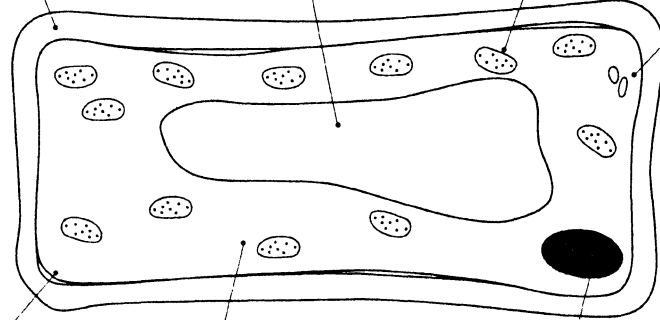
во многом определяются автотрофным способом питания.

Целлюлозная клеточная стенка обеспечивает механическую поддержку (содержимое клетки создает **тургорное давление**) и защиту от возможного повреждения при осмотическом поступлении воды в клетку. Клеточная стенка **проницаема для воды и растворенных веществ.**

Крупная постоянная вакуоль заполнена водой, обеспечивающей тургорное давление; здесь могут запасаться различные ионы и молекулы.

Хлоропласты содержат пигмент **хлорофилл** (поглощает свет) и **ферменты**, необходимые для выработки глюкозы путем фотосинтеза.

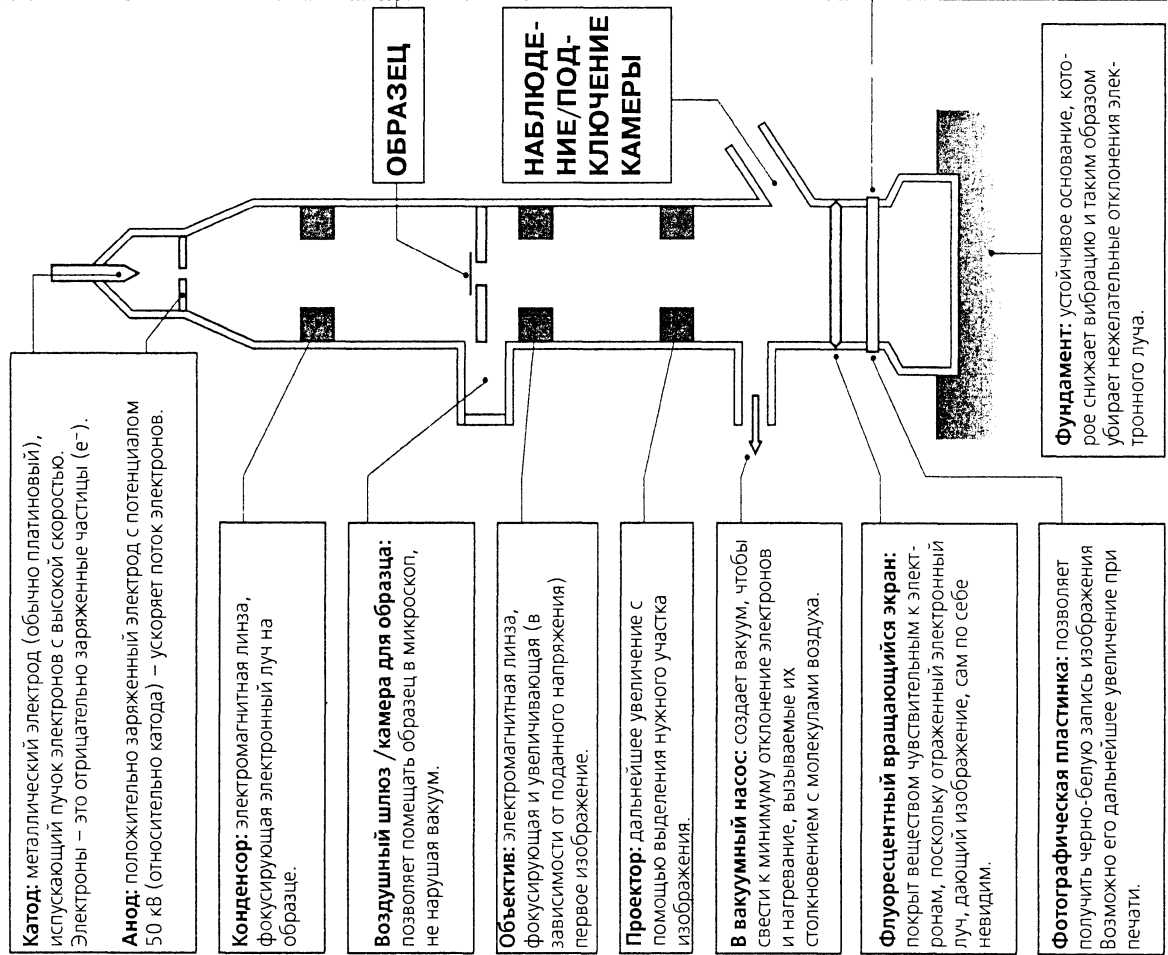
Крахмал (в цитоплазме или в хлоропластах) является запасным источником углеводов.



Отсутствие целлюлозной клеточной стенки означает, что животные клетки **могут изменять свою форму**; поскольку ядро может контролировать ограниченный объем цитоплазмы, животные клетки имеют **небольшой размер** – около 25 мкм в диаметре.

Наличие целлюлозной клеточной стенки означает, что растительные клетки поддерживают **постоянную форму**; благодаря присутствию вакуоли растительные клетки **могут иметь крупный размер** – зачастую 60 мкм (или 0,06 мм) в диаметре.

Трансмиссионный электронный микроскоп



Этапы подготовки образца

Фиксация:

чтобы избежать деформации всех клеточных компонентов. Образец небольшого размера (для быстрого пропитывания) погружают в **глутаральдегид** или **глутаральдегид/осмиевую кислоту**.

Обезвоживание:

чтобы подготовить материал к пропитке заливающей средой, которая не смешивается с водой. Обезвоживание должно быть постепенным, чтобы сохранить детали строения. Используют серию возрастающих концентраций **этанола** или **пропанола**.

Промывка:

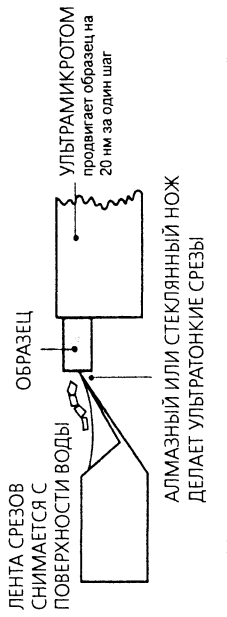
спирт или пропанол не смешиваются с заливающей средой, поэтому их вытесняют, промывая образец **ксиололом**, который одновременно делает материал прозрачным.

Заливка:

чтобы при резке не было искажений, материал закрепляют, используя **смола** или **пластмассу**.

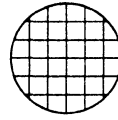
Резка

Необходимо получить **ультратонкие срезы** (20–100 нм толщиной), поскольку электронный луч обладает очень низкой проникающей способностью.



Окрашивание:

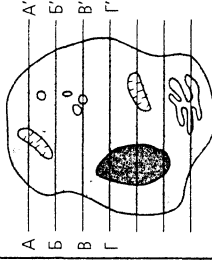
биологические структуры прозрачны, или почти прозрачны. Чтобы усилить отклонение электронного луча (т.е. контраст между различными структурами), срезы обрабатывают **растворами солей тяжелых металлов**, например **уранилацетатом** или **ацетатом свинца**.



Монтировка:

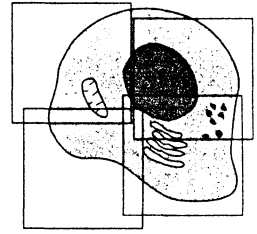
срезы наносят на маленькие медные сеточки (~3 мм в диаметре). Электронный луч проходит сквозь отверстия сетки (предметное стекло не пропускало бы электроны).

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЯ



Для того, чтобы получить достоверное трехмерное изображение объекта, нужно проанализировать большое количество ультратонких срезов, например А-А', Б-Б'

При использовании большого увеличения бывает необходимо сделать несколько фотографий, чтобы получить составное изображение образца.



Сканирующий электронный микроскоп

Катод: металлический электрод (обычно платиновый), испускающий поток электронов с высокой скоростью. Электроны – это отрицательно заряженные частицы (e⁻).

Анод: положительно заряженный электрод с потенциалом 50 кВ (относительно катода), ускоряет поток электронов.

Конденсор: электромагнитная линза, фокусирующая электронный луч на образце.

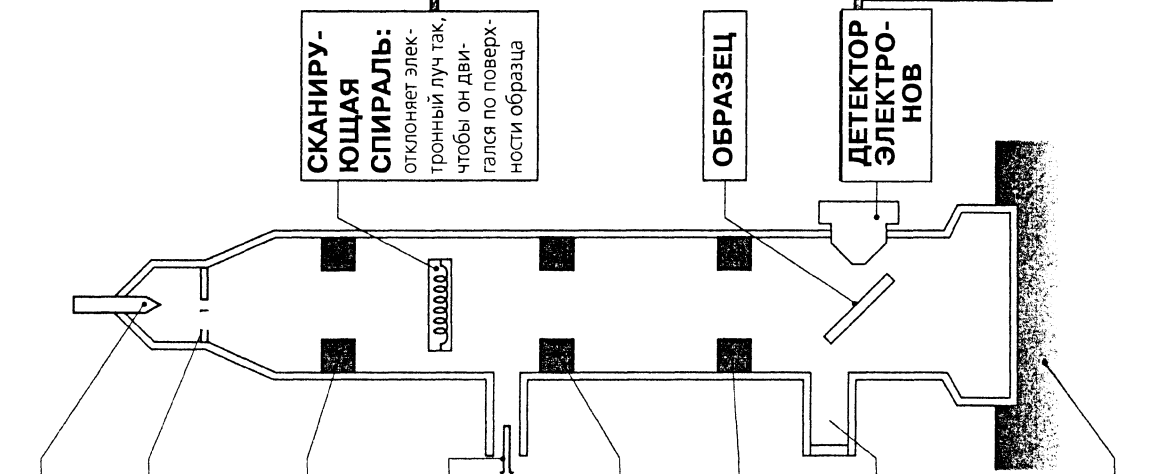
Вакуумный насос: создает вакуум, чтобы свести к минимуму отклонение электронов и нагревание, вызываемые их столкновением с молекулами воздуха.

Второй конденсор: дальнейшая фокусировка луча на образце.

Объектив: электромагнитная линза, фокусирующая и увеличивающая (в зависимости от поданного напряжения) первое изображение.

Воздушный шлюз / камера для образца: позволяет помещать образец в микроскоп, не нарушая вакуум.

Фундамент: устойчивое основание, которое снижает вибрацию и таким образом убирает нежелательные отклонения электронного луча.



СКАНИРУЮЩАЯ СПИРАЛЬ: отклоняет электронный луч так, чтобы он двигался по поверхности образца

ОБРАЗЕЦ

ДЕТЕКТОР ЭЛЕКТРОНОВ

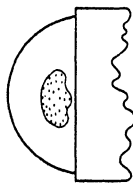
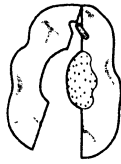
Этапы подготовки образца
Фиксация:

Обезвоживание:

Промывка:

Заливка:

Эти операции могут привести к повреждению образца и появлению артефактов (структур, возникающих в результате обработки). Поэтому образцы для сканирующего электронного микроскопа обычно готовятся методом замораживания/скалывания, который позволяет анализировать поверхность.



Образец замораживают во льду

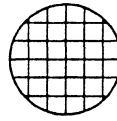
С помощью лезвия замороженный образец раскалывают

Обнажается внутренняя поверхность

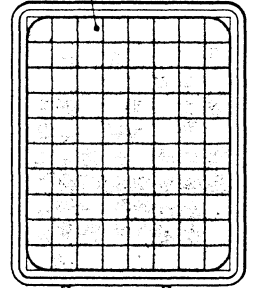
Окрашивание:

биологические структуры прозрачны или почти прозрачны. Чтобы увеличить отклонение электронного луча (т.е. контраст между различными структурами), на поверхность образца наносят металл (обычно золото). Это улучшает трехмерное разрешение поверхности.

Монтировка:



электронному лучу не нужно проникать через материал, тем не менее образец обычно помещают на сетки, покрытые пластиком, чтобы электроны, не отразившиеся от него, не мешали детектору электронов.



Телеэкран: на него проецируется изображение скалываемой поверхности образца, полученное путем объединения данных от сканирующей спирали и детектора электронов.

Усилитель: усиливает сигнал от детектора электронов.

Ультраструктура животной клетки

Микроворсинки – это выпячивания плазматической мембраны, увеличивающие площадь поверхности клетки. Микроворсинки обычно имеются в большом количестве в клетках с высокой поглотительной способностью, например в *гепатоцитах* или клетках *извитых канальцев нефрона*. Совокупность микроворсинок в клетке образует *щеточную каемку*.

Центриоли – это парные структуры, расположенные под прямым углом друг к другу. Они выступают организаторами веретена деления в процессе подготовки к расхождению хромосом во время клеточного деления.

Секреторный пузырьк в процессе экзоцитоза. Такие пузырьки могут содержать какой-либо продукт, синтезированный в клетке (например, белок, упакованный в аппарате Гольджи), или продукты деградации веществ в лизосомах. Секреторных пузырьков много в клетках, имеющих высокую синтетическую активность, таких как клетки *островков Лангерганса*.

Гладкий эндоплазматический ретикулум состоит из многочисленных уплощенных мембранных пузырьков, представляющих собой места синтеза стероидов и липидов.

Шероховатый (гранулярный) эндоплазматический ретикулум называется так благодаря многочисленным рибосомам на его поверхности. Эта внутриклеточная система мембран способствует компартиментации клетки и транспортирует белки, синтезируемые на рибосомах, по направлению к аппарату Гольджи, где происходит их упаковка.

Аппарат Гольджи состоит из стопки уплощенных пузырьков, называемых *цистернами*. В аппарате Гольджи разнообразные клеточные продукты модифицируются, многие из них заключаются в мембранные пузырьки для дальнейшей секреции. К таким веществам относятся, например, трипсиноген (проединителит) *ацинарными клетками поджелудочной железы*, инсулин (выделяется *бета-клетками островков Лангерганса*). Аппарат Гольджи участвует в модификации липидов в клетках подвздошной кишки, играет роль в формировании лизосом.

Микрофиламенты – это нити, образованные белком актином. Обычно они собраны в пучки непосредственно под поверхностью клетки. Микрофиламенты играют роль в эндо- и экзоцитозе, а также в обеспечении подвижности клетки.

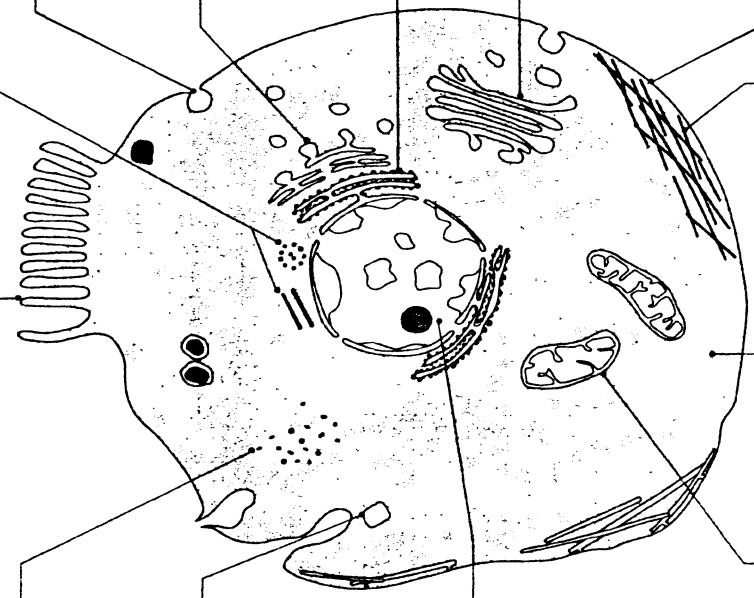
Цитоплазма состоит главным образом из воды, в которой растворены разнообразные вещества, включая глюкозу, белки и ионы. Цитоплазма пронизана *цитоскелетом*, образующим «каркас» клетки.

Митохондрии – это органеллы, в которых происходит процесс аэробного дыхания. Они обладают складчатой внутренней мембраной, в которую встроены белки электронотранспортной цепи, отвечающие за синтез АТФ путем окислительного фосфорилирования. Матрикс митохондрии содержит ферменты цикла трикарбоновых кислот (цикла Кребса), являющегося важным метаболическим «узлом». Эти органеллы особенно многочисленны в клетках, имеющих высокую физическую (*скелетных мышц*) и метаболическую (*гепатоцитов*) активность.

Свободные рибосомы представляют собой места синтеза белков (главным образом – белков, предназначенных для внутриклеточного использования). В типичной эукариотической клетке имеется порядка 50000 свободных рибосом.

Эндоцитозный пузырьк может содержать молекулы или структуры, которые слишком велики для того, чтобы пересечь клеточную мембрану путем диффузии или активного транспорта.

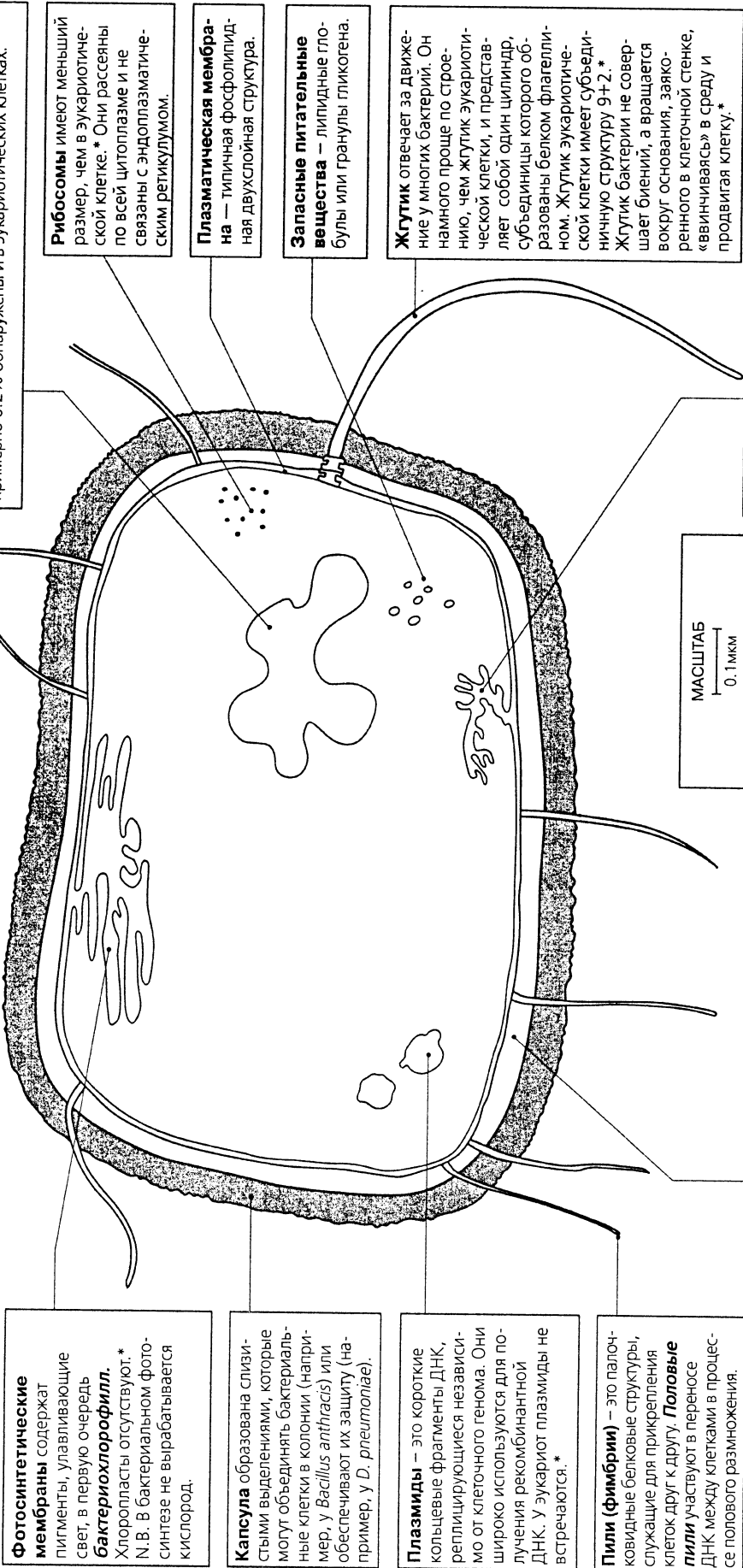
Ядро – это центр регуляции деятельности клетки. Именно в ядре содержится наследственный материал – ДНК – несущий информацию, необходимую для синтеза белков. С ДНК связаны белки-гистоны, обеспечивающие ее компактизацию. В ядре содержится одно или несколько ядрышек, в которых производятся субъединицы рибосом, рибосомная РНК и транспортная РНК. Ядро окружено двойной мембраной, пронизанной множеством ядерных пор. Наружная ядерная мембрана составляет единое целое с гладким эндоплазматическим ретикулумом. В клетке как правило имеется единственное ядро, однако в очень крупных клетках ядер может быть много. Пример: клетки скелетных мышц представляют собой результат слияния многих клеток – синцитий.



Прокариотическая клетка

(например, бактериальная) не имеет настоящих органелл.

* Важные отличия от эукариотических клеток.



Генетический материал представлен кольцевидной двуединицей молекулой ДНК, которая не окружена ядерной мембраной. * В ДНК бактерии обычно около 2000 генов, из которых примерно 0,2% обнаружены и в эукариотических клетках.

Рибосомы имеют меньший размер, чем в эукариотической клетке. * Они рассеяны по всей цитоплазме и не связаны с эндоплазматическим ретикулулом.

Плазматическая мембрана — типичная фосфолипидная двухслойная структура.

Запасные питательные вещества — липидные глобулы или гранулы гликогена.

Жгутик отвечает за движение у многих бактерий. Он намного проще по строению, чем жгутик эукариотической клетки, и представляет собой один цилиндр, субъединицы которого образуются белком флагеллином. Жгутик эукариотической клетки имеет субъединичную структуру 9+2. * Жгутик бактерии не совершает биений, а вращается вокруг основания, закрепленного в клеточной стенке, «ввинчиваясь» в среду и продвигая клетку. *

МАСШТАБ
0,1 мкм

Мезосомы — это впячивания плазматической мембраны, на которых расположены ферменты, участвующие в процессе дыхания. Бактерии не имеют митохондрий. *

Фотосинтетические мембраны содержат пигменты, улавливающие свет, в первую очередь **бактериохлорофилл**. Хлоропласты отсутствуют. * N.B. В бактериальном фотосинтезе не вырабатывается кислород.

Капсула образована слизистыми выделениями, которые могут объединять бактериальные клетки в колонии (например, у *Vacillus anthracis*) или обеспечивают их защиту (например, у *D. pneumoniae*).

Плазмиды — это короткие кольцевые фрагменты ДНК, реплицирующиеся независимо от клеточного генома. Они широко используются для получения рекомбинантной ДНК. У эукариот плазмиды не встречаются. *

Пилли (фимбрии) — это палочковидные белковые структуры, служащие для прикрепления клеток друг к другу. **Половые пилли** участвуют в переносе ДНК между клетками в процессе полового размножения.

Клеточная стенка имеет жесткий каркас из **мууреина**, полисахарида. У **грамположительных** бактерий клеточная стенка усилена отложениями полисахаридов и белков, у **грамотрицательных** она тоньше, но покрыта слоем липидов, обеспечивающим защиту от **лизоцима** и **пенициллина**. Клеточная стенка бактерий не содержит целлюлозу. * Жесткость клеточной стенки предотвращает осмотический разрыв клетки (на нарушении структуры клеточной стенки основано действие пенициллина на грамположительные бактерии) и сохраняет форму клетки. Самые распространенные типы бактерий (классификация по форме клетки):

- **КОККИ (СФЕРИЧЕСКИЕ)**
- ▮ **БАЦИЛЛЫ (ПАЛОЧКОВИДНЫЕ)**
- ⌘ **СПИРИЛЛЫ (СПИРАЛЕВИДНЫЕ)**

Вирусы – неклеточная паразитическая форма жизни

Типичный вирус представляет собой простую структуру, состоящую из ко́ра (сердцевины), содержащего нуклеиновую кислоту, и белковой оболочки, окружающей сердцевину.

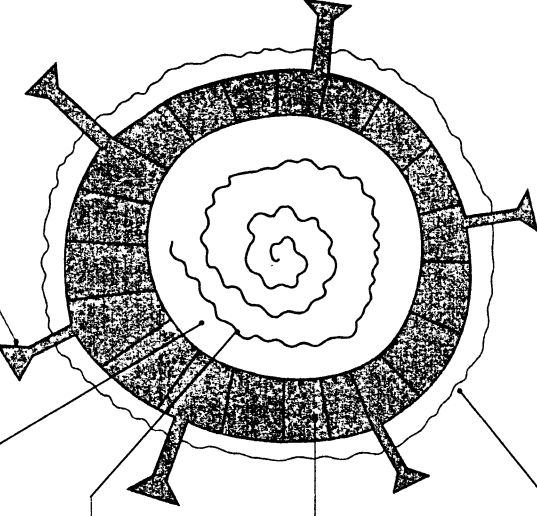
Кор – это область, ограниченная капсидом. Он не является цитоплазмой и не содержит оргanelл.

Генетический материал вируса может быть представлен либо ДНК, либо РНК. Количество генов очень невелико – в них содержится только информация, необходимая для репликации вирусных субъединиц и для сборки из них целой вирусной частицы, или **вириона**.

Белковая оболочка состоит из множества идентичных субъединиц, называемых **капсомерами**. Они самоорганизуются в строго симметричный **капсид**, форма которого используется для классификации вирусов.

Липопротеиновая оболочка окружает капсид у некоторых вирусов, обычно у крупных. Эта оболочка чаще всего образуется из элементов клетка-хозяина, формируясь в процессе выхода вириона из клетки. Она может играть важную роль в обеспечении способности вируса преодолевать защитные барьеры клетки. Такую оболочку имеет, например, вирус иммунодефицита человека (ВИЧ).

Выросты на поверхности капсида отвечают за антигенные свойства вируса.



Происхождение вирусов. Тот факт, что вирусы не могут размножаться вне клетки-хозяина, позволяет предположить, что они скорее ведут происхождение от «облой» ДНК, чем являются примитивными предками современных клеток. **Прионы** также являются инфекционными частицами, но они представляют собой белки и не содержат нуклеиновых кислот. Считается, что прионы вызывают такое заболевание, как губчатый энцефалит («коровье бешенство»).

Вирусы – это наименьшие структуры, обладающие свойствами живого организма. Их размер составляет от 20 до 300 нм в длину. Они невидимы в оптический микроскоп и легко проходят через фильтры, задерживающие бактерии.

Согласно классификации организмов вирусы находятся на границе живого и неживого. Их считают живыми, поскольку они содержат генетический материал и способны размножаться; в то же время их можно считать неживыми, поскольку они не имеют клеточной организации. Вне клетки-хозяина вирусы не проявляют признаков жизни.

Вирусы и болезни. Поскольку вирусы являются облигатными паразитами, они неизбежно наносят вред клетке-хозяину, вызывая ряд серьезных заболеваний. Некоторые примеры приведены ниже в таблице:

Заболевание	Вирус	Проявления	Методы контроля
Грипп	Ряд ДНК-содержащих вирусов (миксовирус)	Боли, затруднение дыхания, симптомы обычной простуды	Вакцинация «зубным» вирусом нужного штамма
Бешенство	РНК-содержащие вирусы	Гипервозбудимость, водобоязнь, смерть	Уничтожение животных-переносчиков. Вакцинация людей
Мозаичная болезнь табака	ВТМ (РНК-содержащий вирус)	Повреждение листьев табака	Удаление инфицированных растений
Корь	Вирус рубеллы	Увеличение лимфоузлов, воспаление дыхательных органов, кожная сыпь	Вакцинация ослабленным живым вирусом

Синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД) развивается в условиях подавления иммунитета

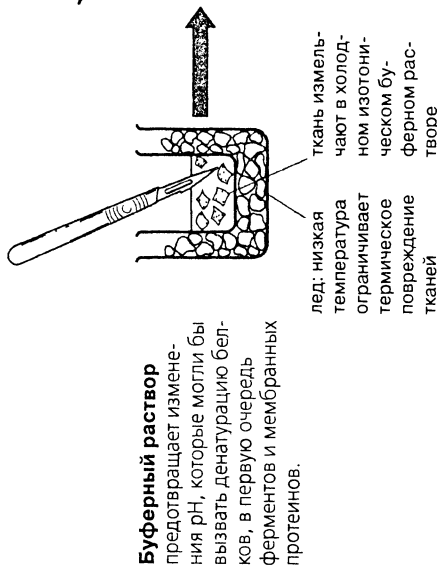
Может быть вызвано ВИЧ-инфицированием дендритных клеток или Т-хелперов (координирующий действия всех лимфоцитов).

Приводит к возможности поражения организма агентами, обычно не вызывающими развития заболеваний, например: *Pneumocystis carinii* → пневмония; *Candida albicans* → молочница.

Вирусные заболевания часто с трудом поддаются лечению, поскольку **антибиотики в данном случае не действуют** (у вирусов нет метаболических процессов, которые можно было бы ингибировать); вакцины не всегда эффективны, так как вирусы мутируют, изменяя свои антигенные свойства; химиотерапия может не только ингибировать репликацию вируса, но и принести вред самим клеткам. Обычно используются такие формы контроля, как вакцинация и удаление источника заражения. Некоторые ретровирусы могут играть роль в лечении заболеваний – они могут быть использованы для переноса в хозяйскую клетку ДНК, содержащей дефектную форму определенного гена (таким путем может быть излечена, например, ФКУ – фенилкетонурия).

Дифференциальное центрифугирование используется для разделения компонентов клетки.

Изотонический раствор предотвращает осмотическое повреждение клеток и оргanelл.



Буферный раствор предотвращает изменения pH, которые могли бы вызвать денатурацию белков, в первую очередь ферментов и мембранных протеинов.

лед: низкая температура ограничивает термическое повреждение тканей

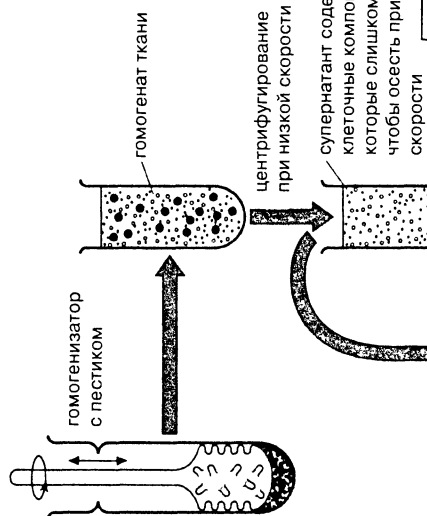
Для того чтобы разделить (фракционировать) компоненты клеток, клеточный экстракт (гомогенат ткани) центрифугируют с возрастающей скоростью. Главными факторами, определяющими скорость седиментации, являются:

- 1) величина силы центрифугирования, которая зависит от скорости вращения;
- 2) размер разделяемых оргanelл;
- 3) плотность оргanelл относительно суспензионной среды.

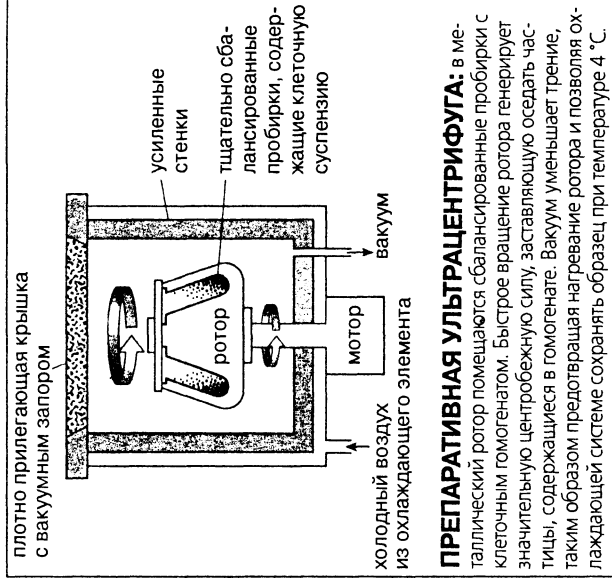
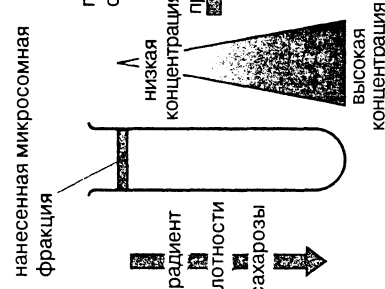
Точное время и скорость центрифугирования различаются для разных тканей и определяются методом проб и ошибок. Примерные параметры таковы:

- низкая скорость – 10 минут при 1000 g
- средняя скорость – 20 минут при 20 000 g
- высокая скорость – 60 минут при 80 000 g

В механическом гомогенизаторе клетки удерживаются между стенкой пробирки и вращающимся пестиком. Возникающая сила воздействия достаточно велика, чтобы разрушить клетки, но не может повредить оргanelлы.



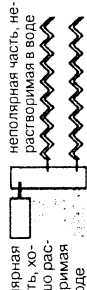
Суспензия микросом может быть далее разделена с помощью **центрифугирования в градиенте плотности**. Этот метод включает наплаивание суспензии поверх раствора, содержащего сахарозу, плотность которого постепенно возрастает, формируя **плотности градиент**. В процессе центрифугирования оргanelлы и мембраны распределяются, формируя полосы в тех участках градиента, которые равны им по плотности. Затем дно пробирки прокалывают и собирают очищенные фракции.



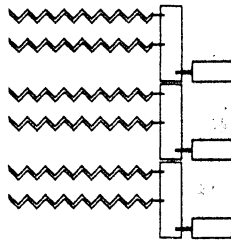
ПРЕПАРАТИВНАЯ УЛЬТРАЦЕНТРИФУГА: в металлический ротор помещаются сбалансированные пробирки с клеточным гомогенатом. Быстрое вращение ротора генерирует значительную центробежную силу, заставляющую оседать частицы, содержащиеся в гомогенате. Вакуум уменьшает трение, таким образом предотвращая нагревание ротора и позволяя охлажденной системе сохранять образец при температуре 4 °C.

Структурные компоненты мембран определяют их свойства: жидкое состояние, способность к самосборке и компартиментации, обеспечение селективного транспорта и распознавания.

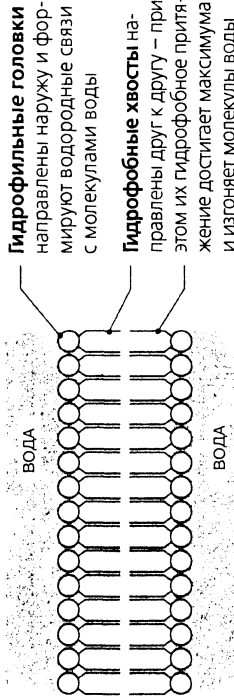
Благодаря тому, что два конца молекулы фосфолипидов обладают разной растворимостью...



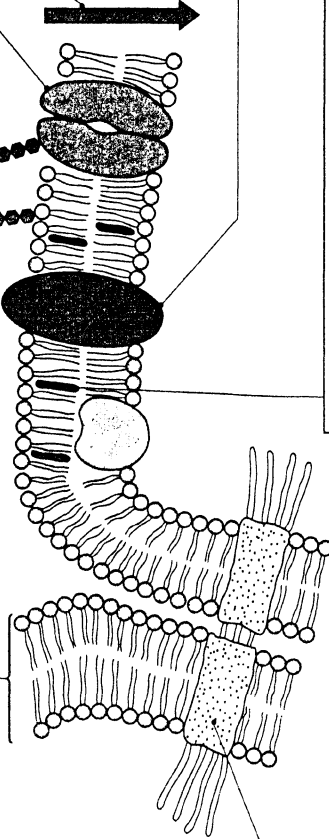
...эти молекулы образуют пленку на поверхности воды



и бислой фосфолипидов действует как барьер, разделяющий два водных пространства.



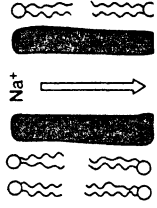
Поверхностные углеводы, вместе составляющие гликокаликс, обычно представляют собой олигосахариды. Они участвуют в распознавательной функции клеточной мембраны.



Белки клеточной адгезии прочно соединяют соседние клетки друг с другом. Это особенно важно для эпителия. Эти молекулы также являются местами закоривания белков цитоскелета на внутренней стороне мембраны.

Липидный состав мембраны влияет на ее состояние: хвосты молекул ненасыщенных жирных кислот «загибаются», ограничивая плотность упаковки гидрофобных хвостов липидов, и таким образом делают мембрану **более** жидкой. В то же время холестерол может влиять на латеральную подвижность гидрофобных хвостов липидов, делая мембрану **менее** жидкой.

Диффузия через белки-каналы: некоторые трансмембранные белки образуют заполненные водой каналы, через которые могут проходить заряженные молекулы, ионы гидрофобных фосфолипидный слой.



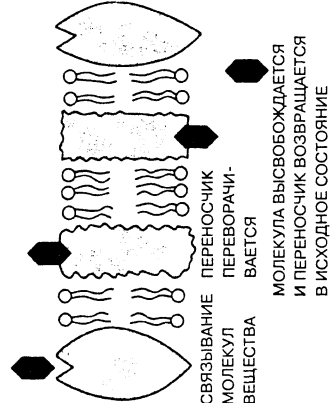
Диффузия через липидный бислой возможна для небольших незаряженных молекул.

Такие молекулы, как O₂, H₂O, CO₂, мочевины и этанол, быстро «протискиваются» между полярными головками фосфолипидов, затем растворяются в липидном бислойе, проникая на другую сторону мембраны.

Молекулы большого размера или заряженные не могут пересечь липидный бислой. Так, например, Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻ и глюкоза не могут пройти через мембрану подобным образом.

В активном транспорте вещества через мембрану участвуют **белки-переносчики**. Такой способ переноса растворенного вещества требует **затрат энергии**, поскольку он идет **против градиента концентрации**. Как правило, используется гидролиз АТФ, при этом связывание фосфатной группы с переносчиком изменяет конформацию белка таким образом, что транспортируемая молекула переносится на другую сторону мембраны.

При облегченной диффузии белок-переносчик транспортирует молекулу через мембрану **по электрохимическому градиенту**. Связывание с переносчиком изменяет его конформацию таким образом, что расположенные белки в мембране меняются, и переносимая молекула высвобождается на другой стороне мембраны. Таким способом, например, происходит поступление глюкозы в эритроциты.



N.B. В этом случае **АТФ не используется**, так как **энергия не расходуется**.

Диффузия, осмос и активный транспорт – это способы перемещения молекул. При этом диффузия и осмос – пассивные процессы, а активный транспорт требует затрат энергии.

ДИФфуЗИЯ:

это движение ионов или молекул по градиенту концентрации, то есть из области с более высокой концентрацией вещества в область с более низкой концентрацией.

- Это физический процесс, который зависит от того, какой энергией обладают молекулы. Таким образом:
- небольшие молекулы диффундируют быстрее крупных
- диффузия ускоряется увеличением температуры.

ЗАКОН ФИКА гласит, что

скорость диффузии пропорциональна

$$\frac{\text{ПЛОЩАДЬ ПОВЕРХНОСТИ} \times \text{РАЗНИЦА В КОНЦЕНТРАЦИИ}}{\text{ТОЛЩИНА МЕМБРАНЫ}}$$

В живых клетках действует тот же принцип (движение молекул по градиенту концентрации), но существует проблема

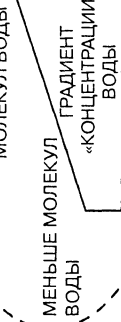
→ клетка
окружена **плазматической мембраной**, ограничивающей свободное перемещение молекул

Важные примеры:

- перемещение кислорода из легочных альвеол в кровь и из крови в клетки;
- перемещение растительных питательных веществ из кишечника в кровь; кишечника в кровь; углерода из воздуха в пространство внутри листа.

→ Это **полупроницаемая мембрана**: благодаря ее структуре, сочетающей липиды и белки, некоторые молекулы проникают через нее свободно, а другие с трудом или же вообще не проникают. В данном примере мембрана проницаема для молекул воды, но не для более крупных молекул сахарозы. Самый простой способ сортировки – **по размеру** молекул.

ДИФфуЗИЯ
МОЛЕКУЛ ВОДЫ



ОСМОС – ЭТО ДИФфуЗИЯ ВОДЫ

Вода очень легко пересекает мембраны путем диффузии, всегда двигаясь по градиенту «концентрации». Когда речь идет о воде, термин «концентрация» несколько смущает, поэтому лучше использовать термин «потенциал».

- Таким образом, осмос – это движение воды
- через избирательно проницаемую мембрану
- вниз по градиенту водного потенциала

Осмос отвечает за перемещение воды

- из тканевой жидкости в клетки
- из почвы в корневые волоски
- из ксилемы в клетки мезофилла листа

СПОМОЩЬЮ АКТИВНОГО ТРАНСПОРТА МОЛЕКУЛЫ МОГУТ ПЕРЕНОСИТЬСЯ ПРОТИВ ГРАДИЕНТА КОНЦЕНТРАЦИИ

АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ
МОЛЕКУЛ РАСТВОРЕННОГО ВЕЩЕСТВА

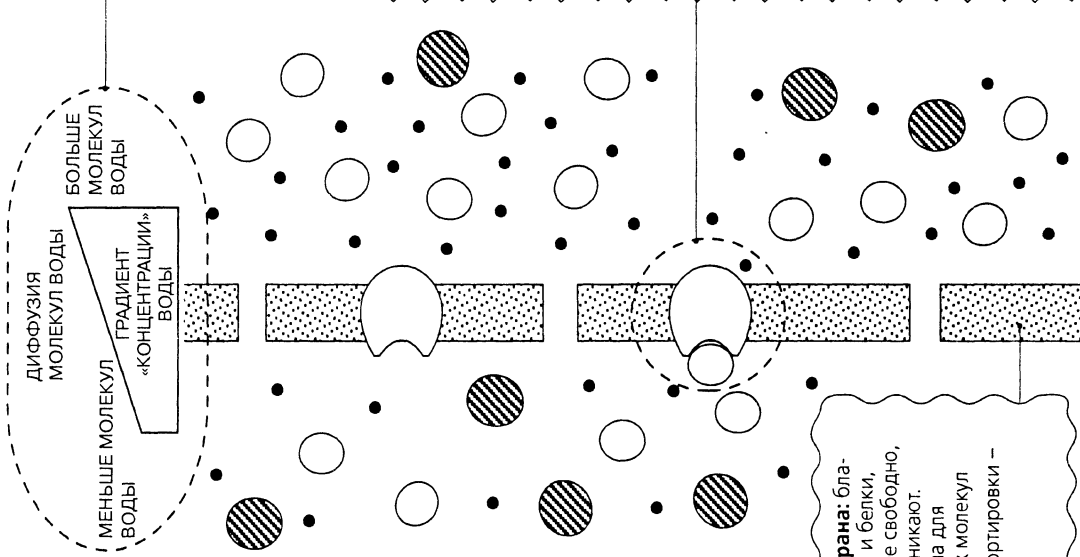


В этом примере справа от мембраны находится больше молекул аминокислоты, чем слева, и перемещение молекул слева направо будет идти «в гору», **против** градиента концентрации аминокислоты. Такой активный транспорт требует затрат энергии, для этого используется АТФ, вырабатываемая при дыхании;

- подержен влиянию всех факторов, действующих на процесс дыхания, например, температуры и концентрации кислорода;
- выполняется мембранными белками-переносчиками, которые связывают молекулу вещества, изменяют свою форму и переносят молекулу через мембрану.

Важные примеры:

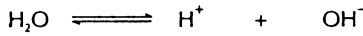
- поступление минеральных веществ из почвы в клетки корневых волосков;
- движение ионов натрия при проведении нервного импульса.



pH

Концентрация ионов водорода в водных растворах измеряется по шкале pH.

Вода диссоциирует в очень небольшой степени:



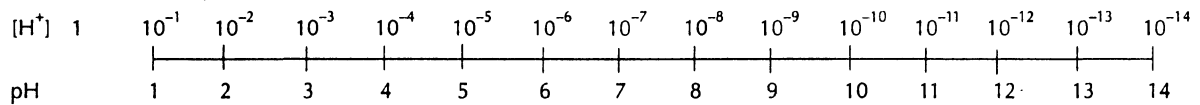
Концентрация ионов водорода $[\text{H}^+]$ в чистой воде составляет $0.000\ 0001\ \text{мол дм}^{-3}$ (это значит, что одна из 10^7 молекул воды диссоциировала на H^+ и OH^-). Таким числом сложно оперировать, удобнее выразить его в логарифмической форме. Таким образом, в чистой воде

$$[\text{H}^+] = 10^{-7}\ \text{мол дм}^{-3}$$

Обычно это пишут как

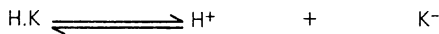


Величина pH варьирует от 1 до 14, поскольку в «нейтральной» воде при pH 7.0 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7}$. Произведение концентраций этих двух ионов составляет 10^{-14} и, согласно закону химического равновесия, если концентрация одного из них повышается, то концентрация другого должна снижаться, чтобы произведение оставалось равным 10^{-14} . Таким образом,



БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

Буферы могут захватывать или высвобождать ионы водорода и таким способом противостоять небольшим колебаниям pH. Обычно буфер представляет собой смесь слабой кислоты с одной из ее солей. Таким образом



Слабая кислота выступает донором протонов, если $[\text{H}^+]$ падает (т.е. pH растет).

Слабое основание выступает акцептором протонов, если $[\text{H}^+]$ растет (т.е. pH снижается).

Среди биологических жидкостей важными буферами являются:

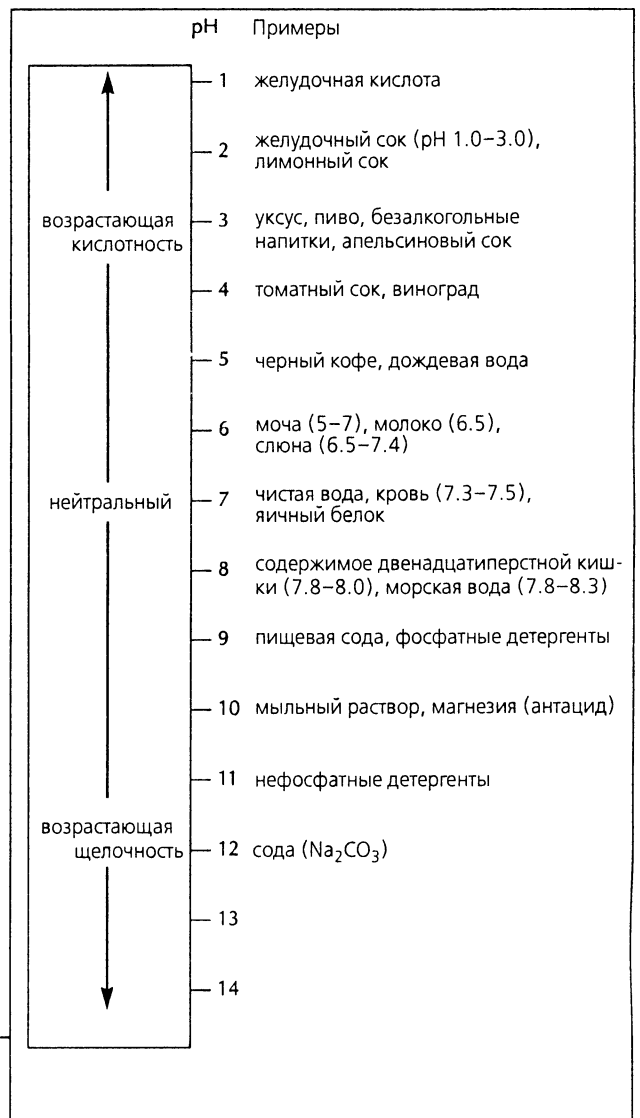
Гидрокарбонат: $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$

Гидрофосфат: $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$

Гемоглобин: гистидиновые остатки в боковой цепи акцептируют H^+

Заметьте, что шкала pH – логарифмическая, поэтому изменение pH на 1 единицу соответствует десятикратному изменению концентрации ионов водорода. Например, в желудочном соке $[\text{H}^+]$ в 10 раз больше, чем в лимонном соке, и в 100 раз больше, чем в безалкогольных напитках; а концентрация ионов водорода в человеческой моче может колебаться более чем в 100 раз.

Эти буферы совместно с дистальными извитыми канальцами почечных нефронов поддерживают pH крови между 7.3 и 7.5. Это оптимальная величина для поддержания структуры и функций белков крови.



Элементы, входящие в состав организма человека

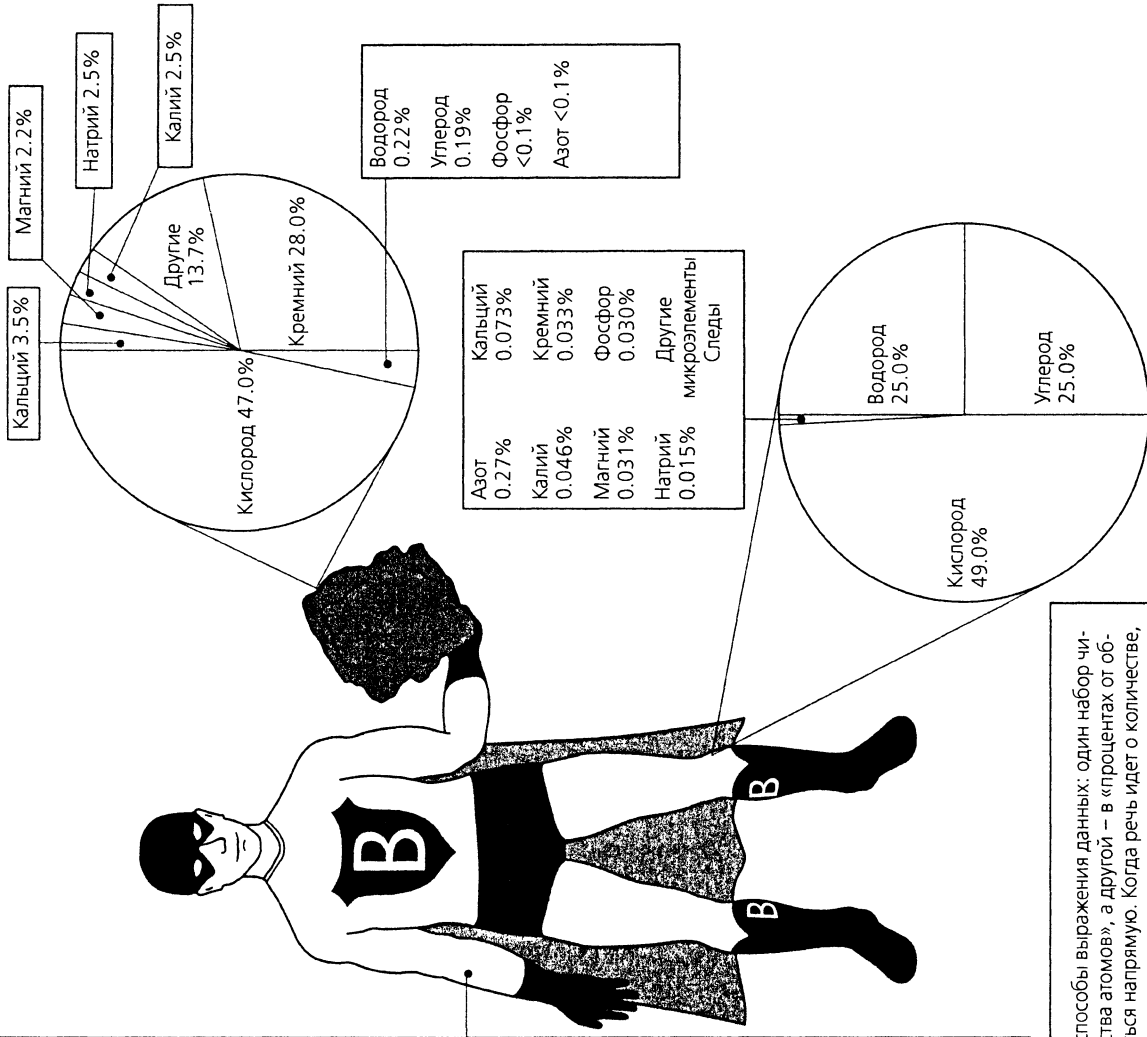
Название	Химический символ	Доля в общей массе (%)	Роль или функция
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ			
Кислород	O	65	Требуется для реакций окисления, в первую очередь для процесса дыхания. Присутствует в большинстве органических веществ и в воде.
Углерод	C	18	Формирует каркас молекул органических веществ.
Водород	H	10	Присутствует в большинстве органических соединений и в воде.
Азот	N	3	Компонент всех белков, нуклеиновых кислот и многих других органических веществ.
Кальций	Ca	1.5	Структурный компонент костей и зубов. Важен для проведения нервных импульсов через синапсы, процессов свертывания крови, сокращения мышц, оплодотворения.
Фосфор	P	1.0	Компонент нуклеиновых кислот, фосфолипидов, нуклеотидов, участвующих в переносе энергии. Структурный компонент костей.
Калий	K	0.4	Важнейший внутриклеточный катион. Необходим для проведения нервных импульсов. Компонент большинства белков.
Сера	S	0.3	
Натрий	Na	0.2	Важнейший внеклеточный катион. Участвует в регуляции движения жидкости между отделами тела, а также в проведении нервных импульсов.
МИКРОЭЛЕМЕНТЫ			
Магний	Mg	0.1	Кофактор ферментов (киназа).
Хлор	Cl	0.1	Важнейший анион интерстициальной жидкости. Также важен для поддержания осмотического баланса. Участвует в транспорте кислорода с кровью (хлоридное смещение).
Железо	Fe	следовые количества	Компонент гемоглобина и миоглобина. Переносчик электронов. Кофактор ферментов (каталаза).
Иод	I	следовые количества	Компонент тиреоидных гормонов.
Кобальт	Co	следовые количества	Компонент витамина B ₁₂ .
Прочие элементы, присутствующие в следовых количествах, включают марганец (Mn), медь (Cu), цинк (Zn), фтор (F), молибден (Mo) и селен (Se).			

СОВЕТ

Обратите внимание, что на этой странице приведены разные способы выражения данных: один набор чисел представлен в «процентах от всего существующего количества атомов», а другой – в «процентах от общей массы». Соответственно, эти данные не могут сопоставляться напрямую. Когда речь идет о количестве, очень важно всегда обращать внимание не только на **численное значение**, но и на **единицы измерения**.

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ, ОБНАРУЖЕННЫХ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ, В СРАВНЕНИИ С ЗЕМНОЙ КОРОЙ

(данные приведены в процентах от всего существующего количества атомов)



Водный потенциал

Водный потенциал – это мера свободной кинетической энергии воды в системе, или стремления воды выйти за пределы системы. Он измеряется в единицах давления (кПа) и обозначается символом Ψ («пси»).

Водный потенциал чистой воды приравнивается к нулю – это точка отсчета, как и в системе окислительно-восстановительного потенциала, используемой в химии.

т.е. для чистой воды $\Psi = 0$

Присутствие в растворе молекул растворенного вещества ослабляет тенденцию молекул воды к перемещению из раствора. Следовательно

$$\Psi_{\text{раствора}} < 0$$

(молекулы растворенного вещества в растворе «мешают» движению молекул воды, следовательно, кинетическая энергия молекул воды снижается и Ψ становится отрицательным).

Вода движется по градиенту водного потенциала, т.е. из области с менее отрицательным потенциалом (например, -500 кПа) в область с более отрицательным (например, -1000 кПа).

Преимущества системы водного потенциала

- 1) движение воды рассматривается скорее с точки зрения «систем», чем с точки зрения окружающей среды;
- 2) можно проводить сравнения между разными системами, например, между атмосферой, воздухом, содержащимся в листе, и клетками мезофилы листа.

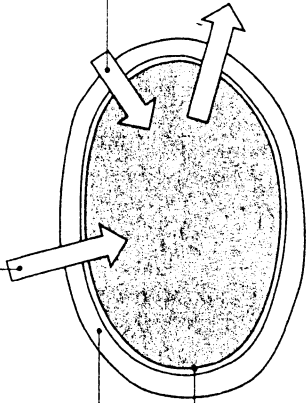
Необходимо помнить, что:

Осмоз – это движение воды через полупроницаемую мембрану по градиенту водного потенциала.

Присутствие в клеточном соке растворенных веществ снижает Ψ_r (делает его более отрицательным). Поскольку для чистой воды $\Psi = 0$, если поместить в нее растительную клетку, то вода, двигаясь по градиенту водного потенциала, будет поступать в клетку.

Целлюлозная клеточная стенка свободно проницаема для воды и растворенных веществ.

Плазматическая мембрана свободно проницаема для воды, но частично проницаема для растворенных веществ.



$\Psi_{\text{клетки}}$

$$= \Psi_r + \Psi_D$$

Водный потенциал клетки, т.е. стремление воды покинуть клетку.

Влияние концентрации растворенного вещества на осмотический потенциал – это всегда отрицательная величина.

Ψ_D

Влияние потенциала давления и тургорного давления на водный потенциал представляет стремление воды к выходу из клетки. Эта величина либо равна нулю, либо имеет положительное значение.

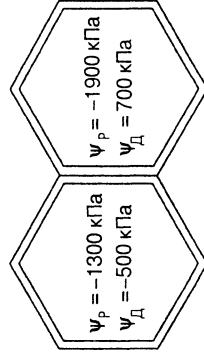
Поступление воды в клетку приведет к набуханию протопласта (содержимого клетки, окружающей плазматической мембраной). В результате усилится давление на клеточную стенку (**тургорное давление**). Расширению протопласта противостоит сила, **равная тургорному давлению, но направленная противоположно ему**. Она называется **потенциалом давления** (Ψ_D). Потенциал давления стремится противостоить поступлению воды или выталкивать воду из клетки.

Движение воды между клетками:

1. Подсчитайте Ψ для каждой клетки из Ψ_r и Ψ_D .
2. Определите направление движения воды, исходя из того, что она движется по градиенту водного потенциала.

клетка А

клетка Б

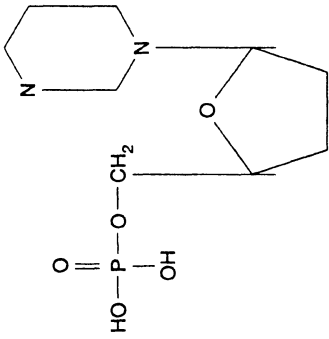


$$\Psi = -1300 + 500 = -800 \text{ кПа}$$

$$\Psi = -1900 + 700 = -1200 \text{ кПа}$$

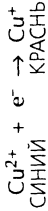
Поскольку число -800 больше, чем -1200 , вода будет двигаться по градиенту водного потенциала из А в Б.

НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ И НУКЛЕОТИДЫ



- содержат С, Н, О, N и P?
- фосфатная группа дает КИСЛОТУ РЕАКЦИЮ
- после гидролиза сахар пентоза дает позитивную РЕАКЦИЮ БЕНЕДИКТА

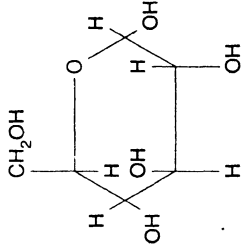
Принцип: Сульфат меди (II), образующий в щелочных условиях **синий раствор**, восстанавливается до оксида меди (I), дающего в тех же условиях **красно-красный осадок**



Это **полуквалическая реакция** – чем больше концентрация восстанавливающего сахара, тем больше осадка и темнее его цвет.

КОНЦЕНТРАЦИЯ РЕДУЦИРУЮЩЕГО САХАРА	ЦВЕТ РАСТВОРА И ОСАДКА
0	СИНИЙ
↑ ВОЗРАСТАЕТ ↓	ЗЕЛЕНый
	ЖЕЛТый
	СВЕТЛО-КОРИЧНЕВый
	ОРАНЖЕВО-КРАСНЫЙ

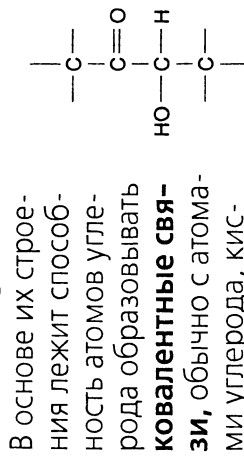
УГЛЕВОДЫ



- обычно состоят только из С, Н и О
- эмпирическая формула – $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$
- для определения простейших углеводов (**редуцирующих сахаров**) обычно используется нагревание с **реактивом Бенедикта**

• многие углеводы растворимы в воде

Биологические молекулы



В основе их строения лежит способность атомов углерода образовывать **ковалентные связи**, обычно с атомом углерода, кислородом, водородом или азотом. Молекулы могут иметь форму длинных цепей или же формировать различные кольцевые структуры.

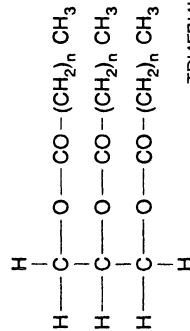
ВИТАМИНЫ

• не имеют общей химической структуры и, следовательно, общего химического теста

Принцип: жиры растворяются в этаноле, который смешивается с водой. Когда этанол, содержащий жир, добавляют к воде, жир образует мельчайшие капли, взвешенные в воде. Эти капли рассеивают световые лучи во всех направлениях и придают суспензии (ее называют **эмульсией**) молочно-белый цвет.

ЛИПИДЫ

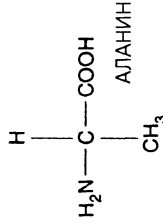
• обычно не растворимы в воде, но растворимы в органических растворителях



ТРИГЛИЦЕРИД

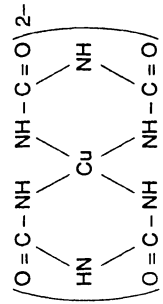
- обычно состоят только из С, Н и О, при этом содержание О меньше, чем в углеводах
- определяют, как правило, с помощью физической реакции – **эмульсионной пробы**

АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ



- состоят из С, Н, О, N и иногда S
- обычно растворимы в воде
- белки дают положительную **биуретовую реакцию**

Принцип: щелочь (гидроксид натрия) гидролизует белок на фрагменты, содержащие пептидные связи ---CO-NH--- , которые затем образуют окрашенные комплексы с медью (II) из сульфата меди



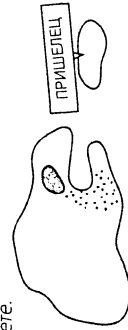
Функции растворимых углеводов

Сахарные производные включают сахарные спирты, например, глицерол; сахарные кислоты, например, аскорбиновую кислоту; мукополисахариды – важные компоненты соединительных тканей, синовиальной жидкости, хрящей и костей. Производным мукополисахаридов является гепарин – антикоагулянт крови, имеющий защитную функцию.



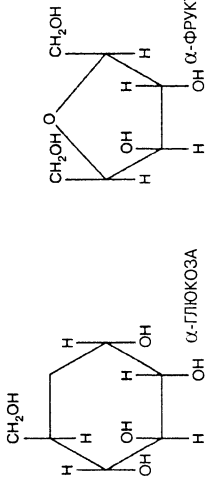
ВАМПИРЫ ЛЮБЯТ ПОЖИЖЕ!

Олигосахариды – это короткие (часто из 6-12 единиц) продукты конденсации моносахаридов. Они могут связываться с белками (гликопротеины) или липидами (гликолипиды) и формировать гликоликс – внешнюю оболочку животной клетки. Они также играют важную роль в межклеточном узнавании и в иммунном ответе.

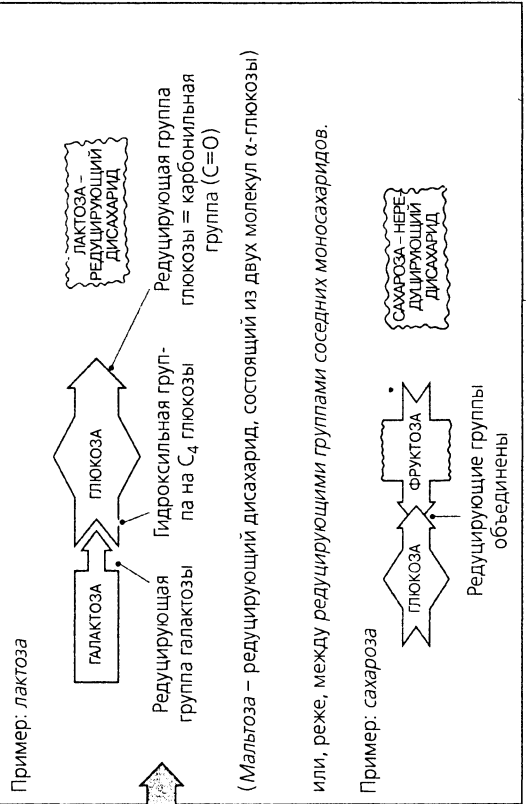


Глюкоза – наиболее распространенный дыхательный субстрат (т.е. источник энергии).
Фруктоза – компонент семенной жидкости. Пищевым источником являются фрукты. Примерно 1 из 20 000 человек страдает непереносимостью фруктозы, которая может привести к повреждению печени и почек или к гипогликемии.

Глюкоза и фруктоза представляют собой моносахариды (одиночные сахара) с эмпирической формулой $C_6H_{12}O_6$. Они относятся к гексозам, так как их молекулы имеют шесть атомов углерода (в лентозах – 5 углеродных атомов, в триозах – 3). *Глюкоза* и *фруктоза* – изомеры $C_6H_{12}O_6$.



В природных **дисахаридах** кольца моносахаридов объединены **гликозидными связями**.
Они чаще всего образуются между альдегидной или кетогруппой (т.е. редуцирующей группой) одного моносахарида и гидроксильной группой другого.

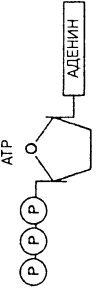


Сахароза (глюкозо-фруктоза) – наиболее распространена в растениях. Сахарозу получают обычно из сахарного тростника и сахарной свеклы и используют как подсластитель.

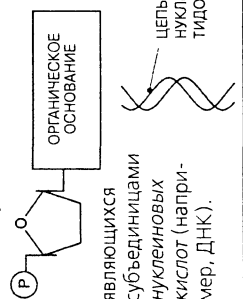
Лактоза (глюкозо-галактоза) – источник углеводов для детенышей млекопитающих. В молоке содержится около 5% лактозы.

Непереносимость лактозы встречается у многих взрослых. Это связано с недостатком лактазы, приводящим к накоплению лактозы, поступающей с пищей, в полости тонкого кишечника. При этом понижается осмотический потенциал его содержимого, что приводит к поступлению жидкости в кишечник. В результате возникает напряжение в животе, боли, тошнота и понос. Такое чаще всего встречается в популяциях, для которых молоко – непривычная пища.

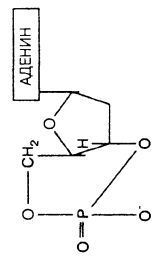
Другие важные роли – входят в состав **переносчиков электронов** NAD, FAD и NADP и переносчика энергии аденозинтрифосфата (АТФ).



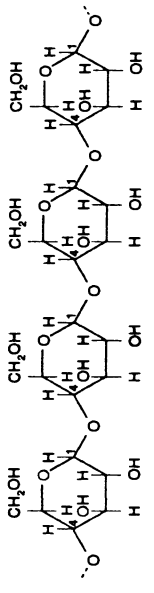
Рибоза и дезоксирибоза – составляющие **нуклеотидов**, являющихся **субъединицами нуклеиновых кислот** (например, ДНК).



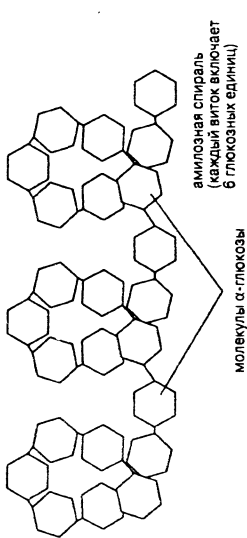
Циклический АМР – внутриклеточная сигнальная молекула.



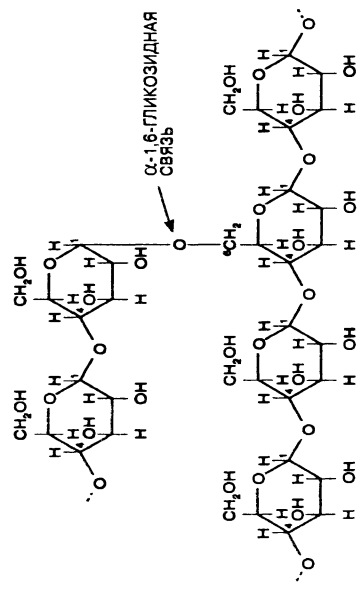
Крахмал состоит из двух полимеров α-глюкозы: **амилоза** обычно содержит около 300 молекул глюкозы, соединенных α-1,4-гликозидными связями



Из-за массивных боковых цепей на стороне -CH₂OH молекула принимает форму спирали (наиболее удачна для упаковки большого количества субъединиц в ограниченном пространстве).

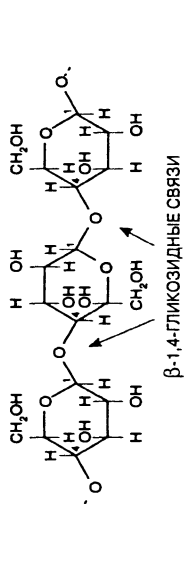


Амилопектин – это разветвленная цепь, включающая до 1500 глюкозных субъединиц. Отдельные α-1,4-цепи связаны между собой α-1,6-гликозидными связями.

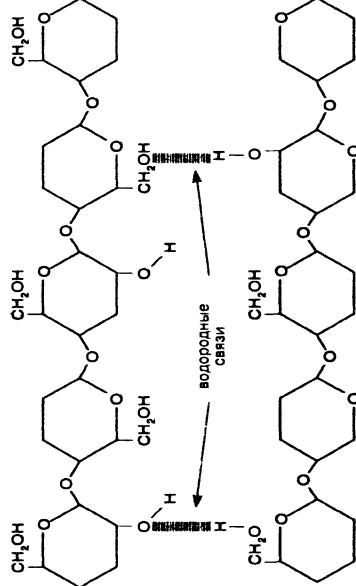


Поскольку молекула крахмала имеет так мало свободных концов, гидролизующий фермент **амилаза** имеет мало доступных точек для ее расщепления. Благодаря этому крахмал – превосходное **запасное вещество**.

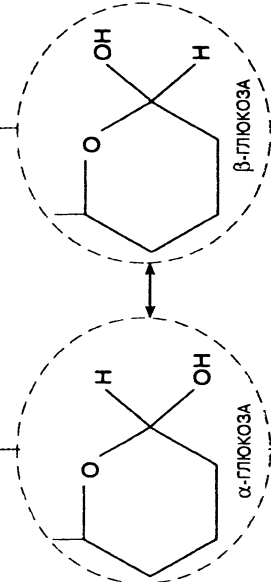
Полисахариды – это полимеры, образующиеся из моносахаридных субъединиц путем гликозидного связывания.



Затем параллельные полисахаридные цепи связываются поперечными **водородными связями**.



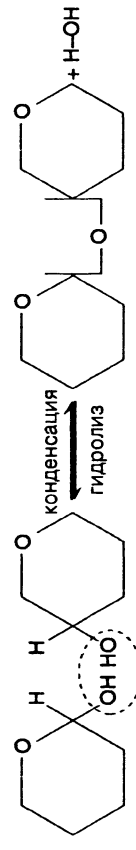
Такое поперечное связывание превращает проникновение воды. Целлюлоза очень устойчива к гидролизу и, следовательно, является прекрасной **структурной молекулой** (целлюлозные клеточные стенки). Она идеальна для растений, которые легко могут синтезировать большое количество углеводов.



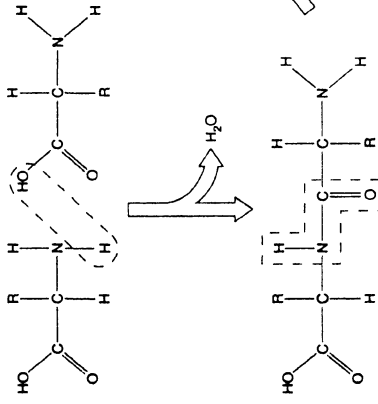
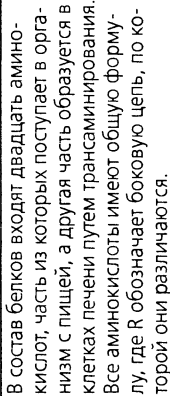
Гликоген – это полимер α-глюкозы, очень похожий на амилопектин, но с гораздо меньшим количеством поперечных связей и с более короткими α-1,4-цепями. Это больше подходит животным клеткам, которые запасают питательные вещества на более долгие сроки, чем растительные клетки.



Субъединицы объединяются путем **конденсации** (реакция сопровождается выделением молекул воды), а разделяются путем **гидролиза** (разрушение связей с участием воды).



Уровни структурной организации белков

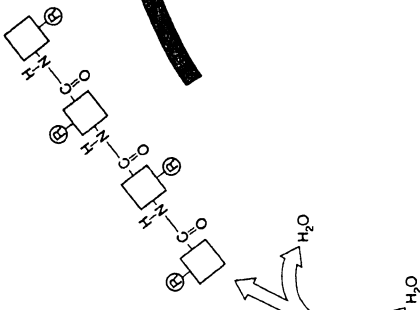


В процессе последовательной конденсации образуется линейная цепь аминокислот. Их последовательность представляет первичную структуру белка, которая поддерживается ковалентными связями между соседними аминокислотами.

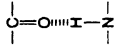
Отдельные аминокислоты соединены друг с другом пептидными связями, образуя полипептиды. В процессе переваривания белков пептидные связи подвергаются гидролизу.

Некоторые полипептидные молекулы, обладающие третичной структурой, могут объединяться друг с другом, образуя четвертичную структуру белка. Стабильность четвертичной структуры поддерживается слабыми взаимодействиями между R-группами соседних полипептидных цепей, а также силами Ван-дер-Ваальса, возникающими между субъединицами.

Смещение субъединиц относительно друг друга может нарушить функционирование белка. Примером белка с четвертичной структурой является переносчик кислорода гемоглобин.



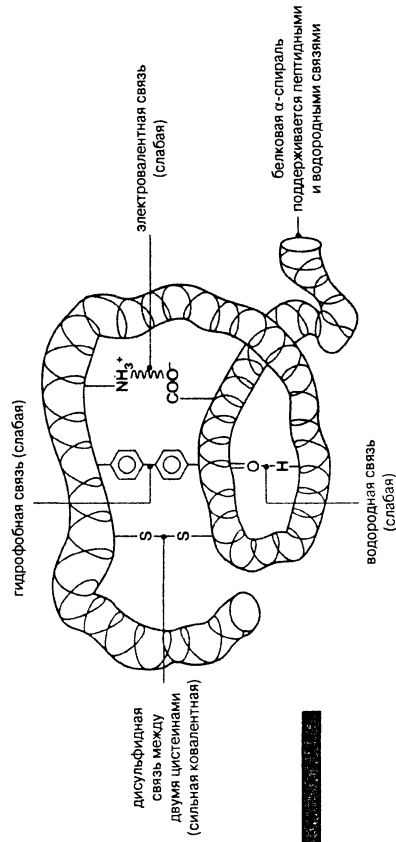
Полипептидная цепь может принять регулярную форму, называемую вторичной структурой белка. Один из вариантов – α -спираль – поддерживается водородными связями между C=O и N-H группами каждой четвертой пептидной связи.



Другой вариант вторичной структуры – β -складчатый слой – характеризуется образованием водородных связей между пептидными связями соседних полипептидных цепей.

Белки с хорошо развитой вторичной структурой относятся к фибриллярным. Примеры: кератин в волосах, миозин в мышцах, фибрин в кровяных тромбах.

Участки α -спирали могут далее скручиваться, образуя третичную структуру белка. Такая трехмерная конформация белка поддерживается целым рядом взаимодействий между R-группами полипептидной цепи.



Эти взаимодействия очень слабы, поэтому конформация таких глобулярных белков легко меняется под действием физических факторов. Эти изменения обратимы и важны для функционирования белковых молекул. Протеины с хорошо развитой третичной структурой – это глобулярные белки. Примеры: ферменты, мембранные рецепторы, сывороточный альбумин.

Функции белков

включают транспорт, катализ, защиту, хранение, координацию, чувствительность, а также структурную функцию.

Белки играют важную роль в транспорте через мембраны. Например, Na/K помпа транспортирует ионы через мембраны нервных клеток при подготовке к передаче потенциала действия.

Гемоглобин переносит кислород в крови, **миоглобин** запасает кислород в мышцах.

Фибриноген и **протромбин** – защитные белки, необходимые для свертывания крови.

Многие болезни вызываются вирусами, оболочку которых образуют **структурные вирусные белки**.

Коллаген, обнаруженный в соединительной ткани кожи, связок и сухожилий, является самым обильным из всех животных белков. Изменения в структуре коллагена отчасти ответственны за появление морщин на коже и склероз стенок артерий.

Актин и миозин – сократительные белки, содержащиеся в мышечной ткани, обеспечивают **возможность движения**.

Опсин является частью светочувствительного пигмента родопсина, обнаруженного в палочковидных клетках сетчатки.

Яд кобры содержит токсичный белок, блокирующий нервные функции.

Кератин – фибриллярный **структурный белок**, обнаруженный в чешуе, рогах, копытах, волосах и ногтях.

Коллаген – фибриллярный **структурный белок** соединительной ткани, содержащийся в коже, сухожилиях и связках.

Цитохром с – **транспортный белок**, участвующий в переносе электронов в дыхательной цепи.

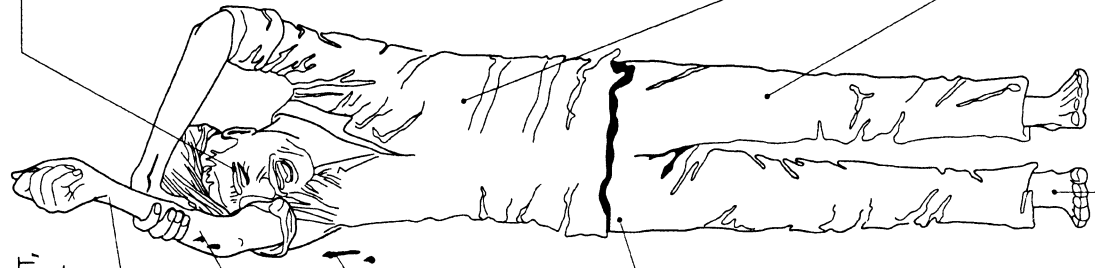
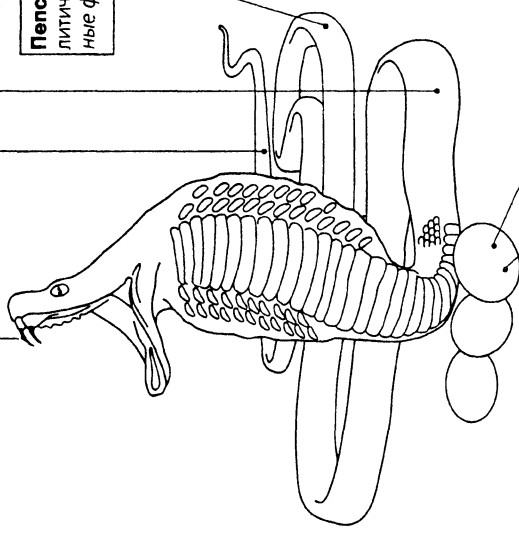
Пепсин и **липаза** – гидролитические **пищеварительные ферменты** кишечника.

Ферритин – **запасной белок**, удерживает железо в яичном желтке, печени и селезенке.

Альбумин – также **запасной белок**, может создавать запас воды в яичном белке.

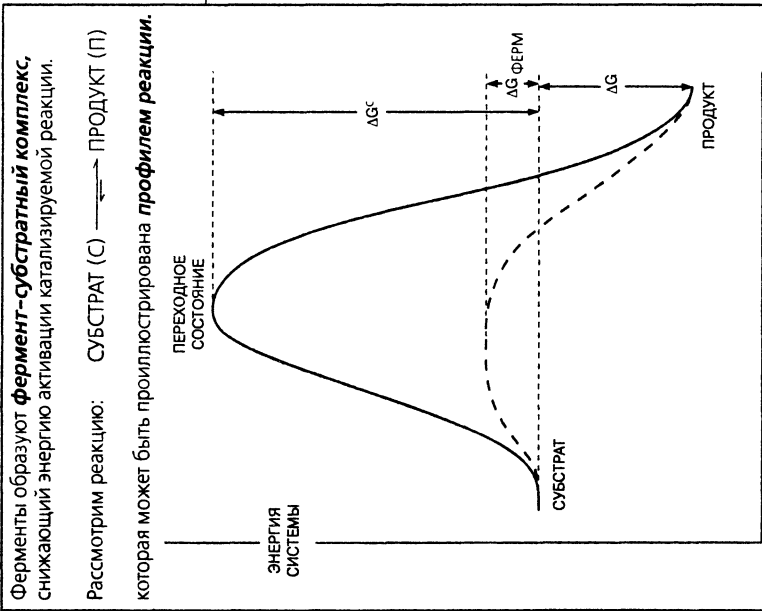
Инсулин – **гормон**, контролирующий уровень глюкозы в крови.

Антитела – это защитные белки, которые в процессе иммунного ответа ослабляют вредоносное воздействие чужеродных белков (**антигенов**).



Ферментативный катализ

Важным этапом в ферментативном катализе является связывание субстрата с активным центром.



Влияние фермента на энергию активации

Для реакции С→П скорость прямой реакции зависит от температуры и энергии активации (разницы свободных энергий между субстратом и переходным состоянием, ΔG^\ddagger). Скорость реакции пропорциональна числу молекул, имеющих энергию $\geq \Delta G^\ddagger$. **Ферменты действуют как катализаторы, предоставляя альтернативный путь реакции, в котором ΔG^\ddagger ниже.** Клетки не могут использовать нагревание для повышения скорости реакции из-за возможности денатурации.

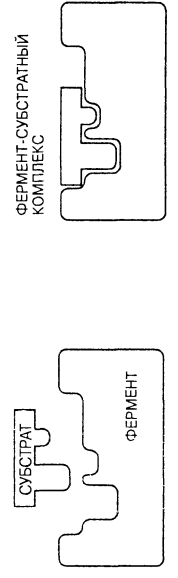
ХОД РЕАКЦИИ

$$\Phi + C \rightleftharpoons \Phi \cdot C \rightleftharpoons \Phi + П$$

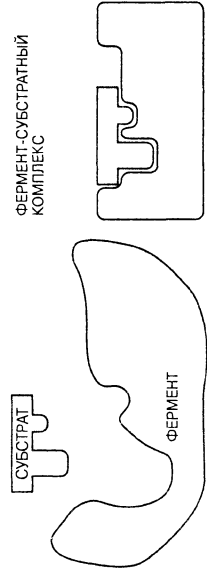
ФЕРМЕНТ-СУБСТРАТНЫЙ КОМПЛЕКС

Стереоспецифичность: соотношение субстрата(ов) и активного центра

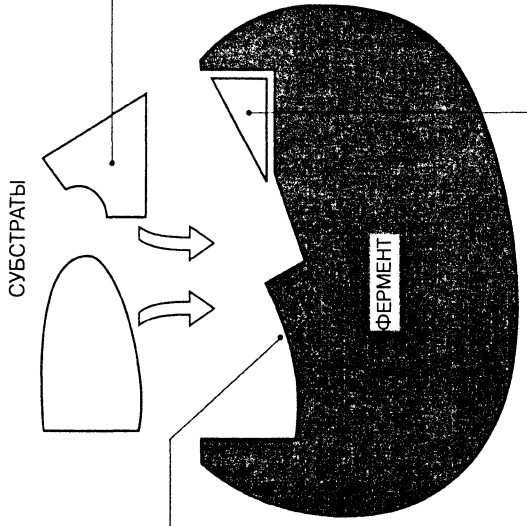
Эмил Фишер выдвинул **гипотезу «ключа и замка»**, предполагающую, что активный центр и субстрат **точно соответствуют друг другу по форме**.



На основании новых данных **Кошландом** была предложена **гипотеза индуцированного соответствия**, согласно которой активный центр и субстрат достигают полного соответствия только **после связывания субстрата**.



В настоящее время принят второй вариант, подразумевающий процесс **динамического распознавания**.



Кофакторы необходимы для активности многих ферментов

Некоторые кофакторы, такие как Zn^{2+} или Mg^{2+} , или порфириновые группы, как **гем** в каталазе, участвуют в формировании активного центра и не могут быть легко отделены от молекулы белка-фермента. Их обычно называют **простетическими группами**.

Некоторые, такие как NAD (никотинамидадениндинуклеотид), связываются с активным центром временно и непосредственно участвуют в реакции.

Пример:



Такие **кофакторы** курсируют между разными ферментными системами. Большинство из них образуется из компонентов пищи – **витаминов** (например, NAD образуется из никотиновой кислоты, входящей в группу витаминов В).

Названия и классификация ферментов

Изначально пищеварительным ферментам, содержащимся в желудке и тонком кишечнике, давали названия, оканчивающиеся на **-ин**, например пепс-ин и химотрипс-ин. Сейчас чаще всего название фермента образуют, прибавляя окончание **-аза** к названию катализируемой им реакции. Таким образом:

гидролаза катализирует гидролиз
 дегидрогеназа катализирует удаление водорода

Полное «тривиальное» (разговорное) название фермента включает также название его субстрата. Так,



В настоящее время разработана и принята международная цифровая система классификации ферментов, каждому из которых присваивается собственный номер. Согласно этой системе существует шесть типов реакций, катализируемых ферментами.



1. Оксидоредуктазы
2. Трансферазы
3. Гидролазы
4. Лиазы
5. Изомеразы
6. Лигазы

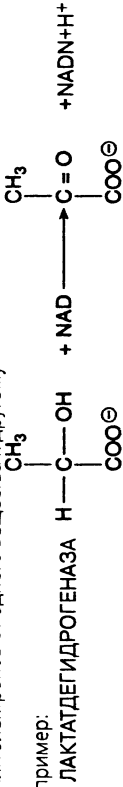
Каждая из групп подразделяется далее, так что каждый фермент четко идентифицируется кодом из четырех чисел. Например,

классификационный номер — 1.1.1.27 — субстрат — L-лактаза

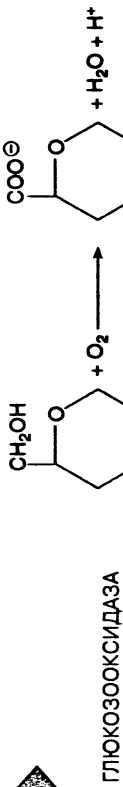
«известен также как ЛАКТАТ-ДЕГИДРОГЕНАЗА»

оксидоредуктаза выступает как донор —СНОН групп NAD как акцептор

катализируют **окислительно-восстановительные** реакции, т.е. перенос атомов H и O или электронов от одного вещества к другому



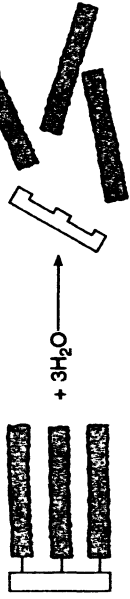
ЛАКТАТ ПИРУВАТ



ГЛЮКОЗА ГЛЮКОНОВАЯ КИСЛОТА

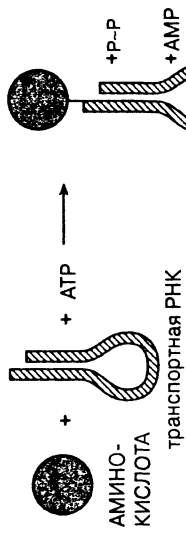
катализируют реакции **гидролиза**, т.е. расщепление одной молекулы на два продукта путем добавления молекул воды

пример: ЛИПАЗА



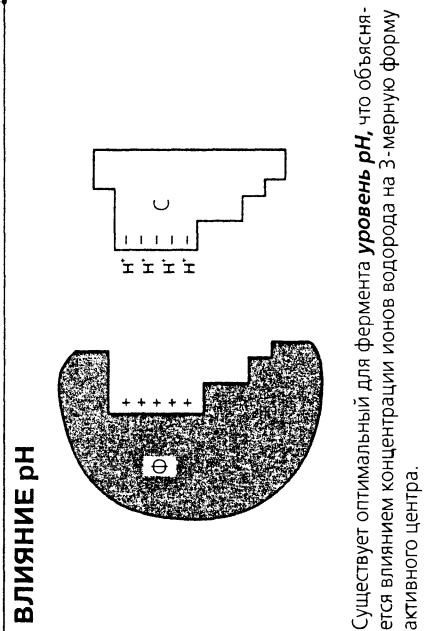
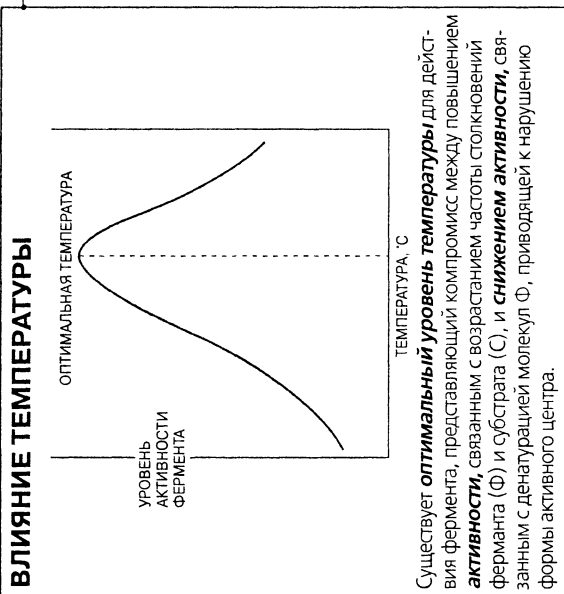
катализируют **синтетические** реакции, т.е. соединение двух молекул путем формирования новых C-O, C-C, C-N или C-S связей с одновременным расщеплением АТФ.

пример: АМИНОАЦИЛ-tРНК-СИНТЕТАЗА

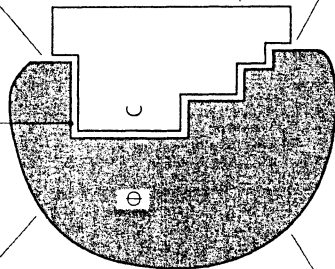


- это этап «активации» переноса аминокислот на рибосому в процессе белкового синтеза (стадия трансляции)

Факторы, влияющие на активность ферментов, действуют путем изменения частоты формирования фермент-субстратного комплекса.



Любой фактор, изменяющий конформацию фермента (определяющуюся его третичной структурой), изменяет форму активного центра. Он влияет на частоту образования фермент-субстратного комплекса и на скорость катализируемой реакции.



Конкурентные ингибиторы (И) конкурируют с субстратом за место на активном центре, поэтому они должны иметь сходную с ним структуру.

Успех связывания И с активным центром зависит от относительных концентраций И и С, поэтому такое ингибирование является **обратимым**; оно прекращается **при повышении концентрации субстрата**.

Например: малонат конкурирует с сукцинатам за место на активном центре фермента **сукцинатдегидрогеназы**.

Необратимое ингибирование происходит, если ингибитор ковалентно связывается с ферментом, необратимо изменяя форму активного центра. Пример: цианид (CN⁻) необратимо связывается с активным центром фермента **цитохромоксидаза**.

Неконкурентные ингибиторы снижают активность фермента, присоединяясь к его молекуле **вне активного центра** и искажая таким образом ее конформацию. Если связывание не является ковалентным, **ингибирование обратимо** (прекращается **при снижении концентрации ингибитора**). Многие ингибиторы такого типа – это **аллопостерические регуляторы** метаболизма.

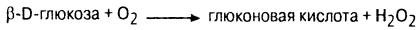
Например: АТФ контролирует уровень гликолиза, ингибируя фермент **фосфофруктокиназу**.

Активаторы могут быть необходимыми участниками структурного взаимодействия между активным центром и субстратом. Например, ионы хлора (Cl⁻) нужны для активирования фермента **амилазы слюны**.

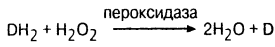
Существуют также **аллопостерические активаторы**, повышающие сродство фермента к субстрату. Они изменяют конформацию молекулы фермента, присоединяясь к **«аллопостерическому»** участку вне активного центра.

Глюкозооксидаза

Глюкозооксидаза катализирует следующую реакцию:



Быстрое и точное измерение уровня глюкозы очень важно и для медицины (например, у больных диабетом), и для промышленности (например, в ферментативных реакциях). Простой метод количественного анализа можно создать, соединив образование перекиси водорода и реакцию, в которой участвует фермент **пероксидаза**.



хромоген, донор водорода (бесцветный) окрашенное вещество

Пероксидаза окисляет органический хромоген (DH₂) до окрашенного вещества (D), используя перекись водорода. Количество образующегося окрашенного вещества D пропорционально количеству глюкозы, вступившей в реакцию. Оно может быть измерено с помощью колориметра или, более субъективно, с помощью тест-полосок путем их сравнения с цветовой шкалой.

Существует много применений ферментной технологии в промышленности. Технология с использованием ферментов имеет несколько преимуществ над технологией, использующей целые организмы.

- а. **Субстрат не расходуется на накопление биомассы.** Например, когда для получения алкоголя из сахара используют целые дрожжи, часть сахара всегда расходуется клетками на их собственный рост.
- б. **Устранение побочных реакций.** Целые организмы могут превращать часть субстрата в нужные им самим вещества или даже разрушать конечный продукт, используя свои ферменты.
- в. **Можно использовать условия, оптимальные для данного фермента.** Эти условия могут быть неоптимальными для целого организма – в некоторых организмах определенные ферменты работают не с максимальной эффективностью.
- г. **Облегчается очистка продукта.** Это особенно выражено при использовании иммобилизованных ферментов.



Этот метод анализа уровня глюкозы **высоко специфичен** и имеет огромное преимущество над химическими методами в том, что позволяет оценивать содержание глюкозы **в присутствии других сахаров**, например в биологических жидкостях (крови, моче), не требуя их предварительной обработки.

Ферменты глюкозооксидаза и пероксидаза, а также хромоген DH₂, могут быть нанесены на целлюлозную подложку. На этой основе созданы глюкометры, позволяющие диабетикам самостоятельно отслеживать уровень глюкозы в крови или моче.

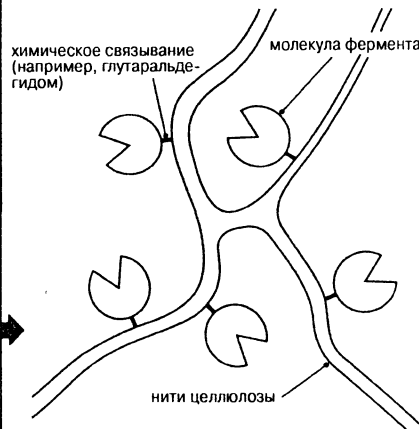
АНАЛИЗ

Коммерческое использование ферментов

ТЕКСТИЛЬ: **Субтилизин** – бактериальная протеаза (белок → аминокислоты), используемая в биоактивных моющих средствах, удаляющих пятна с одежды.

ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: **Амилаза** и **глюкозоизомераза** превращают крахмал в сиропы с высоким содержанием фруктозы. Эти сиропы обладают пониженной калорийностью.

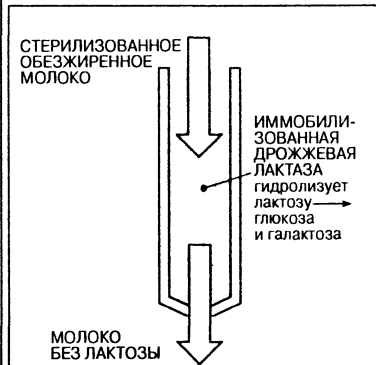
МЕДИЦИНА



Иммобилизация ферментов

Иммобилизация означает физическое или химическое закрепление ферментов или клеток на фибриллярной основе. Это дает существенные преимущества:

- а) молекулы фермента не теряются и могут использоваться снова и снова;
- б) фермент не загрязняет конечный продукт;
- в) в иммобилизованной форме ферменты могут быть значительно термостабильнее – например, иммобилизованная глюкозоизомераза стабильна при 65 °С.



Важное медицинское применение иммобилизованного фермента

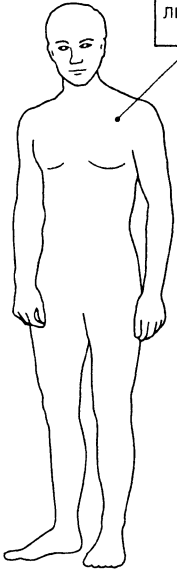
Некоторые взрослые люди **не усваивают лактозу**, так как у них нет кишечной лактазы. Непереваренная лактоза в кишечнике усваивается бактериями, вызывающими боли в животе и понос.

Молоко – важный пищевой продукт – может быть **освобождено от лактозы** путем перегонки через колонку с **дрожжевой лактазой**, иммобилизованной на нитях ацетата целлюлозы.

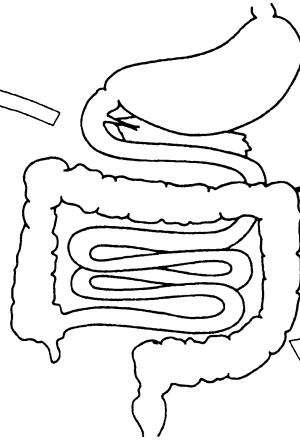
Клетки, ткани и органы

Составные части организма человека расположены в порядке возрастания сложности организации.

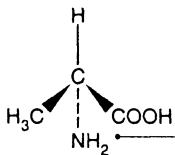
Организм человека состоит из десяти различных систем органов.



Система органов – это группа органов и тканей, выполняющих определенную функцию и работающих скоординированно. **Пищеварительная система** состоит из рта, глотки, желудка, тонкого и толстого кишечника и включает ряд желез, нервы и кровеносные сосуды. Все ее составляющие осуществляют функцию поглощения и переработки пищи.



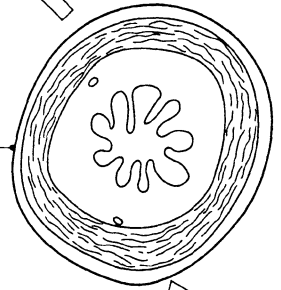
МОЛЕКУЛЫ – это строительные блоки всех организмов, включая человека. Необходимые молекулы должны поступать с пищей либо синтезироваться из ее компонентов. Например, аминокислота **аланин** является субъединицей, включенной в состав таких белков, как **актин**, **миозин** и фермент **АТРаза**.



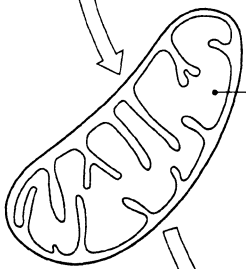
АЛАНИН

ОРГАНЫ – это группы тканей, объединенных для эффективного выполнения общей функции. Например, **подвздошная кишка** состоит из гладких мышц, нервной ткани, кровеносных сосудов и эпителия. Все эти компоненты объединены соединительной тканью и осуществляют переваривание и всасывание.

ПОДВЗДОШНАЯ КИШКА

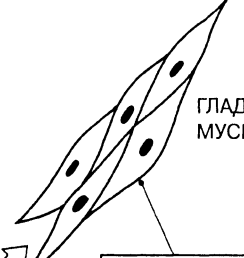


ОРГАНЕЛЛЫ – это субклеточные отделы, выполняющие специфические клеточные функции. Например, **митохондрия** обладает мембранами, расположенными особым образом, мембранными белками и ферментами матрикса, которые все вместе осуществляют окисление молекул пищи и последующий синтез АТФ. В связи с этим митохондрий особенно много в клетках с высоким расходом АТФ (энергии), например в мышечных.



МИТОХОНДРИЯ

ГЛАДКАЯ МУСКУЛАТУРА



ГЛАДКОМЫШЕЧНАЯ КЛЕТКА

КЛЕТКИ – это единицы живой материи, окруженные плазматической мембраной. Как правило, клетки структурно и химически специализированы. Например, **гладкомышечные клетки** вытянуты вдоль оси сокращения и содержат множество молекул сократительных белков – **актина** и **миозина**.

ТКАНЬ – это группа сходных клеток, тесно ассоциированных друг с другом и специализирующихся на выполнении какой-либо функции или набора функций. Например, **гладкая мускулатура** образована множеством идентичных клеток, специализирующихся на сокращении.

Эпителий и соединительная ткань

ЭПИТЕЛИИ – это ткани, покрывающие или выстилающие поверхности организма.

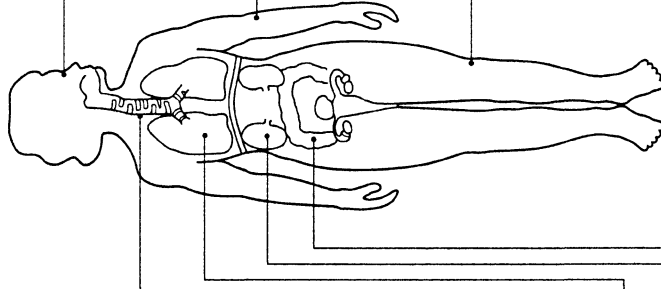
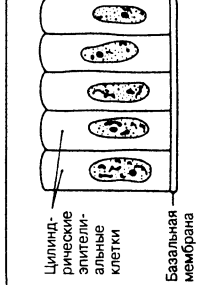
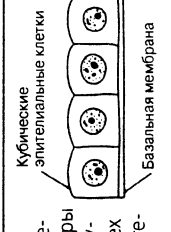
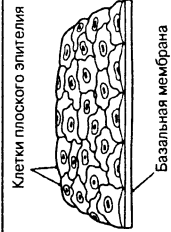
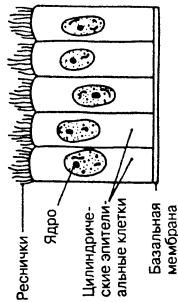
Простые эпителии состоят лишь из одного слоя клеток. Они обычно присутствуют в тех областях, где важнейшую роль играет перенос веществ через ткань. Они делятся на четыре типа, названия которых происходят от формы клеток, отражающей их функцию. Одной стороной клетки всегда прикреплены к базальной мембране.

Мерцательный эпителий имеет цилиндрическую форму, при этом свободная поверхность клеток покрыта ресничками. Ритмические движения ресничек, выстилающих канал, продвигают его содержимое в одном направлении. Этот тип встречается в верхних дыхательных путях, где реснички продвигают слизь в направлении плотки.

Плоский эпителий состоит из одного слоя уплощенных клеток, образующих вместе подобие мозаики. Такой тонкий, гладкий клеточный слой характерен для поверхностей, через которые идет быстрая диффузия, например, альвеол легких, кровеносных и лимфатических сосудов. Плоский эпителий также выстилает сердце.

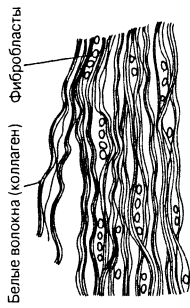
Кубический эпителий образован клетками, имеющими большой объем; это необходимо при высоком уровне метаболизма, например при активном поглощении. Примеры можно найти в собирательных трубочках почки, фолликулах щитовидной железы, а также во многих железах. В тех участках, где идет активная абсорбция, поверхность эпителия может быть покрыта микроворсинками.

Цилиндрический эпителий имеет сильно вытянутую форму. Его клетки поляризованы, т.е. их противоположные поверхности выполняют различные функции. Обычно присутствуют простые секреторные (бокаловидные) клетки, секретирующие слизь, которая служит смазкой или защитой от самопереваривания. Этот тип широко распространен в пищеварительном тракте.

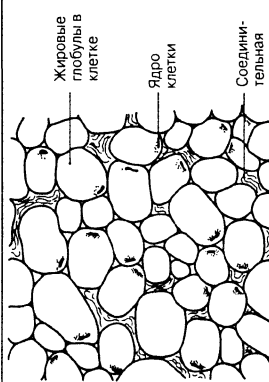


СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ТКАНИ объединяют в организме другие типы тканей и состоят из клеток и межклеточного матрикса.

Белая фиброзная ткань состоит главным образом из плотно упакованных пучков белых коллагеновых фибрилл. Вдоль этих пучков располагаются фибробласты, образующие ряды. Эта ткань почти не растяжима, поэтому она способна передавать механические усилия, а также прочно связывать органы друг с другом. Белая фиброзная (плотная соединительная) ткань обнаружена в сухожилиях. С увеличением количества эластиновых волокон возрастает эластичность (растяжимость) ткани при некотором снижении ее прочности. Такая ткань встречается в связках.

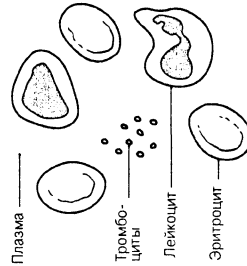


Жировая ткань состоит из округлых клеток, заполненных жировыми глобулами и окруженных матриксом – ареолярной тканью. Ее функции: запасание питательных веществ, механическая и термическая изоляция и поддержка органов (например, почек и глаз).



Эпителии могут страдать от повышенной потери клеток путем смывания и апоптоза (программируемой клеточной гибели). Например, кишечный эпителий теряет около 10¹¹ клеток каждый день, примерно такое же количество теряется на поверхности кожи. В нормальных условиях эти потери и размножение клеток точно сбалансированы, однако нарушение регуляции клеточного деления может привести к дисбалансу. Неудивительно в связи с этим, что более 85% всех раковых заболеваний возникают в эпителиях.

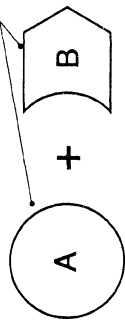
Функции крови отличаются от функций других единичных тканей, но она имеет такое же строение: состоит из клеток, окруженных внеклеточным матриксом. В данном случае матриксом является плазма, в которой содержатся эритроциты (транспортные дышаемые газы), лейкоциты (участвующие в защите от заболеваний) и тромбоциты (участвующие в свертывании крови).



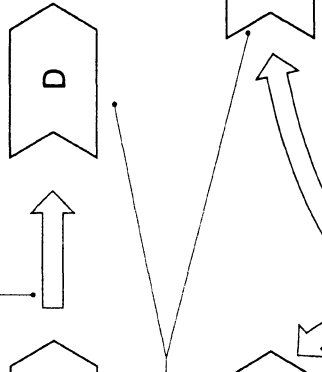
Метаболические пути

помогают упорядочить метаболизм: каждый путь представляет собой последовательность реакций, выстроенную таким образом, что продукты одной реакции становятся субстратами для следующей.

Реагенты (предшественники) – это начальные субстраты метаболического пути.



Промежуточные продукты – это вещества, присутствующие в точках пересечения или разветвления метаболических путей.



Метаболизм
– это сумма химических реакций, происходящих в клетке

= Катаболизм
– это реакции распада, поставляющие энергию и «строительные материалы».

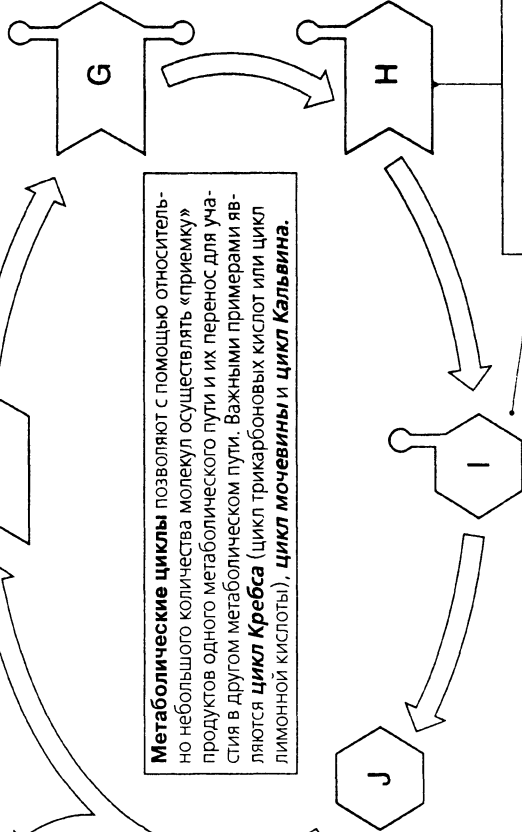
+ Анаболизм
– это синтез больших сложных молекул из субъединиц.



Конечные продукты – это вещества, которые клетка может использовать, запасать или секретировать. Эти вещества не должны накапливаться, поэтому их концентрация обычно регулирует скорость первой реакции соответствующего метаболического пути путем **аллостерического контроля** или **ингибирования конечного продукта**.

Ферменты катализируют конкретные этапы метаболического пути. Они высоко специфичны; часто фермент, действующий на первом этапе метаболического пути, аллостерически регулируется конечным продуктом.

В точке разветвления промежуточный продукт может запустить метаболический путь по одному из нескольких дальнейших вариантов в зависимости от нужд клетки. «Переключение» происходит путем изменения активности ферментов в точке ветвления. Некоторые точки ветвления представляют собой **ключевые пункты** метаболизма.



Метаболические циклы позволяют с помощью относительно небольшого количества молекул осуществлять «приемку» продуктов одного метаболического пути и их перенос для участия в другом метаболическом пути. Важными примерами являются **цикл Кребса** (цикл трикарбоновых кислот) или цикл лимонной кислоты, **цикл мочевины** и **цикл Кальвина**.

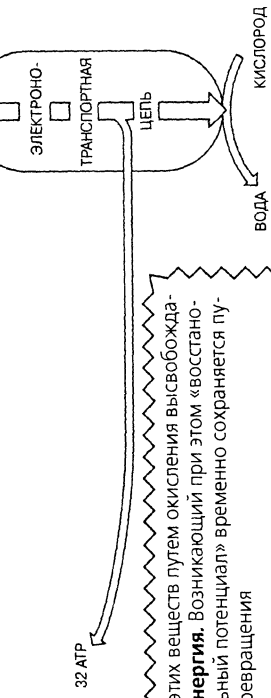
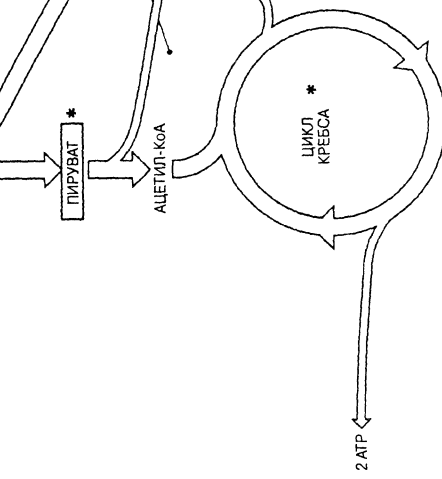
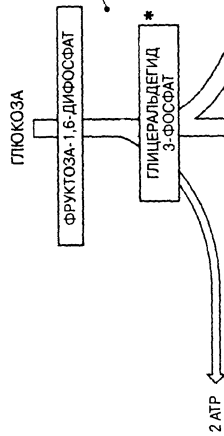
Метаболиты – это вещества, включенные в метаболический путь, часто являющиеся его **промежуточными** продуктами.

Преимущества метаболических путей

1. Так как продукты одной реакции становятся субстратами для последующих, **равновесие** не достигается. Это дает возможность постоянно поддерживать биохимические реакции.
2. Реагенты могут модифицироваться постепенно, небольшими шагами – таким образом, энергия высвобождается в контролируемых количествах, и в структуре молекул могут делаться необходимые исправления.
3. Каждый шаг катализируется особым ферментом, и через каждый фермент может осуществляться **контроль** всего пути.
4. Этапы пути могут быть пространственно организованы таким образом, что продукт одной реакции локализован идеально для того, чтобы стать субстратом следующей. Это позволяет достигать высоких концентраций субстрата и ускорять течение реакций. Путь, организованный таким образом, может катализоваться мультиферментным комплексом.

Клеточное дыхание

СОСТОИТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ПРОСТРАНСТВЕННО ЛОКАЛИЗОВАННЫХ СТАДИЙ.



* Из этих веществ путем окисления высвобождается энергия. Возникающий при этом «восстановительный потенциал» временно сохраняется путем превращения

$$NAD \text{ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ } \rightarrow NADH + H^+$$

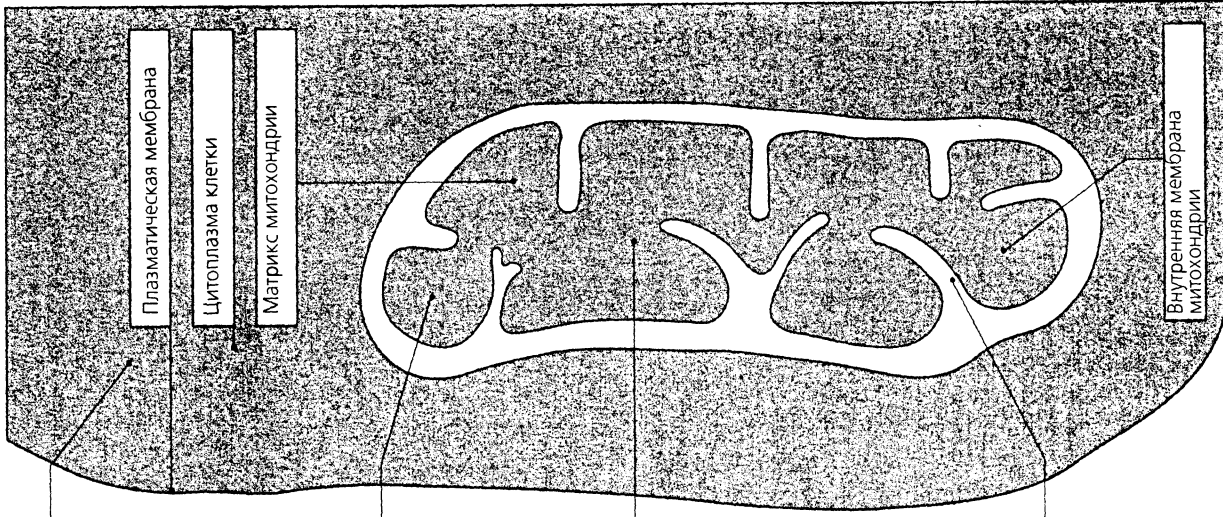
NADH и H⁺ затем переносятся по электрохимическому градиенту, и выделяющаяся энергия используется для химического синтеза АТФ.

Первая стадия: процесс гликолиза состоит примерно из десяти этапов. Глюкоза расщепляется («лизируется») на две молекулы пирувата. При этом образуются две молекулы АТФ и две молекулы восстановленного кофермента. Эта стадия может протекать анаэробно.

Вторая стадия: превращение пирувата в ацетил КоА направляет молекулу пирувата в цикл Кребса. Образуются две молекулы восстановленного кофермента.

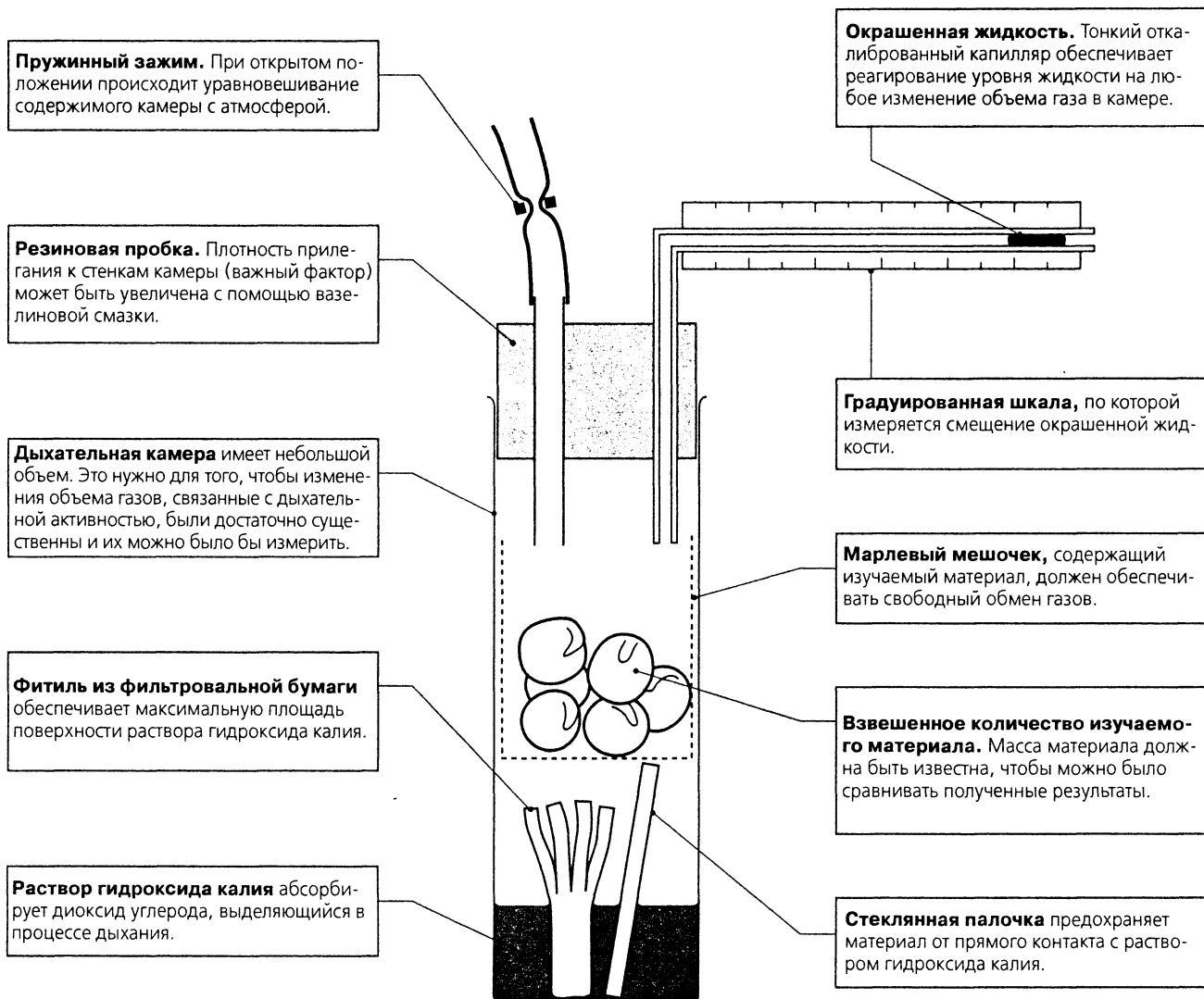
Третья стадия: цикл Кребса (трикарбоновых кислот) представляет собой серию окислительных реакций. **На каждом витке цикла** образуется одна молекула АТФ и четыре молекулы восстановленного кофермента. (На каждую молекулу глюкозы приходится два «оборота» цикла.) Это аэробная стадия.

Четвертая стадия: окислительное фосфорилирование. Генерируется градиент протонов и его электрохимический потенциал используется для синтеза 32 молекул АТФ. Аэробная стадия.



Респирометры и дыхательный коэффициент

ПРИНЦИП МЕТОДА: Диоксид углерода, выделяющийся при дыхании, абсорбируется раствором гидроксида калия. Если система изолирована от атмосферы, изменение объема газа в камере происходит за счет потребления кислорода. Изменение объема, т.е. потребление кислорода, оценивается по движению окрашенной жидкости в капилляре.



МЕТОДИКА

1 Пружинный зажим прибора, содержащего известную массу материала, открывают, чтобы установилось равновесие.

2 Пружинный зажим закрывают и замечают время (t , в минутах), за которое окрашенная жидкость в капилляре пройдет расстояние, равное l мм.

Потребление кислорода = l единиц

3 Удаляют раствор КОН и замечают движение жидкости за то же время, t .

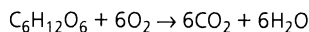
Объем поглощенного O_2 – Объем выделенного CO_2 = m единиц

Тогда ДК = $(l-m)/l$

ДЫХАТЕЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ (ДК)

$$= \frac{\text{объем выделенного } CO_2}{\text{объем поглощенного } O_2} \text{ для данного дыхательного субстрата}$$

Аэробное окисление углевода в процессе дыхания



Таким образом, ДК = $6/6 = 1.0$

Для липида ДК = 0.7, для белка ДК = 0.95

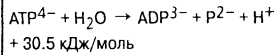
Следовательно, природа дыхательного субстрата может быть определена путем измерения его ДК.

При смешанной диете (углеводы/липиды) ДК = 0.85

При голодании (использовании белковых запасов организма) ДК = 0.9–1.0

АТФ: энергетическая «валюта» клетки

Гидролиз АТФ – выгодная реакция

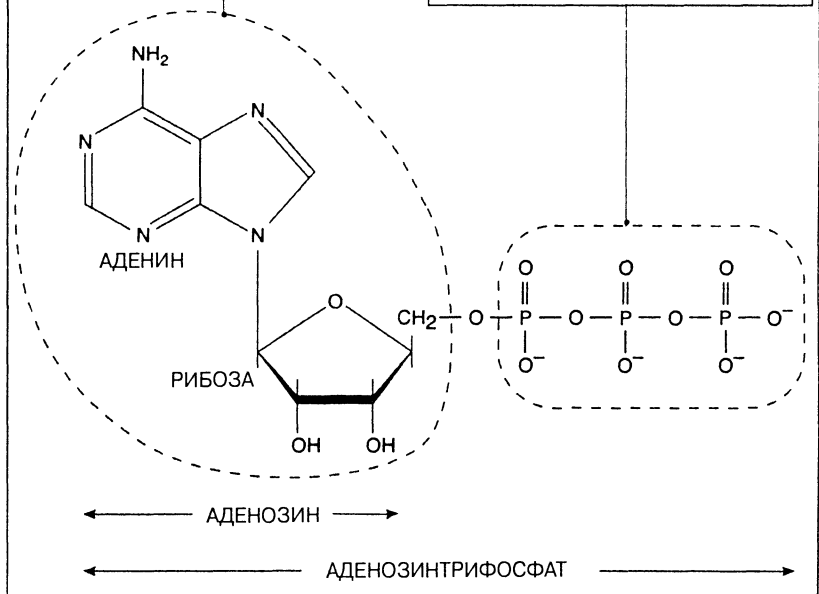


Терминальная фосфатная группа соединена с молекулой АТФ реакционно-способной связью, при разрыве которой выделяется 30.5 кДж/моль. Эта реакция осуществляется очень легко, поскольку:

1. Отталкивание между четырьмя отрицательными зарядами в АТФ⁴⁻ уменьшается, когда АТФ гидролизуется, поскольку два отрицательных заряда уходят с фосфатной группой.
2. Ионы H⁺, которые высвобождаются при гидролизе АТФ, взаимодействуют с ионами OH⁻, образуя воду – это энергетически выгодная реакция.
3. Распределение зарядов на ADP + P²⁻ более стабильно, чем на АТФ.

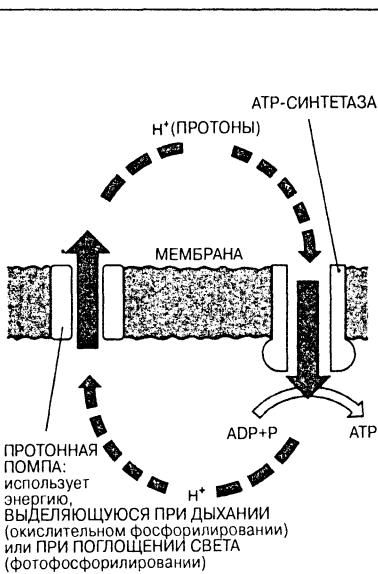
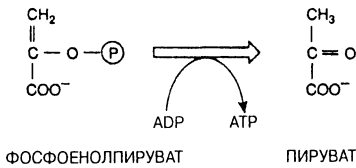
Эта часть молекулы действует подобно «ручке» – ее форма распознается высоко специфичными ферментами.

Эта часть молекулы содержит ангидридные связи (O-P), которые гидролизуются в **экзергонических** реакциях (т.е. идущих с выделением энергии) и образуются в **эндэргонических** реакциях (идущих с потреблением энергии).



Субстратное фосфорилирование: фосфатная группа переносится с фосфорилированного вещества на ADP.

Пример:



Хемиосмос: Градиент протонов, возникающий на непроницаемой мембране, служит источником энергии для фосфорилирования ADP.

АТФ: ЦЕНТРАЛЬНАЯ МОЛЕКУЛА МЕТАБОЛИЗМА

Сокращение мышц: гидролиз АТФ изменяет положение «головок» миозина относительно актина.

Синтез мочевины: гидролиз АТФ запускает цикл орнитина, в котором удаляется токсичный аммиак.
 $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + 3\text{ATP} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{мочевина} + \text{AMP} + 2\text{ATP}$

Синтез белков: АТФ используется для присоединения аминокислоты к тРНК.

Системы активного транспорта действуют за счет фосфорилирования мембранносвязанных белков.

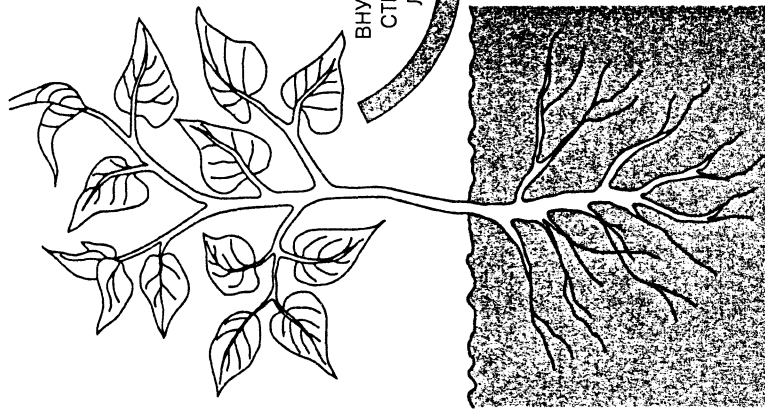
Цикл Кальвина (темновая стадия фотосинтеза): Гидролиз АТФ запускает превращение CO₂ в триозофосфат.
 $3\text{CO}_2 + 6\text{ATP} \rightarrow \text{триозофосфат}$

Связывание азота включает АТФ-зависимое окисление молекулярного азота.
 $\text{N}_2 + 8[\text{H}] + 12 \text{ATP} \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + 12\text{ADP} + 12\text{P}$

Билюминесценция: Гидролиз АТФ обеспечивает окисление люциферина, при котором энергия высвобождается в виде света – полезно для светлячков!



Структура листа приспособлена к фотосинтезу и газообмену.



Фототропизм – это реакция, направляющая рост побегов к свету, чтобы обеспечить наилучшее освещение листьев.

Большая площадь поверхности листа удерживается перпендикулярно к источнику света – за это отвечает «система слежения».

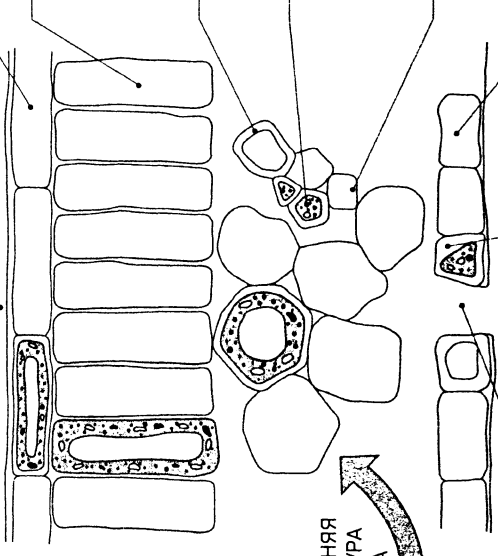
Листья имеют малую толщину, для того чтобы облегчить доступ света к фотосинтезирующим клеткам.

Листовая мозаика – это расположение листьев, позволяющее достичь минимального переэкранирования (затенения) и максимального освещения.

Система побегов удерживает листья в положении, оптимальном для освещения и захвата CO_2 .

Этиоляция – это усиленный рост в длину побегов, находящихся в темноте.

Кутикула: состоит из воскообразного вещества, называемого **кутикулом**, и секретируется эпидермисом. Именно кутикула, а не сам эпидермис, уменьшает потерю влаги путем испарения. У ксерофитов имеет существенную толщину.



Устьице может быть открыто (идет диффузия O_2 и CO_2 по градиентам концентрации) или закрыто (ограничивает потерю влаги через испарение).

Нижний эпидермис: выполняет защитные функции, как и верхний. Кутикула обычно тоньше (меньше света → ниже температура → меньше испарение).

Замыкающая клетка: содержит хлоропласты и мембранные белки, накапливающие ионы K^+ для создания осмотического потенциала. Неоднородная по толщине клеточная стенка позволяет открывать и закрывать устьице за счет изменения тургора замыкающей клетки.

Верхний эпидермис: состоит из одного или двух слоев клеток. Защищает от **потери влаги** (либо с помощью кутикулы – см. левее – либо с помощью эпидермальных волосков, задерживающих влагу и отражающих свет) и от **проникновения патогенов**, так что внутренняя часть листа остается влажной и стерильной. Прозрачен для видимого света.

Палисадный мезофилл: это основное место фотосинтеза. Клетки ориентированы вертикально и содержат множество хлоропластов, которые могут перемещаться с током цитоплазмы, чтобы занять оптимальную позицию для поглощения света и последующего фотосинтеза.

Сосуд ксилемы: транспортирует воду и минеральные соли в листья. Одревеснение клеточных стенок помогает поддерживать растущую листовую пластинку.

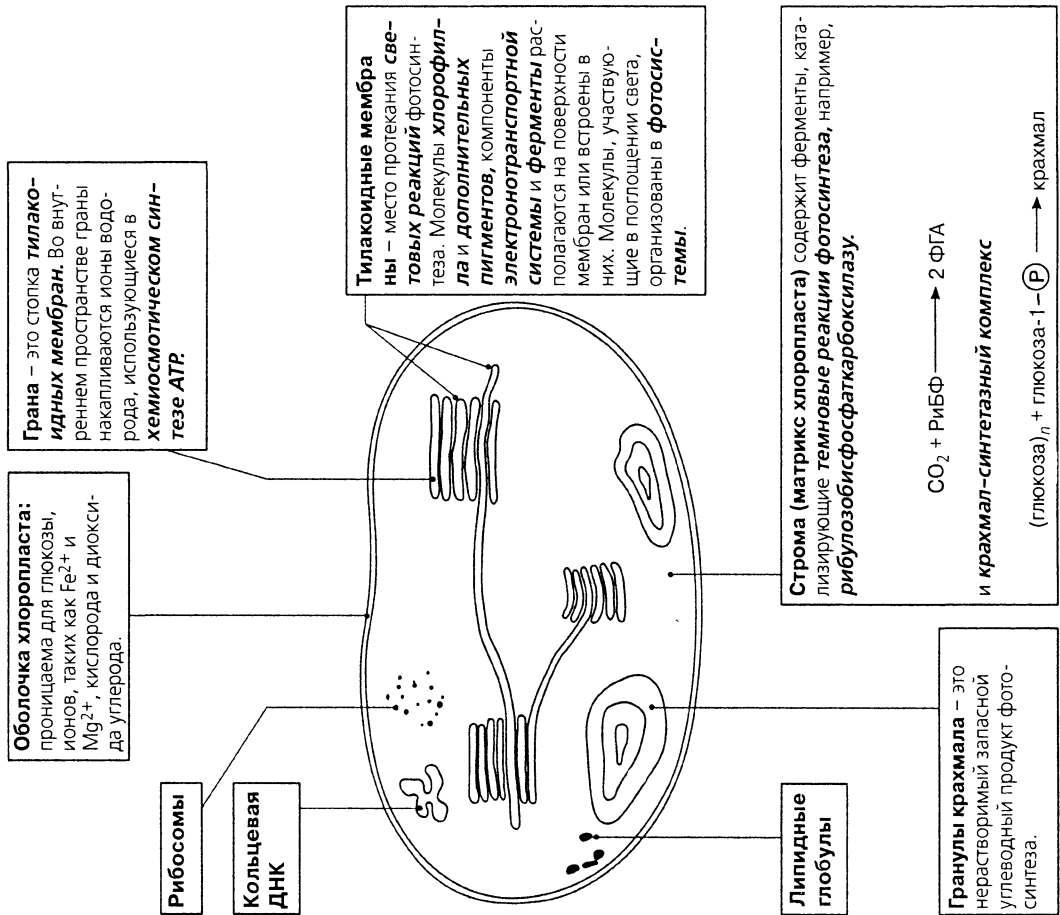
Ситовидная трубка флоэмы: транспортирует продукты фотосинтеза (главным образом сахарозу) и может переносить другие органические вещества, такие как аминокислоты, и ионы, например фосфатные.

Губчатый мезофилл: клетки неправильной формы расположены рыхло, так что между ними остаются воздушные полости, через которые диффундируют газы. С поверхности этих клеток испаряется большое количество воды.

Эпидермис, мезофилл, флоэма и ксилема – это типы **тканей**.

- Каждая из них состоит из клеток
- со сходной структурой
- с одинаковыми функциями
- имеющих общее происхождение.

Хлоропласты: органеллы, содержащие фоточувствительные пигменты и осуществляющие фотосинтез



ХРОМАТОГРАФИЯ – это метод разделения смеси на компоненты. Смесь наносится на неподвижную среду (например, на бумагу), помещенную в стеклянную колонку и погруженную в растворитель. Молекулы смеси разделяются в зависимости от их относительной аффинности (склонности «прилипнуть») к неподвижной среде.

СМЕСЬ В РАСТВОРИТЕЛЕ

НЕПОДВИЖНАЯ СРЕДА

Метод бумажной хроматографии позволяет идентифицировать компоненты смеси по величине R_f , постоянной для данного вещества:

$$R_f = \frac{\text{расстояние, пройденное веществом}}{\text{расстояние, пройденное фронтом растворителя}}$$

Хроматография показывает, что хлорофилл – это смесь пигментов

β -каротин (оранжевый)

Феофитин (серый) – продукт распада хлорофилла

Ксантофилл (желтый)

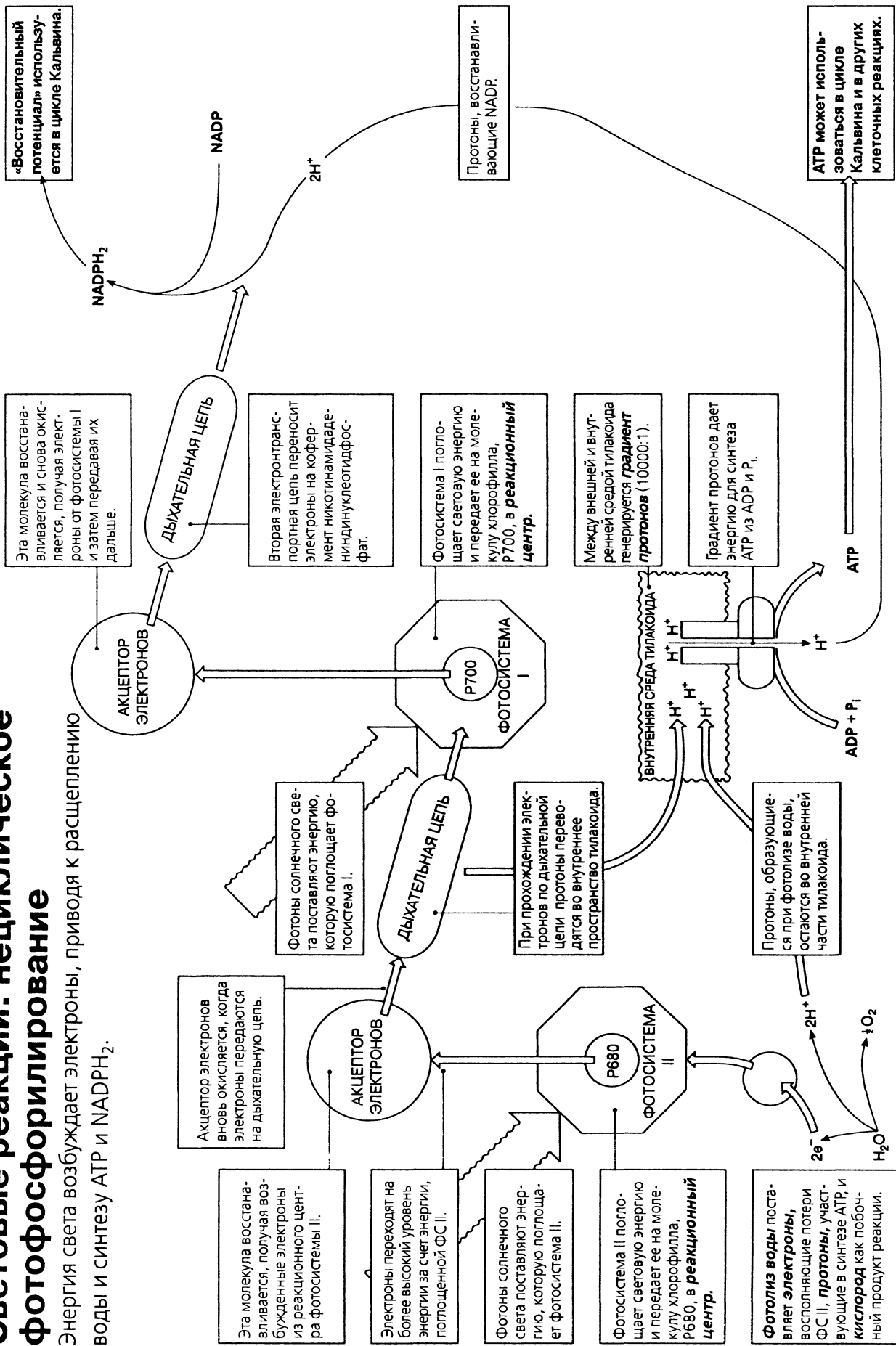
β -каротин и ксантофилл относятся к **каротиноидам**. Это **дополнительные пигменты**, которые поглощают в сине-фиолетовом спектре и передают полученную энергию на **первичные пигменты** в фотосинтетическом реакционном центре.

Хлорофилл – это **основной пигмент**, использующий энергию света для проведения химических реакций фотосинтеза (образования АТФ и $NADPH_2$).

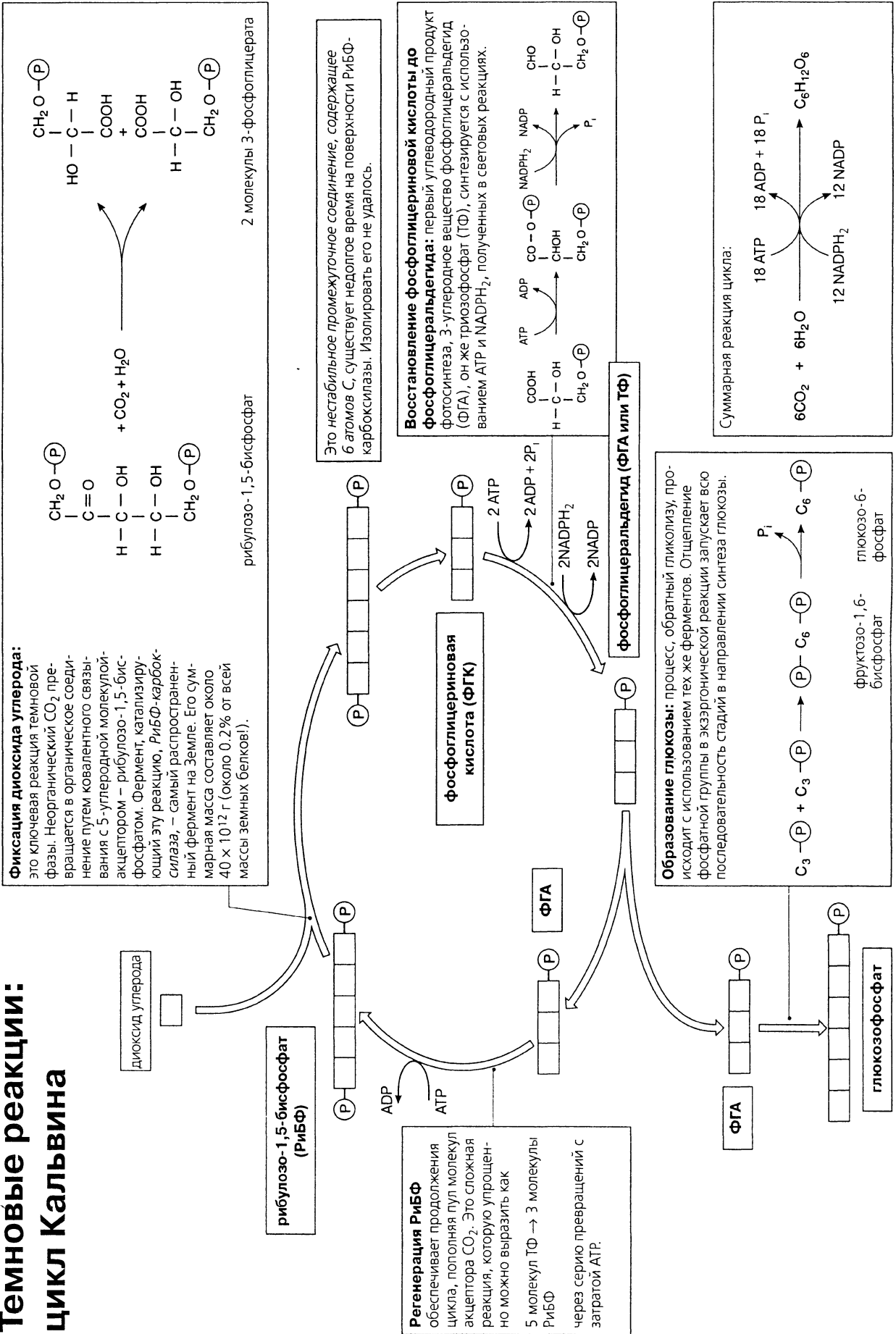
Хлорофилл b (сине-зеленый) – дополнительный пигмент.

Световые реакции: нециклическое фотофосфорилирование

Энергия света возбуждает электроны, приводя к расщеплению воды и синтезу АТФ и $NADPH_2$.



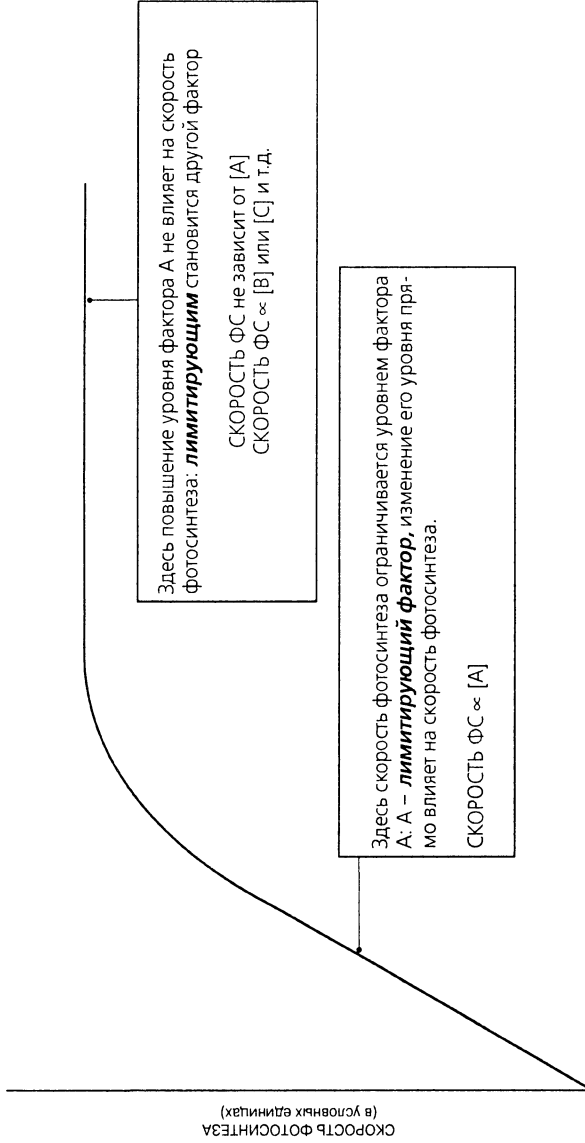
Темновые реакции: цикл Кальвина



Закон лимитирующих факторов

Принцип Блэкмана: «когда на процесс влияют несколько факторов, его скорость лимитируется тем из них, который ближе всего к минимальному уровню: изменение **именно этого фактора** непосредственно влияет на данный процесс».

Фотосинтез – это многостадийный процесс, поэтому к нему применим принцип лимитирующих факторов. Например, цикл Кальвина зависит от снабжения АТФ и от восстанавливающей силы, образующейся в световых реакциях.



Скорость многостадийного процесса может в разное время зависеть от разных факторов. Фотосинтез может ограничиваться **температурой** воздуха в утреннее время, в пасмурную погоду – **интенсивностью света**, в другое время – **концентрацией диоксида углерода**. В Британии в летний период главным лимитирующим фактором является **концентрация диоксида углерода**: в атмосфере она составляет всего около 0.04%. Возрастающие выбросы CO_2 при сгорании горючего может стимулировать фотосинтез.

Изучение лимитирующих факторов помогает понять **механизм фотосинтеза**. Если **освещение** является лимитирующим фактором, можно предположить, что эта **стадия ФС зависит от света**; влияние **температуры** говорит о том, что происходят реакции, **катализируемые ферментами**; **совместное влияние $[CO_2]$ и температуры** указывает на ферментативное **связывание диоксида углерода**. Существуют несколько лимитирующих факторов свидетельствует, что **фотосинтез – это многостадийный процесс**.

Изучение лимитирующих факторов имеет **экономическое и сельскохозяйственное значение**. Поскольку $[CO_2]$ является лимитирующим фактором, урожайность в парниках стимулируют, повышая локальную концентрацию диоксида углерода (распыляя газ или сжигая топливо). Кроме того, понятно, что возрастающие расходы на освещение и обогрев экономически неоправданы, если эти факторы не являются лимитирующими в данных условиях.

Лимитирующие факторы фотосинтеза:

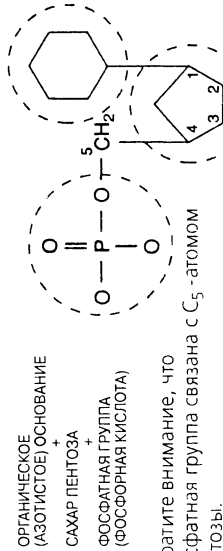
- Интенсивность освещения:** энергия света необходима для синтеза АТФ и $NADPH_2$ во время световой фазы фотосинтеза.
- Концентрация диоксида углерода:** CO_2 связывается в реакции с рибулозобисфосфатом в начальной стадии цикла Кальвина.
- Температура:** влияет на работу ферментов, катализирующих реакции цикла Кальвина и некоторые из световых реакций.
- Наличие воды и концентрация хлорофилла** в нормальных условиях не являются лимитирующими факторами фотосинтеза.

Нуклеиновые кислоты I: ДНК

Дезоксирибонуклеиновая кислота

Согласно **модели Уотсона – Крика молекула ДНК** представляет собой двойную спираль, образованную двумя комплементарными антипараллельными полинуклеотидными цепями.

Нуклеотиды – это субъединицы нуклеиновых кислот, в том числе ДНК. В состав каждой субъединицы входят:



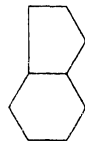
В состав ДНК входят четыре различных нуклеотида, отличающихся только своими органическими (азотистыми) основаниями.

Пиримидиновые основания – цитозин (Ц) и тимин (Т) имеют одно кольцо



и

пуриновые основания – аденин (А) и гуанин (Г) имеют двойное кольцо.



Для формирования двухцепочечной молекулы ДНК очень важно то, что эти два типа оснований различаются в размерах.

Образование **полинуклеотида** из мононуклеотидов происходит путем формирования 3' 5'-фосфодиэфирных связей. При этом фосфатная группа образует мостик между C₃ одной молекулы сахара и C₅ следующей за ней молекулы сахара.

Это 5'-конец цепи, поскольку с C₅-атомом молекулы сахара связана свободная фосфатная группа.

На виток двойной спирали приходится 10 пар оснований.

Было предположено, что водородные связи, удерживающие вместе обе цепи ДНК, формируются в результате **спаривания оснований**. Для соблюдения размеров молекулы каждая пара оснований включает один пурин и один пиримидин.

Наиболее стабильная двойная спираль с максимальным количеством водородных связей формируется при спаривании

A T (две водородные связи)

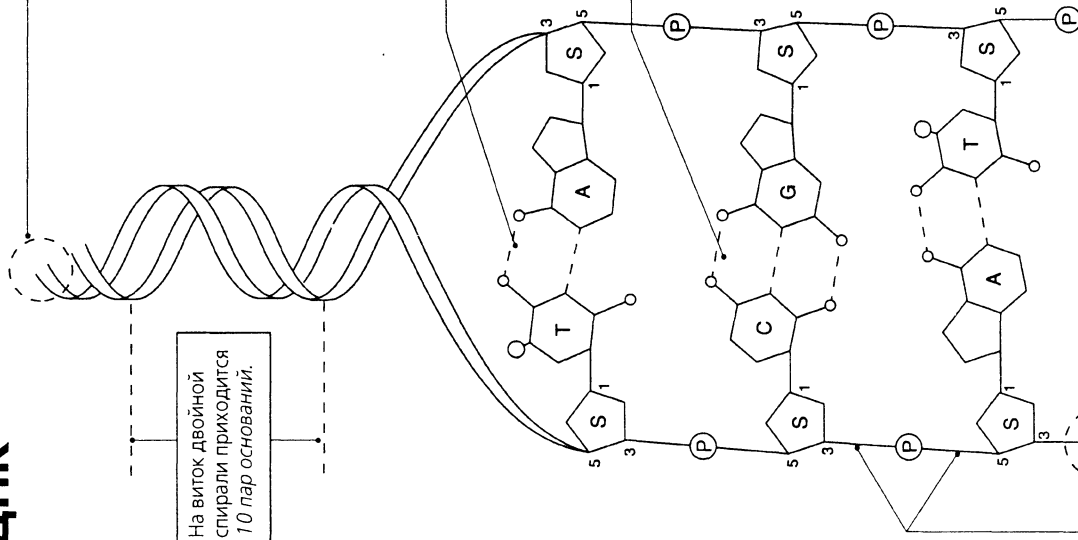
и G C (три водородные связи)

Это две пары **комплементарных оснований**.

Обратите внимание, что для образования и поддержания этих водородных связей нуклеотиды развернуты по отношению друг к другу таким образом, что их фосфатные группы (обозначены «Р») **«смотрят» в противоположных направлениях**.

Цепи **антипараллельны**, т.е. напротив 3'-конца одной цепи находится 5'-конец другой.

Цепи **комплементарны**: благодаря спариванию оснований последовательность оснований в одной цепи диктует последовательность для другой.



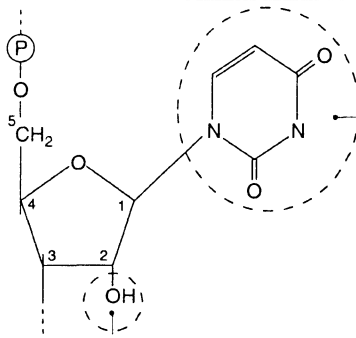
Это 3'-конец цепи, поскольку у последнего нуклеотида C₃-атом молекулы сахара имеет свободную ОН-группу, не включенную в фосфодиэфирную связь.

Нуклеиновые кислоты II: РНК

Рибонуклеиновая кислота выполняет ряд функций в белковом синтезе.

РНК состоит из нуклетидов, но отличается от ДНК тем, что...

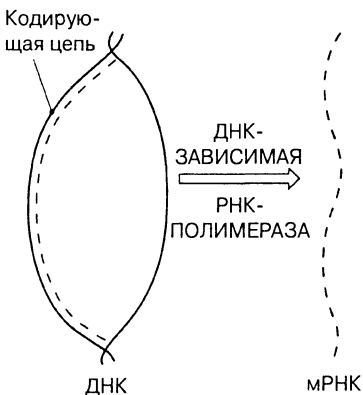
...и РНК – одноцепочечная молекула, хотя, в зависимости от своей функции, она может формировать сложные структуры.



Пиримидиновое основание **урацил** замещает **тимин**. При внутримолекулярных (РНК-РНК) или межмолекулярных (РНК-РНК или РНК-ДНК) взаимодействиях урацил спаривается с аденином.

Сахар **рибоза**, имеющий -ОН-группу на 2' атоме углерода, замещает **2'-дезоксирибозу**.

Матричная РНК (или информационная РНК) – это однонитевая молекула, образующаяся в результате **транскрипции** одной из цепей молекулы ДНК.



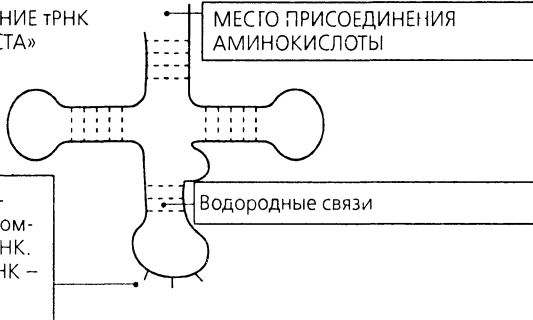
Транскрипция, происходящая в ядре, обеспечивает перенос генетической информации (в форме триплетов нуклеотидов) из ядра к месту синтеза белков, т.е. к рибосомам в цитоплазме.

В процессе **репликации ДНК** РНК всегда служит **праймером** и...
...может катализировать подготовку к собственной трансляции (например, **рибозим** – это ферментоподобный катализатор).

Рибосомная РНК – это одноцепочечная молекула, имеющая сложную конформацию и образующая в комплексе с рибосомными белками субъединицы **рибосом**. Молекулы рРНК синтезируются в ядрышке, после чего субъединицы рибосом переносятся через ядерные поры в цитоплазму, где происходит сборка. В белковом синтезе рибосомы осуществляют стадию трансляции.

Транспортная РНК – одноцепочечная молекула, формирующая сложную трехмерную структуру с помощью внутримолекулярных водородных связей.

УПРОЩЕННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ тРНК В ВИДЕ «КЛЕВЕРНОГО ЛИСТА»



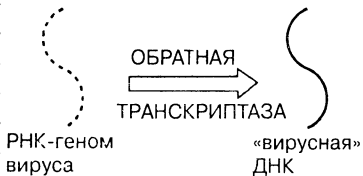
АНТИКОДОН: последовательность нуклеотидов, комплементарная кодону мРНК. Например, антикодон тРНК – ЦУУ, кодон мРНК – ГАА

Транспортная РНК «считывает» генетический код, подбирая нужные аминокислоты и доставляя их на рибосомы. Здесь из аминокислот собираются белки согласно инструкциям, содержащимся в структуре мРНК. Процесс сборки белка называется трансляцией.

Пример:

АУГ	ГУГ	ЦЦУ	ГАА	ГУА	мРНК
УАЦ	ЦАЦ	ГГА	ЦУУ	ЦАУ	тРНК
мет	вал	глик	глу	вал	аминокислоты

Ретровирусы, например ВИЧ, содержат РНК в качестве генетического материала. Чтобы осуществить встраивание своего генома в ДНК клетки-хозяина (обычно Т-лимфоцита), эти вирусы используют фермент **обратную транскриптазу**, превращающую вирусную РНК-матрицу в ДНК.

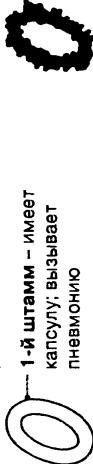


Лекарственный препарат **зидовдин** блокирует эту реакцию, предотвращая встраивание вирусного генома в ДНК хозяина.

Изучение функций ДНК

ЭКСПЕРИМЕНТ ГРИФТА: ДНК ЯВЛЯЕТСЯ ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ.

Гриффит использовал два штамма *Pneumococcus*:



1-й штамм – имеет капсулу; вызывает пневмонию

2-й штамм – не имеет капсулы; безвреден

ОБА ШТАММА МОГУТ БЫТЬ УБИТЫ НАГРЕВАНИЕМ

Эксперимент 1	Эксперимент 2	Эксперимент 3	Эксперимент 4
<p>Мыши вводили живые бескапсульные бактерии</p> <p>Мышь оставалась здоровой</p> <p>Интерпретация Бескапсульные пневмококки неинфекционны.</p>	<p>Мыши вводили живые инкапсулированные бактерии</p> <p>У мыши развивалась пневмония; инкапсулированные пневмококки были выделены из погибшей мыши</p> <p>Интерпретация Инкапсулированные пневмококки инфекционны.</p>	<p>Мыши вводили инкапсулированные бактерии, убитые нагреванием</p> <p>Мышь оставалась здоровой</p> <p>Интерпретация Убитые нагреванием инкапсулированные пневмококки неинфекционны.</p>	<p>Мыши вводили смесь живых бескапсульных бактерий и убитых нагреванием инкапсулированных бактерий</p> <p>У мыши развивалась пневмония; инкапсулированные пневмококки были выделены из погибшей мыши</p> <p>Интерпретация Неинфекционные бескапсульные пневмококки трансформировались в инкапсулированные пневмококки.</p>

Трансформирующий фактор, открытый Гриффитом

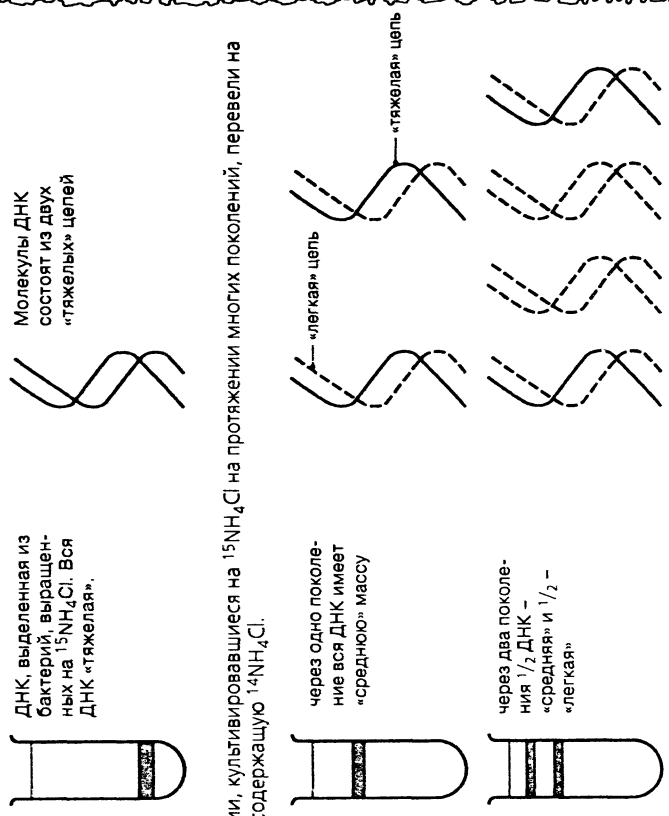
- а) не чувствителен к протеазе
 - б) разрушается ДНКазой
- т.е. трансформирующим фактором является ДНК.

Генная инженерия демонстрирует, что перенос ДНК изменяет признаки организмов.

Это самое убедительное доказательство того, что ДНК является генетическим материалом.

МЕЗЕЛЬСОН И СТАЛЬ ПРОДЕМОНСТРИРОВАЛИ, ЧТО РЕПЛИКАЦИЯ ДНК ЯВЛЯЕТСЯ ПОЛУКОНСЕРВАТИВНОЙ

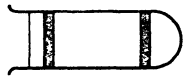
- Использовали *Escherichia coli*; безвредную кишечную бактерию
- Выращивали колонии *E. coli* с NH_4Cl в качестве источника азота для синтеза ДНК
- Для идентификации ДНК использовали центрифугирование в градиенте плотности
- Использовали «тяжелый» (нерадиоактивный) изотоп азота, ^{15}N .



Бактерии, культивирующиеся на $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ на протяжении многих поколений, перевели на среду, содержащую $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$.

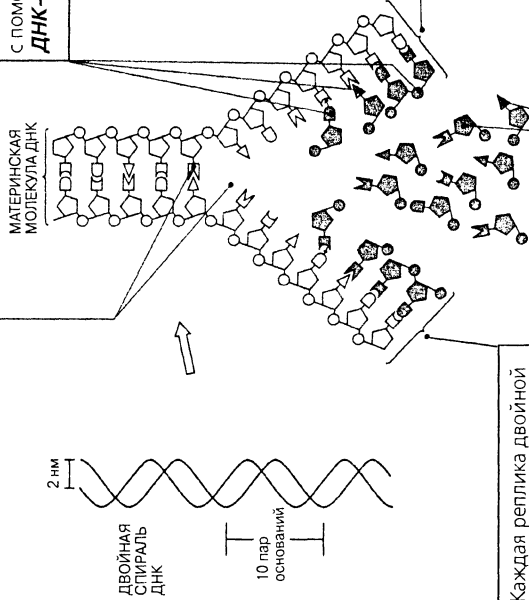
Присутствие «средней» ДНК после выращивания с $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ подтверждает **полуконсервативный принцип репликации**.

В случае **консервативной репликации** через одно поколение, выращенное с $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$, были бы выделены два образца ДНК: «тяжелый» и «легкий».



Репликация ДНК и хромосомы

Двойная спираль раскручена, и пары оснований разъединены ферментом **ДНК-хеликазой**.



Нуклеотиды помещаются напротив комплементарных им оснований (А-Т и Г-Ц) на **ДНК-матрице**. Формируются водородные связи и нуклеотиды ковалентно связываются с помощью фермента **ДНК-полимеразы**.

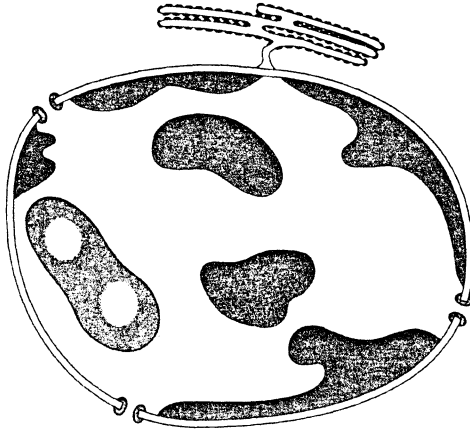
Две дочерние цепи ДНК образуются независимо: одна синтезируется как непрерывная нить, а вторая состоит из серии коротких отрезков, которые соединяются ферментом **ДНК-лигазой**.

Каждая реплика двойной спирали ДНК представляет собой гибридную молекулу, включающую **одну материнскую** и **одну дочернюю** нить, поэтому механизм репликации называется **полуконсервативным**.

ЯДРЫШКО – это место производства рибосомных субъединиц. В его состав входит **ядрышковый организатор** – участок ДНК, содержащий многочисленные копии генов, кодирующих рРНК.

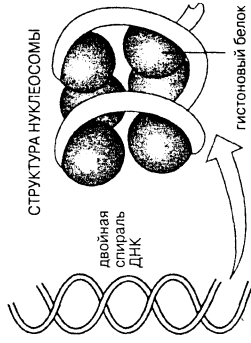
В процессе подготовки к клеточному делению ядрышко разбирается, а в конце телофазы собирается снова.

ЯДЕРНАЯ ОБОЛОЧКА представляет собой двойную мембрану



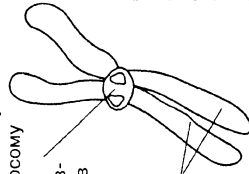
ЯДЕРНЫЕ ПОРЫ регулируют вход молекул в ядро (например, рибосомных белков, нуклеотидов) и выход из ядра (например, рибосомных субъединиц, мРНК). Выполнение этой функции обеспечивается высокоорганизованной структурой порового комплекса, образованной белковыми гранулами.

Хроматин – это генетический материал, содержащий закодированную информацию о строении белков. Он состоит из ДНК и связанных с ней белков. **Белки-гистоны** «упаковывают» двойную спираль ДНК, формируя **нуклеосомы**.



Во время клеточного деления хроматин конденсируется, формируя **хромосомы**. При этом участки хроматина, содержащие транскрибируемую ДНК (т.е. «работающую»), выглядят более рыхлыми; они называются **эухроматином**.

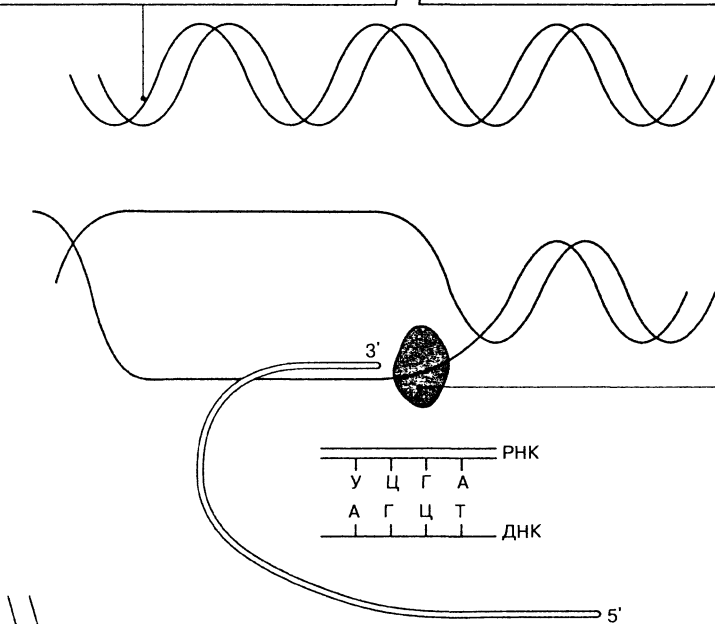
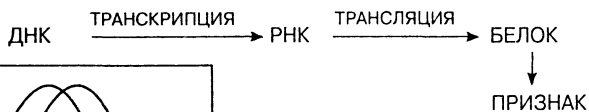
Центромера и **кинетохоры** прикрепляют хромосому к веретну деления и контролируют разделение хроматид в анафазе
Сестринские хроматиды



НУКЛЕОПЛАЗМА содержит ряд растворенных веществ, в том числе АТФ (источник энергии) и другие нуклеозидтрифосфаты, являющиеся сырьем для репликации ДНК. Здесь также обнаружены рибосомные белки, предназначенные для сборки субъединиц рибосом, и комплекс ферментов, регулирующих репликацию ДНК (ДНК-полимераза).

ДНК состоит из **генов** (специфические последовательности оснований, кодирующие конкретные белки), **регуляторов** («включают» и «выключают» гены) и некодирующих последовательностей – больших отрезков с неясной функцией (**избыточная ДНК**).

Гены контролируют признаки клетки

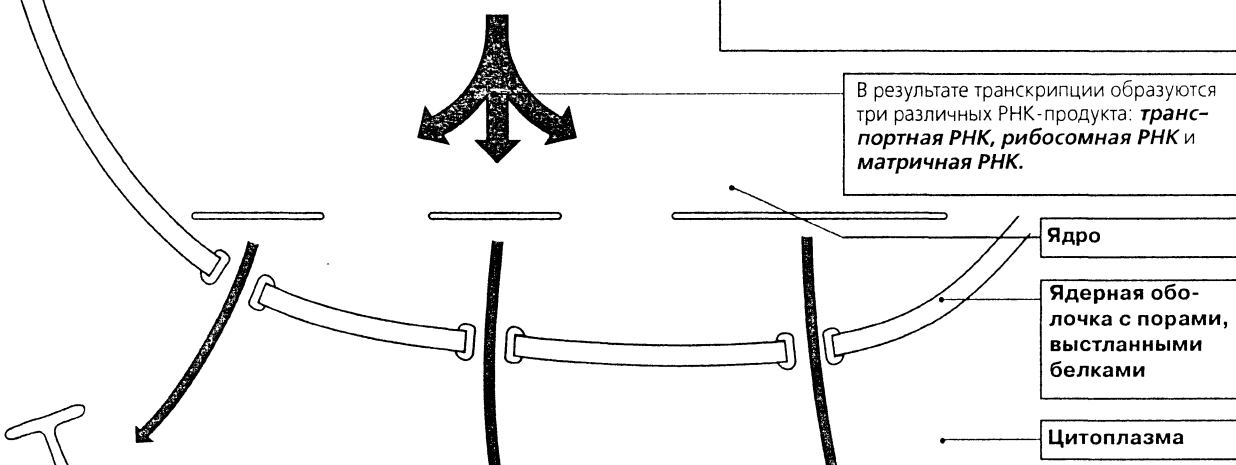


Транскрипция – это синтез молекулы РНК с последовательностью оснований, комплементарной участку ДНК. Этот процесс катализируется **ДНК-зависимой РНК-полимеразой**, которая вначале связывается с промоторным участком ДНК, а затем присоединяет нуклеотидтрифосфаты, содержащиеся в нуклеоплазме, к растущей молекуле РНК, удлиняя ее в направлении 5' > 3'.

В результате транскрипции гена образуется **первичный транскрипт**, который подвергается дальнейшим преобразованиям (процессингу), включающим удаление некоторых участков (интронов) и добавление сигнальных последовательностей (экзона). Таким образом формируется **зрелая матричная РНК**.

N.B. РНК содержит основание урацил (У) вместо тимина (Т), поэтому в мРНК У стоит напротив каждого А в комплементарной ДНК.

В результате транскрипции образуются три различных РНК-продукта: **транспортная РНК, рибосомная РНК и матричная РНК**.



Транспортная РНК захватывает аминокислоты из пула аминокислот, растворенных в цитоплазме. Они поступают в организм с пищей или образуются в печени путем трансаминирования.

Рибосомная РНК в комплексе с рибосомными белками образует малые и большие субъединицы рибосом. Из этих субъединиц в присутствии цитоплазматических **факторов инициации** и зрелой мРНК собираются **рибосомы**.

В процессе **трансляции** зрелой мРНК к ее **кодонам** (триплетам нуклеотидов) подбираются соответствующие **антикодоны** тРНК, в результате чего на рибосоме из аминокислот собирается **полипептид**.

- Структурные белки
- Ферменты, регулирующие синтез
- Углеводы
- Липиды
- Нуклеиновые кислоты
- Другие органические молекулы

ТРАНСКРИПЦИЯ
 ДНК — РНК-ПОЛИМЕРАЗА транскрибирует мРНК с ДНК → Транскрипция идет от 3' к 5'-концу ДНК.
 Одноцепочечная молекула мРНК комплементарна одной из цепей ДНК

1. **Инициация** происходит, когда молекула тРНК, несущая аминокислоту метионин, ассоциирует с **малой рибосомной субъединицей**.
 N.B. После трансляции метионин часто удаляется, поэтому не у каждого белка метионин является первой аминокислотой в первичной последовательности.

2. Комплекс инициации находит иницирующий кодон, АУГ, на 5'-конце молекулы мРНК.

ИНИЦИАЦИЯ

3. Сборка рибосомы завершается присоединением **большой рибосомной субъединицы**. Она имеет два особых участка: Р-участок (место связывания с пептидной цепью), и А-участок (место связывания с аминоацил-тРНК).

4. Вторая аминокислота (в данном случае лейцин) доставляется на А-участок, расположенный рядом с соответствующим кодоном мРНК.

8. Шаги, описанные в п. 5, повторяются, и длина пептида увеличивается еще на две аминокислоты.

7. А-участок рибосомы теперь находится над новым кодоном, который может связываться с новой аминоацил-тРНК (в данном случае несущей триптофан).

ЭЛОНГАЦИЯ

6. Свободная молекула тРНК теперь может покинуть Р-участок, и рибосома сдвигается на один кодон вдоль цепи мРНК.

5. Между двумя соседними аминокислотами формируется **пептидная связь**; одновременно с этим гидролизуется ковалентная связь между аминокислотой, находящейся в Р-участке, и ее тРНК.

9. Рибосома достигает **терминирующего кодона (стоп-кодона)**, например УАГ, с которым вместо аминоацил-тРНК связывается особый цитоплазматический белок — **фактор освобождения**.

ТЕРМИНАЦИЯ

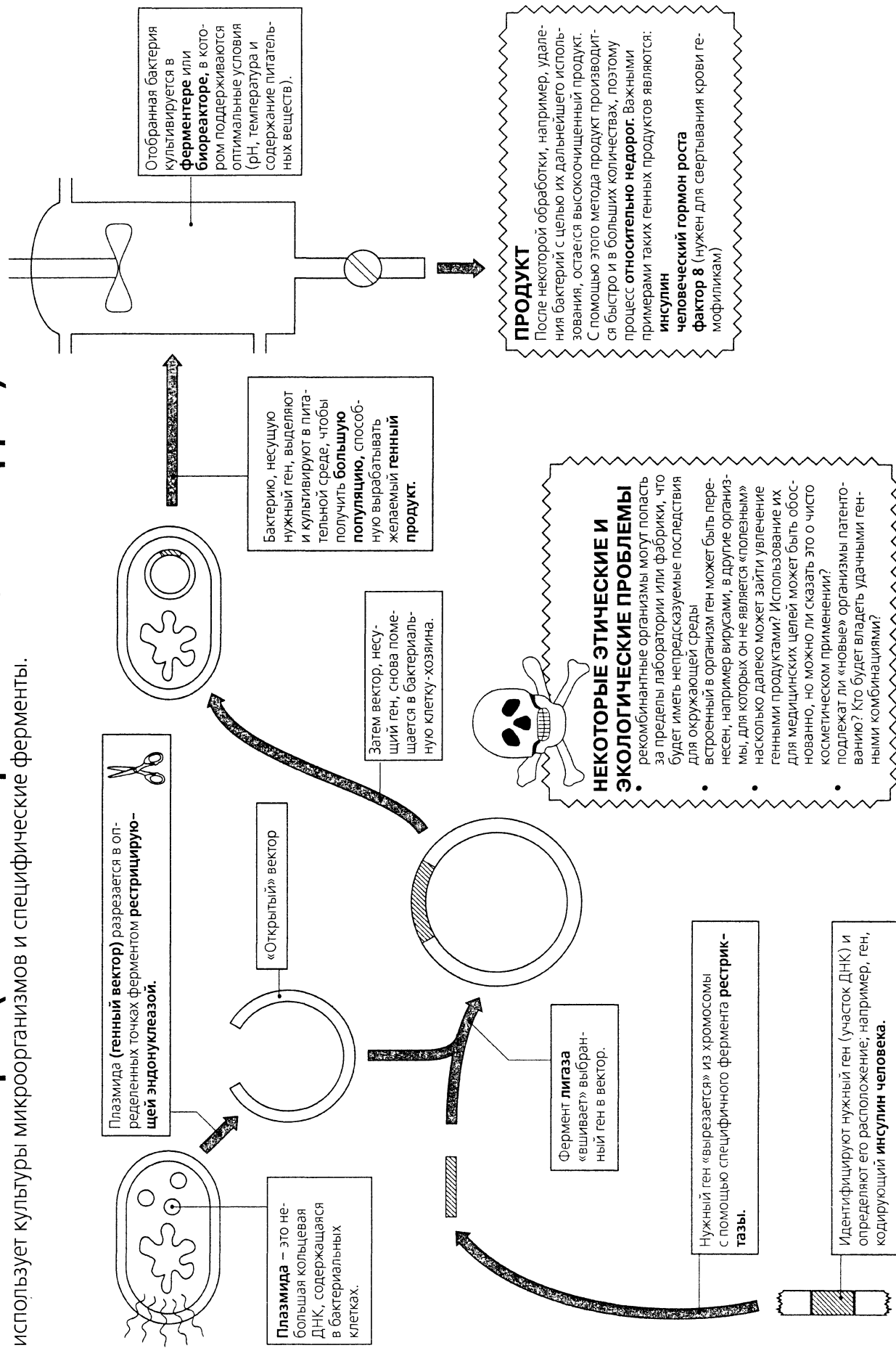
10. К карбоксильному концу пептида присоединяется молекула воды, и он отделяется от тРНК.

11. Комплекс трансляции распадается на составные части.

Трансляция матричной РНК состоит из инициации, элонгации и терминции.

Генная инженерия (технология рекомбинантной ДНК)

использует культуры микроорганизмов и специфические ферменты.



УСТОЙЧИВОСТЬ К ВРЕДИТЕЛЯМ И ГЕРБИЦИДАМ

В растение встраивается ген, обеспечивающий производство **инсектицидно-гербицида** (ИСР), который поражает кишечник гусениц и приводит к их гибели.

Культурные растения имеют встроены ген, который делает их устойчивыми к гербицидам. Тогда при опылении поля гербицидом он избирательно уничтожит сорняки, не имеющие «защитного» гена.

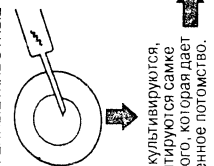
ПЕРЕНОС ГЕНОВ У ЖИВОТНЫХ ТАКЖЕ ИМЕЕТ ВАЖНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

ТРАНСГЕННЫЕ ЖИВОТНЫЕ

Клетки культивируются, имплантируются самке животного, которая дает трансгенное потомство.

ДНК, содержащая нужный ген, может быть введена в ядро с помощью тонкой иглочки.

Белок, кодируемый встроеным геном, выделяется животным вместе с молоком. Таким способом производится для свертывания крови.



ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ может помочь в лечении кистозного фиброза. При этом дефектный ген CFTR замещается нормальным.

Принцип метода:

Аденовирус – это идеальный вектор, поскольку он может проникать в неделящиеся клетки, например, в эпителий легких.

Оболочка аденовируса (нет риска инфекции, т.к. генетический материал удален)

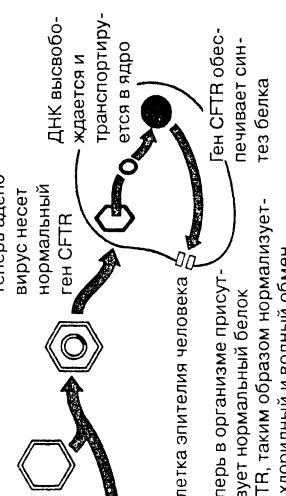
Теперь аденовирус несет нормальный ген CFTR

ДНК высвобождается и транспортируется в ядро

Ген CFTR обеспечивает синтез белка

Клетка эпителия человека

Теперь в организме присутствует нормальный белок CFTR, таким образом нормализуется хлоридный и водный обмен



Улучшение способности к хранению: многие фрукты портятся раньше, чем их успевают продать или съесть. В растении томатов был встроены ген, ингибирующий ферменты, вызывающие порчу плодов – новые помидоры можно хранить несколько недель.

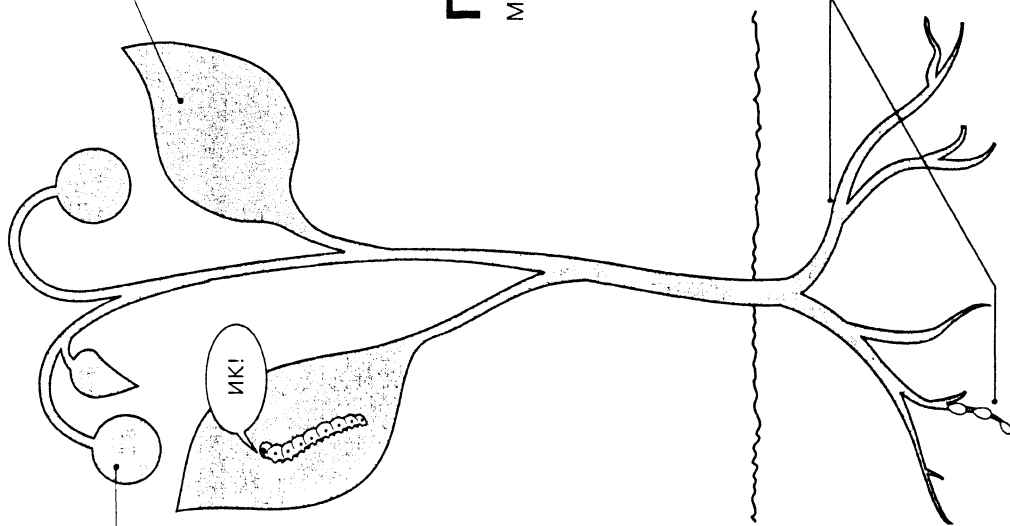
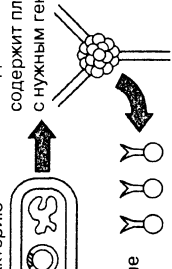
ПЕРЕНОС ГЕНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Agrobacterium tumefaciens

Нужный ген встраивают в плазмиду T1

Плазмиду возвращают в бактерию

Бактерия заражает растение, вызывая развитие опухоли (корневого рака). Каждая клетка содержит плазмиду с нужным геном.

Из фрагментов опухоли выращивают идентичные растения, содержащие нужный ген.



Перенос генов
МОЖЕТ ОБЕСПЕЧИТЬ ЖЕЛАЕМЫЕ СВОЙСТВА.

Фиксация азота: этот процесс включает преобразование атмосферного азота в форму, пригодную для превращения в аминокислоты, нуклеотиды и другие необходимые вещества.

N_2 → NH_4^+ → аминокислоты и другие вещества

из атмосферы ионы аммония

эта ключевая стадия контролируется ферментами, кодируемыми 12 генами (Nif-генами)

Большинство растений не могут связывать азот, однако с помощью переноса генов можно было бы:

- поместить нужные гены непосредственно в растение;
- сделать растение способным к формированию корневых узелков, содержащих азотфиксирующие бактерии рода *Rhizobium*.

Это могло бы позволить:

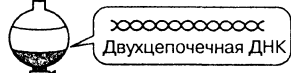
- получить культуру злаков, которые бы продуцировали большее количество белка;
- уменьшить расход азотных удобрений.

Генетический анализ: минисателлиты и зонды

Получают образец, например, кровь, сперму

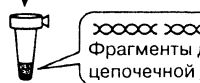


Экстракция ДНК: образец ткани обрабатывают фенолом и хлороформом при pH 7.8. Белок преципитируется, а ДНК остается в водной фазе.



Двухцепочечная ДНК

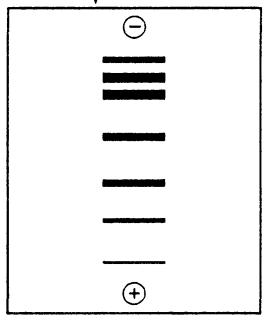
Переваривание ДНК: длинные молекулы ДНК разрезаются на фрагменты длиной 1000–20 000 нуклеотидов с помощью бактериальной рестриктазы. Эти фрагменты содержат уникальные некодирующие последовательности (минисателлиты).



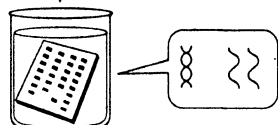
Фрагменты двухцепочечной ДНК

Фрагменты ДНК разделяют методом электрофореза

Электрофорез: фрагменты ДНК разделяются по размеру – образец ДНК помещается в агарозный гель, через который пропускается электрический ток (20 часов при комнатной температуре и pH 7.0). Гель работает как сито, через которое более мелкие фрагменты ДНК быстрее проходят по направлению к аноду (при данном pH все фрагменты ДНК заряжены отрицательно).



Денатурация: двухцепочечные фрагменты ДНК помещают в щелочь, чтобы разделить их на одиночные нити (для того чтобы позднее с ними могли связаться пробы).



ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Криминологические образцы редко являются чистыми

- они содержат ДНК из вагины/ануса жертвы изнасилования
- обычно присутствует также ДНК бактерий и грибов
- ДНК быстро разрушается, поэтому сайты рестрикции могут быть утрачены – в результате получится слишком мало или слишком много фрагментов
- на специфичность ферментов рестрикции могут повлиять красители из одежды
- загрязнители из окружающей среды могут связаться с фрагментами ДНК и повлиять на скорость их движения при электрофорезе.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

- установление отцовства
- установление причастности к преступлению
- определение родословной диких животных – важно для программ по их скрещиванию.

МИНИСАТЕЛЛИТЫ – это короткие участки ДНК, содержащие уникальные последовательности, встречающиеся в составе некодирующих областей (**интронов**) хромосомной ДНК. Эти некодирующие участки, которые не отвечают за экспрессию белков, очень вариabельны и таким образом идеально подходят для анализа ДНК.

Блоттинг (перенос): тонкий лист нейлона или нитроцеллюлозы накладывается на гель, поверх него – промокательная бумага. Фрагменты ДНК перемещаются вслед за буфером, двигаясь благодаря капиллярному эффекту, и прилипают к мембране



Гибридизация: мембрану инкубируют с меченым зондом ДНК – зонд свяжется только с теми одноцепочечными фрагментами, которые содержат комплементарную ему нуклеотидную последовательность.



Нейлоновую мембрану накрывают рентгеновской пленкой



Обнаружение: связанные зонды обнаруживают с помощью радиоавтографии (другой вариант – мечение зонда люминисцентными веществами).



СРАВНЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ДНК: образец, полученный от подозреваемого в изнасиловании или убийстве, может быть сопоставлен с образцом, полученным от жертвы. **Мультилокусные пробы** могут установить идентичность 1 из 10⁶ индивидов, но требуют наличия больших образцов чистой ДНК. **Однолокусные пробы** могут применяться для очень мелких образцов, но они менее строгие.

На рентгеновской пленке проявляются только фрагменты ДНК, которые связались с меченым зондом: полученное изображение представляет собой **профиль ДНК (отпечаток ДНК)**.

ДНК-ПОЛИМЕРАЗА восстанавливает двухцепочечную ДНК, используя короткие праймеры, описанные на предыдущей стадии, как стартовые точки для конденсации нуклеотидов. Этот процесс идет только в направлении $5' \rightarrow 3'$, т.е. нуклеотиды добавляются на $3'$ -конце праймера и растущей цепи ДНК. При 72°C реакция идет с высокой скоростью; используется термостабильная форма ДНК-полимеразы, выделенная из бактерий *Thermus aquaticus*, обитающих в горячих источниках.

ОХЛАЖДЕНИЕ ДО 55°C дает возможность восстановиться водородным связям; **однако** в присутствии избытка праймерной ДНК процесс образования водородных связей идет преимущественно между праймером (---) и одной из цепей, а не между двумя исходными комплементарными цепями ДНК. Таким образом формируются два гибрида «праймер-ДНК» – этот процесс называется **гибридизацией**.

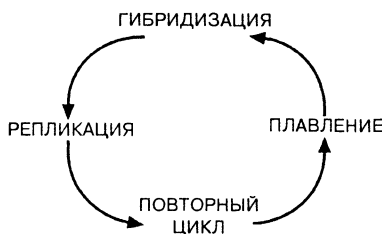
По завершении репликации образуются две идентичные копии исходной ДНК. Этот процесс можно сделать **селективным**, используя праймер, связывающийся только с конкретным участком ДНК. В этом случае будет реплицироваться только часть ДНК, находящаяся «ниже» $3'$ -конца праймера.

По завершении репликации образуются две идентичные копии исходной ДНК. Этот процесс можно сделать селективным, используя праймер, связывающийся только с конкретным участком ДНК. В этом случае будет реплицироваться только часть ДНК, находящаяся «ниже» $3'$ -конца праймера.

АМПЛИФИКАЦИЯ ДНК ИМЕЕТ МНОГО ПРИМЕНЕНИЙ

Полимеразная цепная реакция (ПЦР)

позволяет амплифицировать ДНК.



С каждой нитью ДНК гибридизуется короткий праймер

«Раскрученная» двойная спираль

НАГРЕВАНИЕ ДО 93°C разрушает водородные связи, скрепляющие цепи двойной спирали: ДНК «плавится».

ДНК-МИШЕНЬ – типичная двухнитевая ДНК, состоящая из комплементарных антипараллельных полинуклеотидных цепей.

- **Пренатальная диагностика:** ДНК из одной клетки, взятой у эмбриона, может быть амплифицирована и исследована на предмет врожденных нарушений, таких как кистозный фиброз. Эти данные используют при решении вопроса о возможном прерывании беременности.
- **Исторические исследования:** можно амплифицировать ДНК из скелетного или мумифицированного материала. Это позволяет изучать «генетическую историю», например присутствие или отсутствие определенных мутаций. микроскопический образец спермы может дать достаточно ДНК для амплификации и получения генетического отпечатка, который может быть жизненно важен для расследования изнасилования или убийства. Возможность использования результатов ПЦР в качестве доказательства пока остается под вопросом.
- **Криминологический анализ:**
- **Сохранение дикой природы:** ДНК из единственного волоска может быть амплифицирована, что дает возможность установить степень родства между отдельными представителями редкого вида. Это важно для разработки наилучшей схемы скрещивания животных в неволе.
- **Воссоздание динозавров:** если вы верите в «Парк юрского периода!»



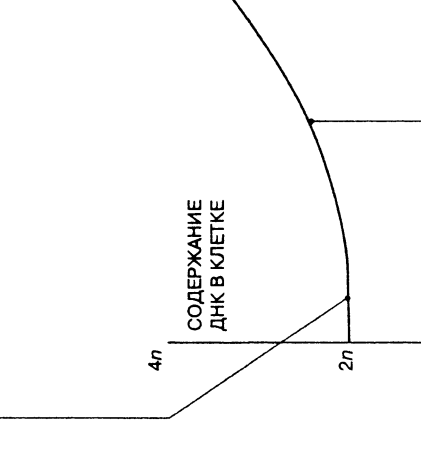
Важность митотического деления

1. Этот процесс обеспечивает **превращение** зиготы в сложный многоклеточный организм, для которого требуется увеличение количества клеток с 1 до 6×10^{13} у человека.
2. Митоз обеспечивает **производство** клеток для **восстановления** изношенных или поврежденных тканей. Организму человека каждый день требуется порядка 1×10^{11} новых клеток для поверхности кожи, кишечника, легких и для обновления крови.
3. Митоз поддерживает постоянное количество хромосом. Дочерние клетки имеют идентичные наборы хромосом, что обеспечивает их нормальное функционирование в составе ткани, органа или организма.
4. При **бесполом размножении** потомки генетически идентичны родителям: этот способ выгоден при необходимости быстрого создания популяции. При некоторых формах бесполого размножения с помощью митотического деления происходит регенерация родительского организма. * У многих видов бесполое размножение происходит только за счет митотического деления, например, почкование у кишечно-полостных или вегетативное размножение растений.

Клеточный цикл у человека обычно длится от 8 до 24 ч, около 10% от этого времени занимает деление ядра (митоз)*.

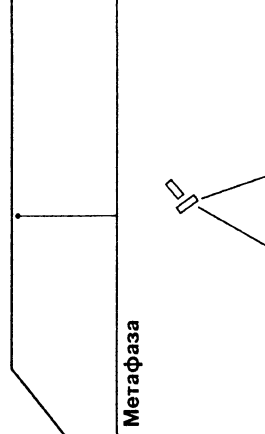
* Обычно стадия цитокинеза также включается в процесс митоза.

Интерфаза
ДНК видна как масса **хроматина**. Ядрышко и ядерная мембрана интактны. Центриолы лежат близко друг к другу.



Митоз и рост

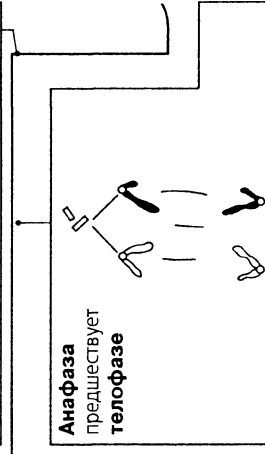
Значение митоза состоит в том, что он обеспечивает удвоенное генетического материала клетки и его равное распределение между двумя дочерними клетками: **изменчивость при этом мнимая**.



Хромосомы прикреплены к микротрубочкам с помощью **кинетохоров** (особых структур в центромерных районах) таким образом, что сестринские хроматиды связаны с противоположными полюсами **веретена**.

ВИНКРИСТИН и ВИНБЛАСТИН – противоопухолевые препараты, ингибирующие формирование веретена деления.

В процессе **цитокинеза** тетраплоидная (4n) клетка разделяется на две дочерние. Новые клетки имеют **равное содержание м-ДНК, идентичное материнской клетке**. В живых клетках в процессе разделения участвуют два сократительных белка, которые формируют **борозду дробления**; в растительных клетках образуется **клеточная пластинка**, которая затем покрывается целлюлозой, формируя **клеточную стенку**.



Центромерные районы разделяются, и нити веретена тянут **хроматиды** к противоположным полюсам. Начало разделения хроматид означает начало **анафазы**. В телофазе разделение заканчивается, т.е. хроматиды становятся **хромосомами**, после чего веретено разбирается, и восстанавливается ядерная оболочка.

В организме человека важными местами митотического деления являются кишечный эпителий и костный мозг. Эти быстро делящиеся клетки чувствительны к неспецифическим противоопухолевым препаратам, поэтому пациенты, принимающие эти цитотоксичные вещества, часто страдают от их побочных эффектов, таких как язвенная болезнь и снижение воспроизводства клеток крови.

Рак может быть результатом бесконтрольного деления клеток.

ПРЕВРАЩЕНИЕ НОРМАЛЬНОЙ КЛЕТКИ В ОПУХОЛЕВУЮ – это **многоступенчатый** процесс, включающий последовательные изменения в генотипе. Они могут быть спровоцированы различными внутри- и внеклеточными факторами, но **неизменно включают превращение нормального протоонкогена в мутантный онкоген.**



НОРМАЛЬНАЯ ЗДОРОВАЯ КЛЕТКА

В нормальной клетке существует множество генов, участвующих в регуляции клеточного цикла, т.е. в контроле клеточного деления. Эти «нормальные» гены могут быть названы **протоонкогенами.**

Протоонкогены могут оказывать свое влияние через различные белковые продукты.

Гены – опухолевые супрессоры: в нормальных условиях предотвращают сверхэкспрессию протоонкогенов.

Протеинкиназы: фосфорилирование определенных мембранных липидов запускает клеточное деление.

Факторы роста: например, тромбоцитарный фактор роста регулирует деление гладкомышечных клеток.

Поверхностные рецепторы: могут отвечать за восприятие «сигналов деления» от других клеток.

Ядерные белки: могут действовать как регуляторы генов, связанных с клеточным делением.

Поверхностные молекулы клетки: могут играть важную роль в связывании клеток друг с другом или с внеклеточным матриксом. Могут также действовать в качестве контактных ингибиторов.

ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПРЕВРАЩЕНИЮ ПРОТООНКОГЕНА В ОНКОГЕН:

- 1) ионизирующее излучение, например, УФ-излучение и рак кожи;
- 2) канцерогены (химикаты, вызывающие рак), например, смолы и рак легких;
- 3) вирусы, например, вирус простого герпеса II может быть связан с раком шейки матки.

ПРЕВРАЩЕНИЕ ПРОТООНКОГЕНА В ОНКОГЕН может быть результатом:

- 1) замены основания – например, рак мочевого пузыря связан с заменой глицина на валин в составе мембранного белка;
- 2) делеции (утраты) основания – вызывает превращение некоторых супрессорных генов в онкогены;
- 3) транслокации – переноса гена в нехарактерное окружение, например, из 9-й хромосомы на 22-ю при острой лимфоцитарной лейкемии;
- 4) амплификации гена – может образоваться слишком много копий белка, регулирующего клеточное деление, например, некоторые опухоли груди и прямой кишки вызываются амплификацией гена *tus*.

Особенности раковой клетки:

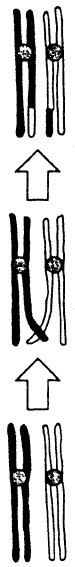
- аномально высокий уровень деления;
- склонность к отделению от окружающих клеток и миграции в соседние ткани – метастазированию (с ним связано большинство смертельных исходов);
- нарушения в строении цитоскелета часто приводят к округлению клетки;
- повышенный уровень K^+ , Na^+ и Ca^{2+} в цитоплазме;
- появление атипичных ядер, связанное с изменением структуры хромосом.

Опухоль – это новообразование. Она может быть **доброкачественной** (неинвазивной) или **злокачественной** (инвазивной). Злокачественные опухоли сдавливают окружающие ткани, нарушая их кровоснабжение и иннервацию – это ведет к гибели организма. Опухоли могут также прорасти через внутренние органы, вызывая кровотечения или развитие инфекции. Боли, возникающие при развитии опухолей, большей частью связаны со сдавливанием и повреждением тканей.

Мейоз и изменчивость

В результате мейоза количество хромосом уменьшается вдвое и возникает изменчивость.

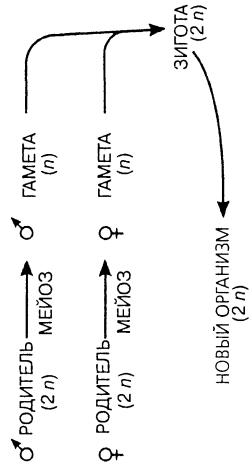
В **профазе I** каждая реплицированная хромосома, состоящая из двух хроматид, конъюгирует (спаривается) со своим **гомологом**. Таким образом из диплоидного набора хромосом образуется гаплоидное количество гомологичных пар.



Когда все четыре хроматиды образуют **синапсис** (для этого они должны быть точно выравнены), происходит **кроссинговер** – не-сестринские хроматиды перекрещиваются, разрываются и восстанавливаются. В результате комбинации генов, полученные от **материнской клетки**, заменяются **рекомбинантными**. Этот процесс является главным источником **генетической изменчивости**.

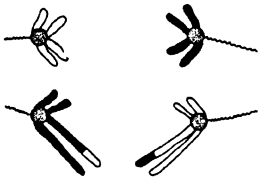
Значение мейоза

1. Он обеспечивает возможность полового размножения – иначе количество хромосом удваивалось бы при оплодотворении.



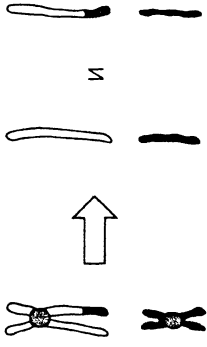
2. Кроссинговер, независимое распределение и случайное оплодотворение способствуют **генетической изменчивости**. Это обеспечивает новый материал для естественного отбора и эволюции.

В **анафазе I** и **телофазе I** расходятся **целые хромосомы**, т.е. **пары хроматид**.

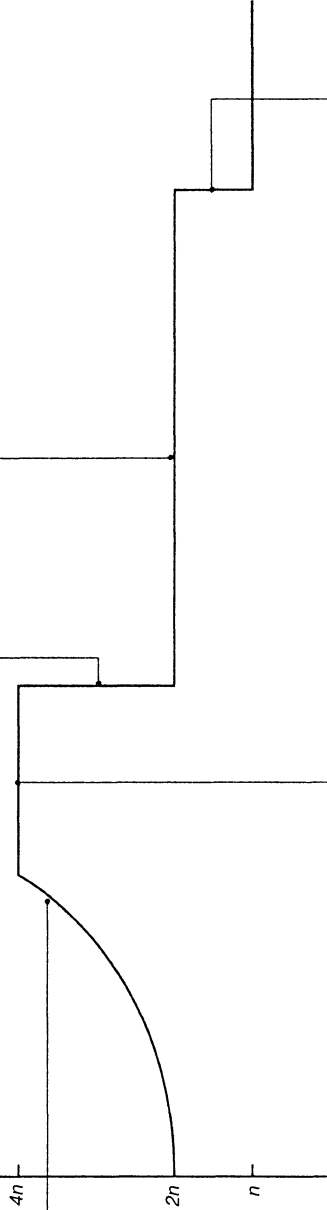


В результате продукты первого деления мейоза содержат **гаплоидный** набор хромосом, хотя каждая хромосома состоит из **двух хроматид**.

Во **втором делении мейоза** (метафаза II, анафаза II и телофаза II) **расходятся сестринские хроматиды каждой хромосомы**.



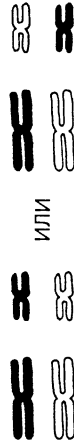
СОДЕРЖАНИЕ ДНК
В КЛЕТКЕ



В конце телофазы II в результате **цитокинеза** образуются дочерние клетки, содержащие **два раза меньше хромосом, чем материнская клетка**.

ДИПЛОИД (2n) → ГАПЛОИДНЫЕ ГАМЕТЫ (n)
Кроме того, хромосомы гамет содержат **новые комбинации генов**, возникшие в результате **кроссинговера** и **независимого распределения**.

После завершения профазы I хромосомы образуют **метафазную пластинку**, выстраиваясь случайным образом.



Этот процесс называется **независимым распределением**. Количество возможных комбинаций хромосом составляет 2^n , где n – число гомологичных пар. Это второй главный источник **генетической изменчивости** в мейотическом делении.

В дальнейшем источником генетической изменчивости становится **случайная комбинация гамет при оплодотворении** (любая мужская гамета может слиться с любой женской гаметой).

Происхождение изменчивости

Она может быть **ненаследуемой** (например, загар у светлокожих людей) или **наследуемой** (например, цвет кожи у разных рас). Наиболее существенным для эволюции является второй тип, связанный с генетическими изменениями.

Мутация – это любое изменение в структуре или количестве ДНК в организме.

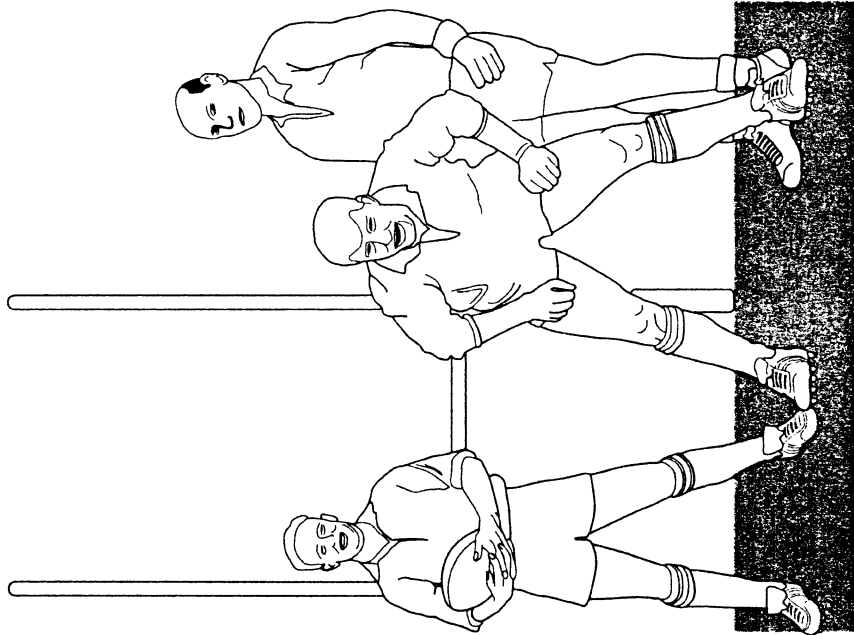
Генная, или **точечная, мутация** происходит в одиночном локусе хромосомы, чаще всего путем **делеции, добавления** или **замещения** нуклеотидного основания. Примеры: серповидно-клеточная анемия, фенилкетонурия, кистозный фиброз.

Изменением структуры хромосомы считается изменение значительной ее части. Например, одна из форм лейкемии связана с **транслокацией** части 8-й хромосомы на 14-ю.

Анеуплоидия (обычно **потеря или приобретение одной хромосомы**) возникает в результате **нерасхождения** хромосом в анафазе мейоза. Наиболее известными примерами являются синдром Дауна (лишняя 21-я хромосома), синдром Кляйнфельтера (мужчины с лишней X-хромосомой) и синдром Тернера (женщины без второй X-хромосомы).

Полиплоидия (наличие дополнительных **полных наборов хромосом**) возникает чаще всего, когда одна или обе сливающиеся гаметы диплоидны – при оплодотворении формируется полиплоид. У животных это встречается редко, но среди растений есть много важных примеров полиплоидии: в частности, бананы – триплоиды, тетраплоидные томаты крупнее и содержат больше витамина С.

Изменчивость – основа эволюции.

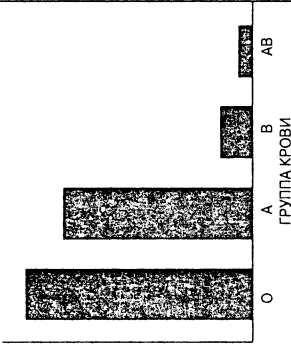


Половая или генетическая рекомбинация – это самая мощная сила эволюции, «перетасовывающая» гены и создающая новые их сочетания. Она включает:

независимое распределение при формировании гамет **кроссинговер** в мейозе **случайное слияние** при образовании зиготы

Прерывистая изменчивость наблюдается, когда признак либо присутствует, либо отсутствует (не существует промежуточных форм).

Такую изменчивость нельзя описать с помощью непрерывной кривой распределения; для иллюстрации распределения в популяции частот различных вариантов конкретного признака часто используют столбчатые диаграммы.

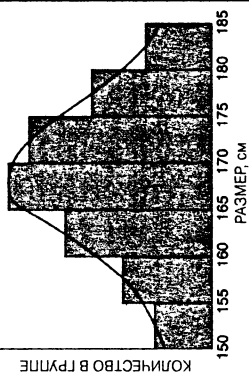


Примеры: группа крови у человека (система ABO – O, A, B или AB), базовые формы отпечатков пальцев (петля, арка или завиток) и сворачивание языка трубочкой (может или не может).

Признак, для которого характерна дискретная изменчивость, обычно контролируется одним геном, существующим в форме двух или более аллелей.

Непрерывная изменчивость наблюдается, когда признак выражен в разной степени у разных индивидуумов (т.е. существуют переходные формы между крайними вариантами).

Графическое отображение распределения частот такого признака дает кривую **нормального распределения** или **Гаусса**.



Среднее значение – это средняя величина группы значений (т.е. общая сумма, деленная на количество групп); **мода** – это значение, наиболее часто встречающееся в группе; **медиана** – это центральное значение группы.

Примеры: рост, масса, размах рук, количество листьев у растения.

Признаки, демонстрирующие прерывистую изменчивость, совместно контролируются несколькими генами, называемыми **полигенами**. Соответственно, они называются **полигенными признаками**.

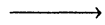
РЕПЛИКАЦИЯ ДНК



ДНК, связана с делением клетки (*митозом* и *мейозом*)

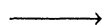
НЕ ПУТАЙТЕ ЭТИ ПРОЦЕССЫ!

ТРАНСКРИПЦИЯ ДНК



мРНК

ТРАНСЛЯЦИЯ мРНК



белок

связаны
с **синтезом белка**

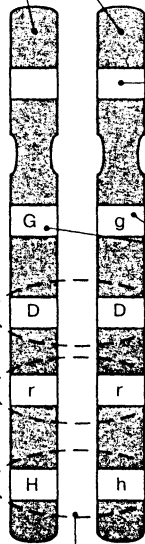
ГЕНОТИП клетки или организма – это совокупность генов, содержащихся в ДНК.

ФЕНОТИП организма – это совокупность его измеряемых признаков.

ФЕНОТИП – это результат взаимодействия **генотипа** и **факторов окружающей среды**.

Термины генетики

Гомологичные хромосомы имеют идентичную длину, одинаковое расположение центромеры и несут те же гены (хотя и необязательно одни и те же аллели этих генов) в идентичных позициях. В большинстве случаев один из гомологов получен от **отца**, а второй – от **матери**.



Локус – это место расположения конкретного гена на хромосоме. Эта позиция постоянна и может быть изменена только мутацией (*транслокацией* или *инверсией*).

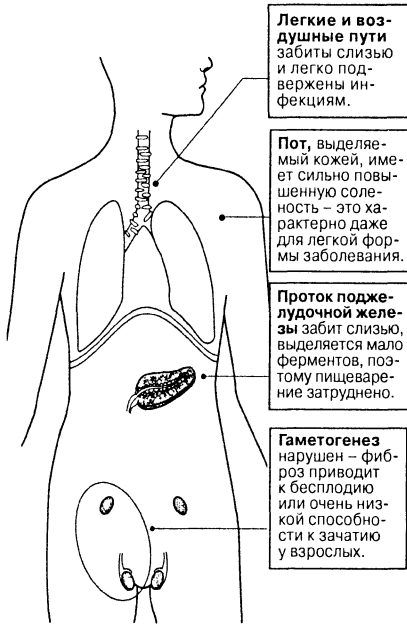
Аллели (аллеломорфы) – это альтернативные формы одного гена. Хромосома может нести только один аллель каждого гена. Некоторые гены имеют **множественные аллели**, например, ген человека, контролирующий группу крови.

Гомозиготное состояние – состояние, при котором обе хромосомы несут один и тот же аллель. Для многих генов один аллель является **доминантным** (частота его проявления больше), а второй – **рецессивным**. Обычно доминантный аллель обозначают заглавной буквой (здесь – D), а рецессивный – строчной (здесь – r). В данном примере DD обозначает **гомозиготную доминанту**, а rr – **гомозиготный рецессив**.

Гетерозигота – состояние, при котором две гомологичные хромосомы несут альтернативные аллели одного гена. Когда один из аллелей доминирует над другим, в **фенотипе** (сумме измеряемых признаков организма) будет проявляться только доминантная форма. Таким образом два **генотипа** – HH и Hh – будут иметь идентичные фенотипы.

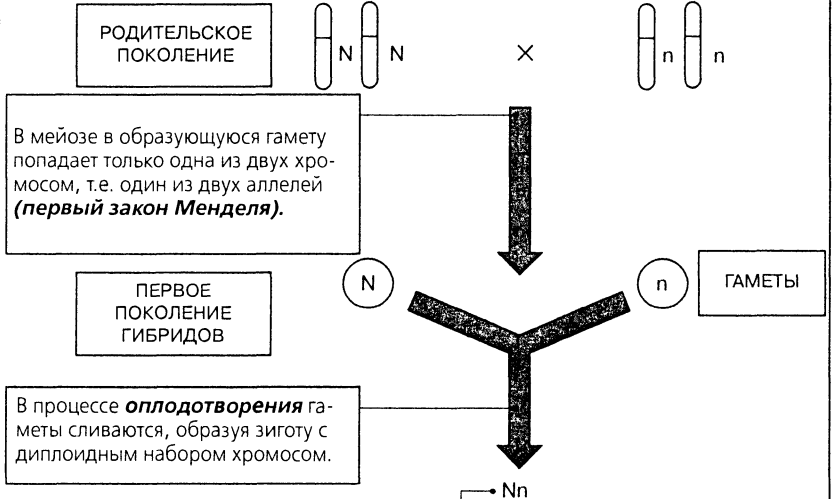
Моногибридная наследственность

Кистозный фиброз является самым распространенным из врожденных смертельных заболеваний среди кавказской популяции. Примером **моногибридной наследственности** у человека является также **фенилкетонурия**.



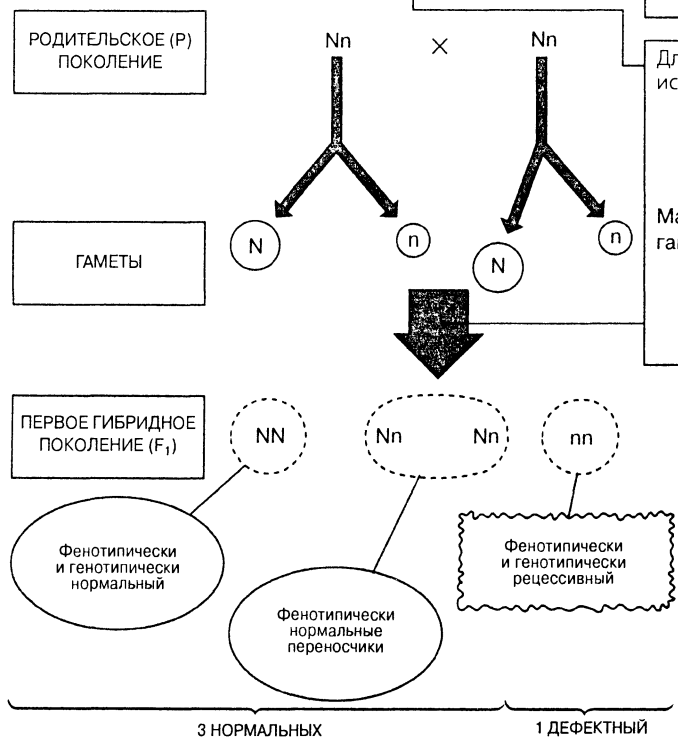
Если один из родителей гомозиготный по нормальному гену, а второй – гомозиготный по мутантному гену

Нормальный гомозиготный генотип обозначен NN, мутантный – pp, поскольку в случае фиброза нормальный ген доминирует над мутантным.



Этот организм обладает **гетерозиготным** генотипом, но **фенотипически** он нормален. Таким образом он является **переносчиком** рецессивного аллеля фиброза.

Если оба родителя являются переносчиками (т.е. гетерозиготны)



Для предсказания возможных комбинаций аллелей в зиготе используется **решетка Пеннета**.

		Отцовские гаметы	
		♂ (N)	(n)
Материнские гаметы	♀ (N)	NN	Nn
	(n)	Nn	np

Другие важные примеры моногибридной наследственности у человека

- Альбинизм:** аутосомный рецессив
- Фенилкетонурия:** результат отсутствия печеночного фермента **фенилалингидроксилазы**. Уровень фенилаланина в крови повышается, приводя к различным нарушениям; аутосомный рецессив
- Болезнь Хантингтона:** аутосомный доминант
- Амавротическая идиотия:** аутосомный рецессив (распространена у евреев восточноевропейского происхождения)

N.B. Соотношение 3:1 является приблизительным, если только количество потомков не очень велико (что у людей маловероятно), поскольку

- Аллели могут быть неравномерно распределены между жизнеспособными гаметами.
- Слияние гамет – совершенно случайный процесс. Невозможно предсказать, с какой именно мужской гаметой сольется данная женская гамета.

Дигибридная наследственность

включает одновременную независимую передачу **двух пар аллелей**.

Грегор Мендель – австрийский монах, изучавший законы наследования на примере садового гороха. Он вывел несколько предположений относительно этих законов, которые позднее были подтверждены для многих других организмов. Для экспериментального изучения наследования широко используется плодовая мушка *Drosophila melanogaster*, обладающая рядом качеств, полезных для исследований такого плана:

1. Быстрая смена поколений (10 дней) и большое количество потомков, позволяющее применять статистический анализ результатов.
2. Легко выращивается в небольших удобных контейнерах (даже в молочных бутылках!) на простой питательной среде.
3. Самцы и самки легко различимы, что позволяет проводить контролируемое скрещивание.
4. Мушки обладают рядом наглядных внешних признаков, которые подвержены мутациям. Сюда относятся длина крыльев, цвет тела и форма глаз.

Можно скрестить мушек, различающихся по **двум признакам** (например, **цвет тела** и **форма крыльев**).

РОДИТЕЛЬСКОЕ ПОКОЛЕНИЕ (P)	Серое тело, длинные крылья	×	Черное тело, рудиментарные крылья
ПЕРВОЕ ГИБРИДНОЕ ПОКОЛЕНИЕ (F ₁)	У всех серое тело, длинные крылья		
	Самооплодотворение между особями из F ₁		
ВТОРОЕ ГИБРИДНОЕ ПОКОЛЕНИЕ (F ₂)	Серое тело, длинные крылья	9	
	Серое тело, рудиментарные крылья	3	
	Черное тело, длинные крылья	3	
	Черное тело, рудиментарные крылья	1	

Соотношение фенотипов как 9:3:3:1 кажется сложным, но Мендель объяснил его как результат **двух одновременно происходящих моногибридных скрещиваний** (серое/черное тело и длинные/рудиментарные крылья).

Пример: СЕРОЕ/ЧЕРНОЕ = (9 + 3) : (3 + 1)
= 12 : 4
= 3 : 1

ДЛИННЫЕ/РУДИМЕНТАРНЫЕ = (9 + 3) : (3 + 1)
= 12 : 4
= 3 : 1

т.е. 9:3:3:1 это то же, что и 3:1 × 3:1

Следовательно, наследование **цвета тела** не зависит от наследования **формы крыльев**.

Второй закон Менделя (закон независимого расхождения генов)

«Каждый аллель из пары может случайным образом комбинироваться с аллелем из другой пары»

В данном примере аллель, отвечающий за **серое** тело, может с равной частотой сочетаться с аллелем, отвечающим за **длинные** крылья, или с аллелем, отвечающим за **рудиментарные** крылья.

Используя генетические символы,

Обозначим G = серый, g = черный, L = длинные, l = рудиментарные

P	GGLL	×	ggll	
Гаметы	GL		gl	
F ₁	GgLl			
Гаметы	GL	Gl	gL	gl

Эти типы будут производиться в равных количествах, согласно Второму закону Менделя.

F₂ Возможные комбинации гамет легко определить с помощью **решетки Пеннета**.

♂ ГАМЕТЫ	GL	Gl	gL	gl	
♀ ГАМЕТЫ	GL	GgLI	GgLL	GgLI	
	Gl	GGLI	GGll	Ggll	
	gL	GgLI	GgLI	ggLL	ggLI
	gl	GgLI	Ggll	ggLI	ggll

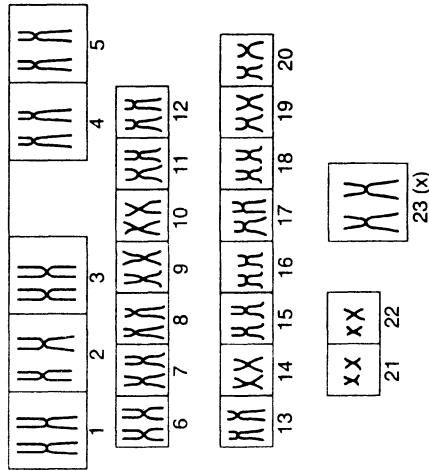
или фенотипически

- 9 СЕРОЕ ТЕЛО, ДЛИННЫЕ КРЫЛЬЯ (в зиготе G и L)
- 3 СЕРОЕ ТЕЛО, РУДИМЕНТАРНЫЕ КРЫЛЬЯ (в зиготе G и ll)
- 3 ЧЕРНОЕ ТЕЛО, ДЛИННЫЕ КРЫЛЬЯ (в зиготе gg и L)
- 1 ЧЕРНОЕ ТЕЛО, РУДИМЕНТАРНЫЕ КРЫЛЬЯ (в зиготе ggll)

Сцепление с полом и наследование пола

КАРИОТИП индивидуума получают, располагая в определенном порядке фотографии окрашенных митотических хромосом. Основные черты кариотила:

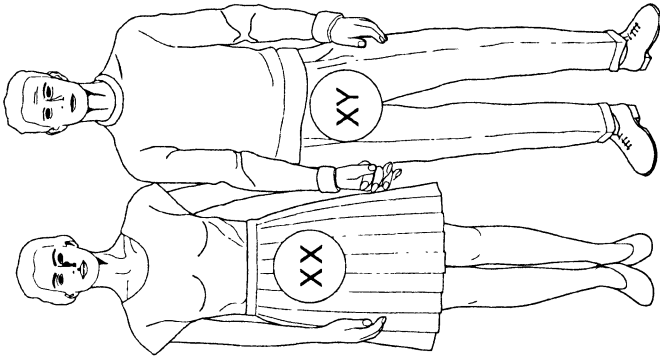
1. Хромосомы образуют гомологичные пары. У человека таких пар 23, т.е. **диплоидное число** хромосом равно 46 ($2n = 46 = 2 \times 23$).



2. В то время как у женщин кариотип состоит из 22 пар + XX, у мужчин – из 22 пар +XY, т.е. 23-я пара **различается**.



У (игрек) хромосома очень мала, и содержит только гены, отвечающие за «мужские» признаки, в то время как X (икс) хромосома несет не только «женские» гены, но и ряд других. Эти добавочные гены называют **X-сцепленными** (или **сцепленными с полом**).



Наследование пола определяется особой формой менделевых расхождений. ♂ XY × ♀ XX



Положение F₁: пол потомка можно определить с помощью решетки Пеннета.

♂ ГАМЕТЫ	X	Y
♀ ГАМЕТЫ	X (женский)	XY (мужской)
	X (женский)	XY (мужской)

Теоретически соотношение полов у потомков должно быть 1:1. Однако у человека на него влияют различные факторы: у Y-сперматозоидов выше подвижность; зиготы и эмбрионы с генотипом XY более чувствительны, чем XX-эмбрионы. В целом поддерживается баланс.

Гены, содержащиеся в X-хромосоме, будут наследоваться обоими полами. При этом потомки мужского пола получат только **один** из аллелей (их генотип – XY, следовательно, они **гомозиготны** по аллелям, сцепленным с X-хромосомой), а потомки женского пола с генотипом XX могут быть либо **гомозиготны**, либо **гетерозиготны**. Это дает женщинам огромное генетическое преимущество, поскольку любой летальный рецессивный аллель у гетерозиготных особей не будет экспрессироваться.

Например, **гемофилия** наследуется сцепленно с полом.

Нормальный ген = H, мутантный ген = h

РОДИТЕЛИ X^HX^h X^HY
женщина-носитель нормальный мужчина

т.е. **оба родителя имеют нормальный фенотип...**



ПОТОМКИ F₁

♀ ГАМЕТЫ	X ^H	X ^h
♂ ГАМЕТЫ	X ^H X ^H	X ^H X ^h
	X ^H Y	X ^h Y

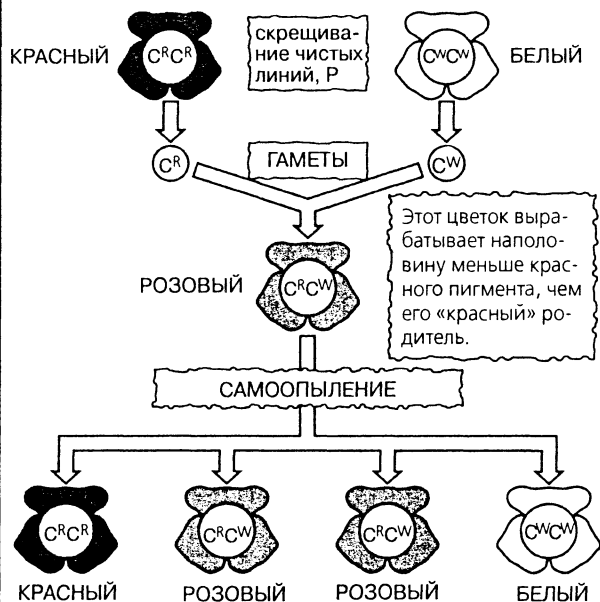
нормальная женщина X^HX^H женщина-носитель X^HX^h нормальный мужчина X^HY гемофилик X^hY

...но могут иметь сына-гемофилика.

N.B. Дочь-гемофилик (X^hX^h) может появиться только, если **оба** родителя имеют X^h, т.е. если отец является гемофиликом. В этом случае его заболевание известно, и можно предсказать заболевание дочери.

Другой важный пример сцепления с полом – **далтонизм**; мужчины гораздо чаще, чем женщины, неспособны различать красный и зеленый цвета.

КОДОМИНАНТНОСТЬ (неполное доминирование) – это *равное проявление обоих аллелей гена в фенотипе*; пример: окраска цветков львиного зева.



МНОЖЕСТВЕННЫМИ АЛЛЕЛЯМИ называются аллели одного гена, если их больше двух. В зиготе в любом случае *могут присутствовать только два аллеля*.

Пример: группы крови у человека. Ген I имеет три аллеля.

- I^A кодирует антиген А красных кровяных клеток
- I^B кодирует антиген В красных кровяных клеток
- I^O не кодирует антигенов.

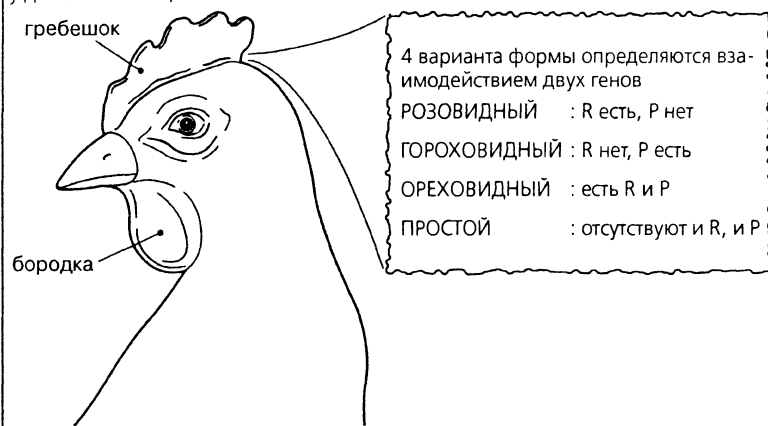
I^A и I^B являются **кодоминантными**, а I^O **рецессивен** к ним обоим.

Представим скрещивание между гетерозиготными родителями, имеющими группы крови А и В:

	I ^A	I ^O [группа А]
[группа В] I ^B	I ^A I ^B [АВ]	I ^B I ^O [В]
I ^O	I ^A I ^O [А]	I ^O I ^O [O]

Другие типы взаимодействия аллелей и генов

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ГЕНАМИ может приводить к появлению новых фенотипов. Пример: форма гребешка у домашней птицы.



ЧИСТЫЕ ЛИНИИ РОЗОВИДНЫЙ × ГОРОХОВИДНЫЙ
 F₁ ореховидный у всех
 F₂ 9 ОРЕХОВИДНЫХ :
 3 РОЗОВИДНЫХ :
 3 ГОРОХОВИДНЫХ :
 1 ПРОСТОЙ

ЭПИСТАЗ – это *подавление одним геном эффекта другого гена*; пример: цвет шерсти у мышей.



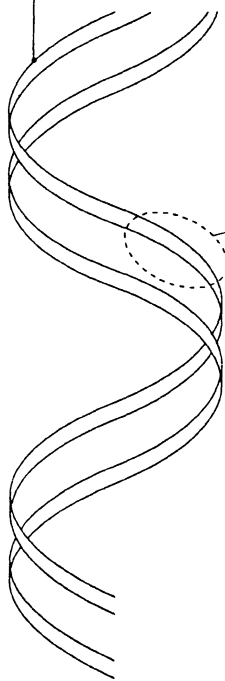
Первый ген является **эпистатиком** по отношению ко второму – любая мышь с генотипом aa будет альбиносом, независимо от того, какая аллель второго гена присутствует.

НЕ ПУТАЙТЕ!
 При **эпистазе** один ген **влияет на другой ген**. При **доминировании** один аллель **влияет на другой аллель того же гена**.

Генная мутация и серповидно-клеточная анемия

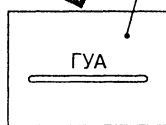
Серповидно-клеточная анемия является результатом **мутации одного гена (точечной мутации)**, приводящей к **ошибке в белковом синтезе**.

ДНК содержит инструкции для белкового синтеза в виде последовательности нуклеотидных оснований.



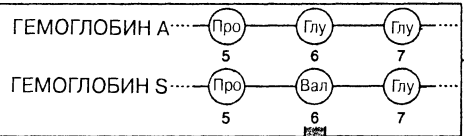
Мутация – это изменение ДНК. В данном случае происходит **замена основания** – аденин (А) замещает тимин (Т), в результате кодирующий триплет ЦАТ заменяет нормальный триплет ЦТТ.

мРНК, **транскрибирующаяся** с мутантной ДНК, будет содержать кодон ГUA вместо нормального кодона ГАА.



При **трансляции** «мутантной» мРНК вместо аминокислоты **глутамата** (кодируемой ГАА) будет включена аминокислота **валин** (кодируемая ГUA).

Молекула гемоглобина состоит из четырех белковых цепей – двух α-цепей и двух β-цепей. Здесь показан короткий участок последовательности аминокислот.



«Мутантный» белок – **гемоглобин S** – содержит в 6-й позиции β-цепи валин, в то время как у «нормального» белка – **гемоглобина А** – в этой позиции стоит глутамат.

Боковая цепь валина неполярна, тогда как глутамат имеет сильно полярную боковую цепь. Присутствие валина делает гемоглобин S гораздо менее растворимым, чем нормальный гемоглобин. Формируются «липкие» фибриллы, искажающие форму красных кровяных клеток (эритроцитов).

Быстрое разрушение эритроцитов: анемия, одышка, вялость, сверхактивность костного мозга.

Деформация клеток приводит к развитию анемии и нарушению работы сердца.

Эритроциты скапливаются в селезенке, что приводит к ее увеличению и фиброзу.

В районах, где распространена **малярия**

Гомозиготный нормальный генотип: Hb^AHb^A – симптомы с.-к. анемии отсутствуют, **но есть восприимчивость к малярии.**

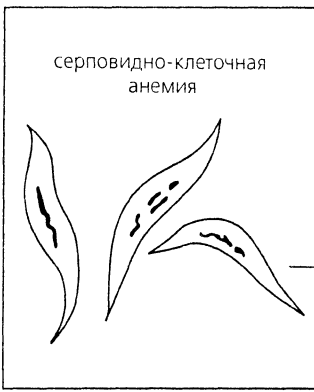
Гомозиготный аномальный генотип: Hb^SHb^S – ранняя смерть от тяжелой формы **с.-к. анемии.**

Однако

Гетерозиготный генотип: Hb^AHb^S – легкая форма с.-к. анемии, **но устойчив к малярии** (малярийный плазмодий не может инфицировать серповидные клетки).

Таким образом, мутантный ген Hb^S оказывается полезным в малярийных регионах. Это пример сбалансированного полиморфизма, или гетерозиготного преимущества.

Плейотропия – множественные эффекты одной мутации.

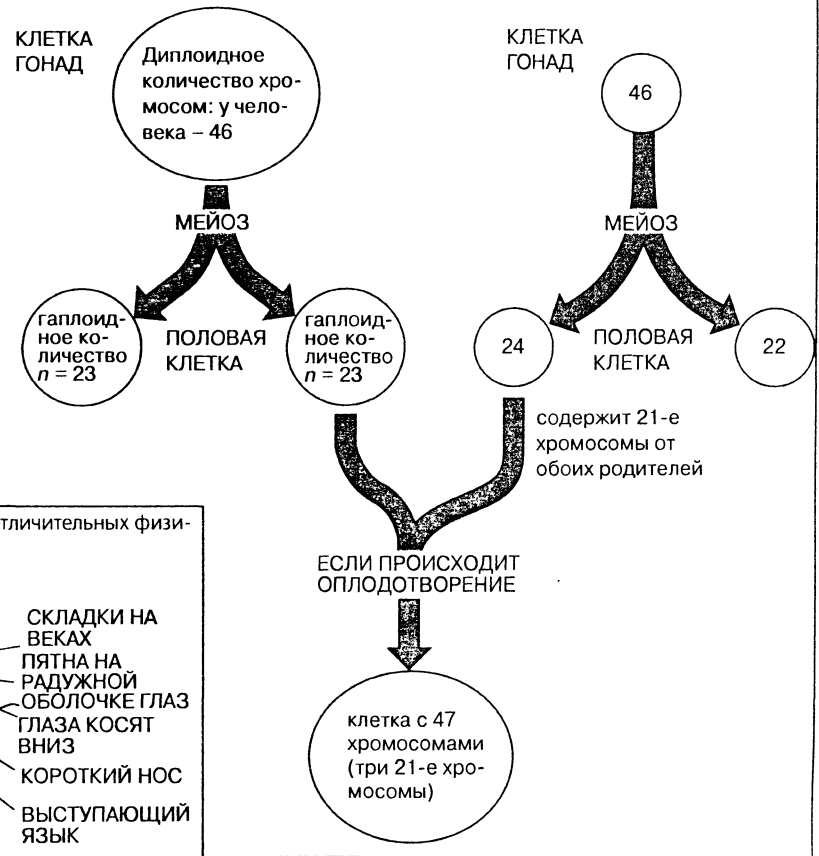


Хромосомная мутация и синдром Дауна

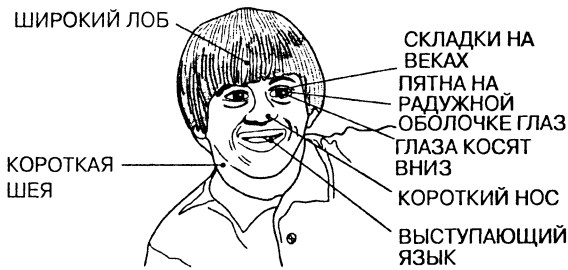
Синдром Дауна (трисомия по 21-й хромосоме) – это хромосомная мутация, вызванная **нерасхождением**.

В нормальном мейотическом делении хромосомы поровну распределяются между гамететами.

В случае нерасхождения пары хромосом в процессе мейотического деления хромосомы распределяются неравномерно.



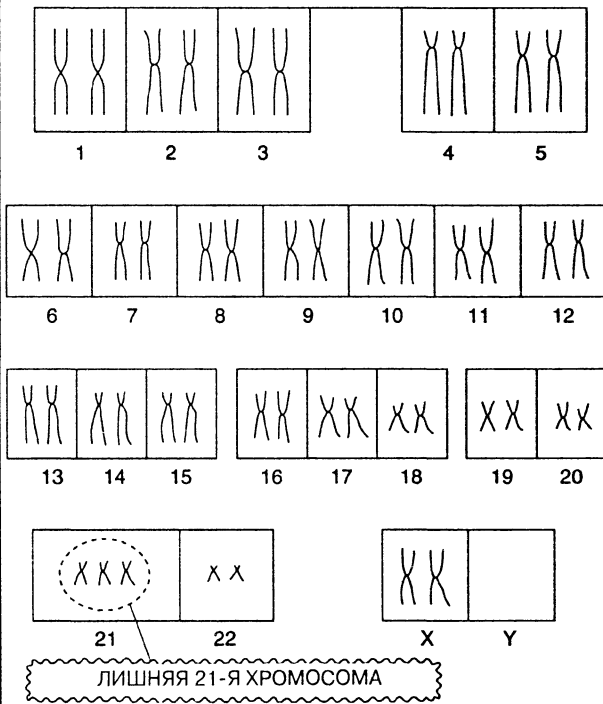
Синдром Дауна характеризуется рядом отличительных физических особенностей.



Кроме того, характерны врожденные сердечные аномалии (30% умирают в возрасте до 10 лет) и умственное отставание.

Для получения **кариотипа** окрашенные хромосомы фотографируют в метафазе митоза, затем вырезают их изображения и раскладывают их в определенном порядке.

КАРИОТИП ЖЕНЩИНЫ С СИНДРОМОМ ДАУНА



Еще два важных примера нерасхождения хромосом

Синдром Кляйнфельтера (XXY) вызывается **лишней X хромосомой** и приводит к **бесплодию у мужчин, сопровождающемуся некоторым развитием молочных желез**.

Синдром Тернера (XO) вызывается **делецией X хромосомы** и приводит к **недоразвитию половых признаков у женщин**.

Тест хи-квадрат (χ^2)

Анализ данных, состоящих из дискретных (прерывистых) переменных

Ожидаемое соотношение организмов, имеющих темный аллель, к имеющим светлый аллель составляет 3:1

В данном примере:

	Наблюдаемое (Н)	Ожидаемое (О)
Темный	70	81
Светлый	30	27

Здесь, например, представлены результаты моногибридного скрещивания между двумя гетерозиготными родителями (● и ○).

Применим уравнение $\chi^2 = \sum \frac{(H-O)^2}{O}$

Категория	Н	(Н-О)	(Н-О) ²	(Н-О) ² /О
Темный	78	3	9	0.11
Светлый	30	3	9	0.33

$\chi^2 = 0.44$

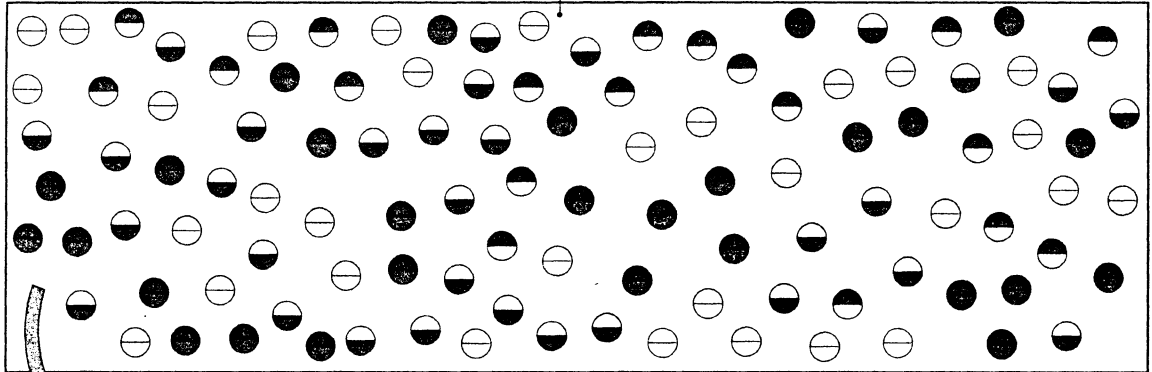
Подставим значение χ^2 в таблицу вероятностей: необходимо знать степеней свободы (= числу возможных вариантов - 1; здесь 2-1 = 1 ст.).

Вероятность (p) = 0.50

Что это означает? p = 0.50 значит, что существует 50%-ная вероятность того, что любые различия между ожидаемыми и наблюдаемыми результатами случайны. При любом p > 5% отклонения от ожидаемых результатов считаются неслучайными.

Уравнение Харди-Вайнберга

Подсчет частоты аллелей и генотипов в популяции



p = частота доминантного аллеля
 q = частота рецессивного аллеля
 p^2 = гомозиготный доминантный генотип
 $2pq$ = гетерозиготный генотип
 q^2 = гомозиготный рецессивный генотип

Используя символы математической теории вероятностей...

Можно подсчитать частоты всех аллелей и генотипов

Частота аллеля $p + q = 1$
 Частота генотипа $p^2 + 2pq + q^2 = 1$

Из этих фенотипов можно идентифицировать только (● и ○) и (○ и ●) идентичны по фенотипу

$= q^2 = 30/108 = 0.277$
 Таким образом $q = 0.527$
 Поскольку $p + q = 1$ $p = 1 - 0.527 = 0.473$
 Следовательно $p^2 = 0.223$
 Поскольку $p^2 = 2pq + q^2 = 1$
 $2pq = 1 - 0.233 - 0.277$
 Таким образом определены частоты всех трех генотипов.

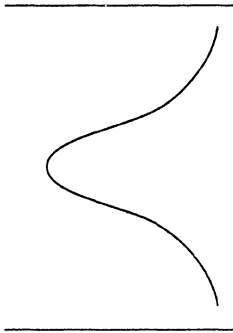
Уравнение Харди-Вайнберга НЕПРИМЕНИМО, если:

- популяция мала;
- спаривание происходит неслучайным образом (т.е. происходит половой отбор);
- имеет место мутация;
- некоторые генотипы менее способны плодиться, т.е. происходит отбор;
- в популяции происходит эмиграция или иммиграция.

Подсчет частоты аллелей и генотипов в популяции

Естественный отбор – это мощный фактор эволюции.

Изменчивость часто бывает **непрерывной**, т.е. между двумя крайними степенями выраженности фенотипа существуют промежуточные варианты. В природе диапазон фенотипов обычно демонстрирует **нормальное распределение**.



КЛАССЫ ФЕНОТИПОВ

В природе растения и животные имеют высокий репродуктивный потенциал, однако численность популяции остается относительно стабильной. Для этого многие организмы должны погибнуть.

Перепроизводство такого рода приводит к **конкуренции**, например, за пищу, убежище или место гнездования. Следовательно, возникает **борьба за существование**. Действие лимитирующих факторов окружающей среды создает **давление отбора**.

Среди членов популяции может существовать значительная **изменчивость** в фенотипах и в фенотипах.

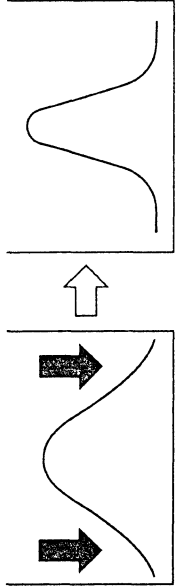
Изменчивость приводит к тому, что некоторые особи обладают признаками, которые дают преимущество в борьбе за существование (а другие признаки, напротив, мешают).

Особь, обладающая наилучшей комбинацией признаков, будут наиболее конкурентоспособны и способны противостоять давлению отбора. Это и есть **естественный отбор – выживание наиболее приспособленных**.

Если имеет место **наследуемая** изменчивость (т.е. вызванная изменением генотипа), новые поколения будут содержать больший процент особей, приспособленных к выживанию.

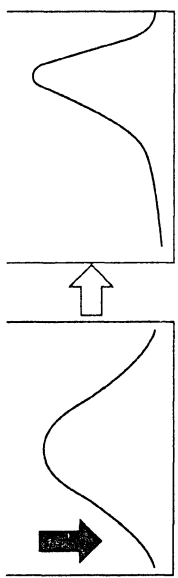
При стабилизирующем отборе предпочтение оказывается среднему классу фенотипа, а крайние формы исключаются. Таким образом происходит **уменьшение** частоты аллелей, представляющих крайние формы.

Стабилизирующий отбор действует, когда фенотип соответствует условиям окружающей среды и конкуренция слабая. Возможно, эта форма отбора поддерживает гетерозиготные генотипы при **серповидно-клеточной анемии** в районах, где распространена **малярия**; она же, возможно, действует в направлении **усреднения веса** человека **при рождении**.

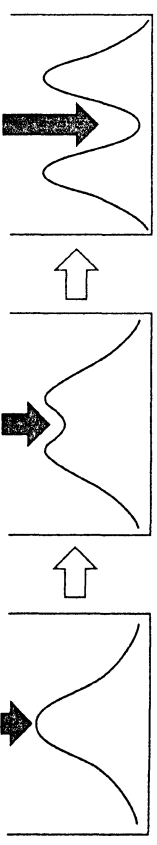


Направленный отбор оказывает предпочтение крайним формам фенотипов. Он оказывает давление, сдвигающее средний фенотип в ту или другую сторону. После того, как будет достигнуто соответствие новым условиям среды, начинается действие стабилизирующий отбор. В частоте аллелей происходят изменения, соответствующие новому фенотипу.

Примером направленного отбора является реакция березовой пяденицы, *Biston betularia*, на индустриализацию в Британии. Большое количество копоти на пригородной растительности привело к предпочтительности темнокрашенной формы этого насекомого (феномен **индустриального меланизма**). Другой важный пример – развитие **устойчивости к антибиотикам** у бактерий (мутантные гены дают преимущество в присутствии антибиотиков) и устойчивости к пестицидам у вредителей культурных растений.



Дизруптивный отбор – это самая редкая форма отбора, связанная с действием нескольких разных факторов отбора в одной среде.



Эта форма отбора приводит к сосуществованию нескольких фенотипов, т.е. возникновению **полиморфизма** (когда все факторы отбора равнозначны, наблюдается **сбалансированный** полиморфизм). Важные примеры: **цвет** (желтый/коричневый) и **количество полос** (от 0 до 5) на раковине моллюска *Scoba pectoralis*; **три фенотипа** (соответствующие генотипам Hb^{Hb}/Hb^{Hb}, Hb^{Hb}/Hb^S) демонстрируют неравномерное распространение серповидноклеточного аллеля в разных регионах.

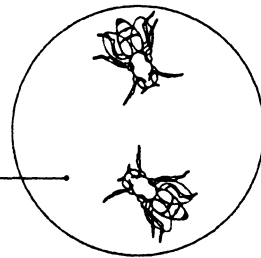
Современная теория **неодарвинизма** полагает, что:

1. Часть особей, несущих неблагоприятные аллели, может выживать, но их репродуктивный потенциал снижается.
2. Преимущество и недостатки любого аллеля относятся к конкретным условиям среды и к конкретному моменту, т.е. аллель полезен только в определенных условиях.

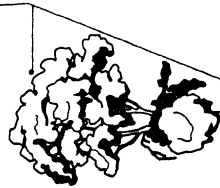
Репродуктивная изоляция и видообразование

Репродуктивная изоляция – естественный фактор видообразования. **Аллопатрическое видообразование** происходит, когда популяции обитают на разных территориях; **симпатрическое видообразование** происходит, когда популяции, обитающие на одной территории, репродуктивно изолированы друг от друга.

Этологическая изоляция имеет место, когда у двух различных видов или популяций развиваются ритуалы ухаживания, которые важны для успешного спаривания.
Примеры: самка павлина стимулируется к спариванию только ухаживанием, которое демонстрирует самец; у светляков для претворения межвидового спаривания служат фигуры полета и сигнальные вспышки.



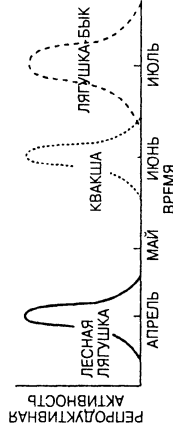
Экологическая изоляция имеет место, когда два вида или популяции занимают разные местообитания на одной территории.
Примеры: мраморная кошка и азиатская золотая кошка могут обитать в одном лесу, при этом первая живет практически только на деревьях, а вторая охотится на оленей и грызунов на поверхности почвы.



Географическая изоляция наблюдается, когда две популяции занимают две различные территории, разделенные какой-либо физической преградой, например, горным хребтом, рекой или даже крупной дорогой.
Примеры: восточная и западная разновидности розеллы, австралийского попугайчика.

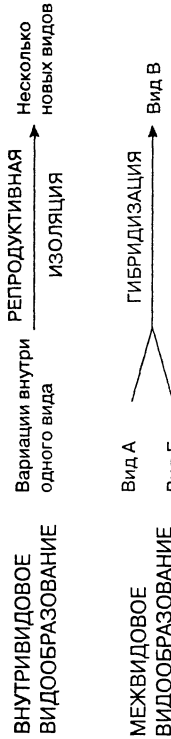
Морфологическая изоляция имеет место, когда репродуктивные системы физически несовместимы.
Примеры: дог не сможет спариться с чихуахуа; насекомое-опылитель одного вида растений не может проникнуть в цветки некоторых других видов.

Временная (сезонная) изоляция наблюдается, когда два или более видов или популяций обитают на одной территории, но сроки размножения у них не совпадают.
Пример: американские виды лягушки.



Аллополиплоидия может приводить к появлению плодовых гибридов **двух различных видов**, в результате гибридный вид сочетает признаки обоих родительских видов.

Краткое изложение:



Презиготические изолирующие механизмы, описанные выше, в норме предотвращают образование любой гибридной зиготы. **Если же гибридная зигота сформировалась, в дело вступают постзиготические изолирующие механизмы**, которые влияют на развитие гибридного организма или на его репродуктивные способности.
Нежизнеспособность гибрида: гибриды погибают, не достигая зрелости.

Бесплодность гибрида: гибриды не способны производить жизнеспособные гаметы.

Неполноценность гибридов: второе или более позднее поколение гибридов бесплодно или нежизнеспособно.

Вид – это:

«нижшая таксономическая группа»

«группа организмов, способных скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство»

«группа организмов, занимающих одну экологическую нишу»

Искусственный отбор происходит, когда человек, а не факторы окружающей среды, определяет, какие гены будут переданы последующим поколениям.

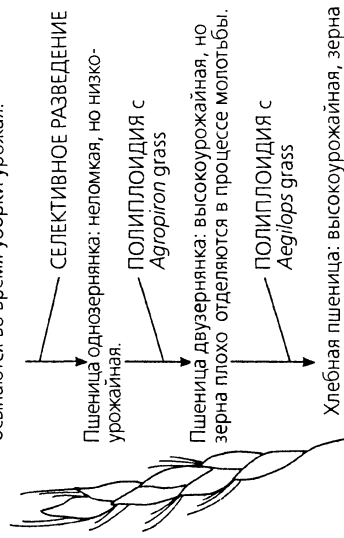
ПОЛИПЛОИДИЯ И СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ

Полиплоиды содержат **многократно увеличенное число хромосом** (умножение хромосомного набора может быть индуцировано обработкой **колхицином** в митозе – при этом ингибируется формирование веретена деления и предотвращается расхождение хромосом).

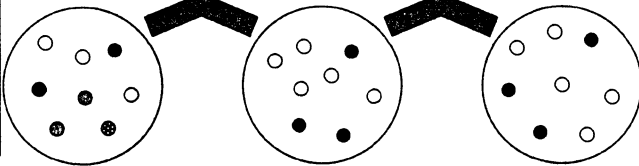
Автотриплоидия (все хромосомы принадлежат **одному** виду): например, все сорта **бананов** являются **триплоидами** – они неплодовиты и не имеют семян. Большинство сортов **картофеля – тетраплоиды**, их клетки больше в размере и клубни крупнее.

Аллополиплоидия (наборы хромосом происходят от **разных** видов) возможна, если геноотипы двух видов сходны по форме и количеству хромосом. Это позволяет селекционерам **комбинировать полезные признаки нескольких видов**.

Важным примером является эволюция **хлебной пшеницы**. Дикая пшеница: имеет ломкие колосья, которые осыпаются во время уборки урожая.



ИНБРИДИНГ И АУТБРИДИНГ



Аутбридинг представляет собой селективное скрещивание организмов из генетически неродственных популяций (разных линий или даже, в случае селекции растений, близких, но разных видов).

Инбридинг – это селективное скрещивание близкородственных организмов, например, скрещивание между членами одного приплода или между родителем и потомком.

Аутбридинг позволяет получить **потомство с новыми качествами, превосходящими родительские**. Такое потомство называется **гибридным**, а развитие у него улучшенных характеристик обозначается как **гетерозис**, или **гибридная мощь**.

Примеры: передача устойчивости к болезням от диких овец к домашним породам; комбинация короткоствеловой «дикой» пшеницы и высокоурожайной «домашней».

Для аутбридинга необходима «консервация генов», хранение «генов» в форме банков семян или коллекций редких сортов.

Инбридинг используется для **сохранения желаемых признаков**, например, одинаковой высоты кукурузы (облегчает механизированную уборку), максимальной содержания масла в льняном семени (более экономичная экстракция).

Однако уменьшение генетического разнообразия при инбридинге может приводить к **снижению плодovitости и устойчивости к болезням**. Поэтому инбридинг не находит широкого применения у животных.

МЕТОДЫ СЕЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ развиты слабее, чем методы селекции растений, по нескольким причинам:

- а) животные медленнее размножаются и дают мало потомков;
- б) улучшенные сорта растений позволяют получить больше пищи;
- в) существует ряд этических проблем, ограничивающих генетические эксперименты с животными.

Вот два примера методик, используемых для селекции животных:

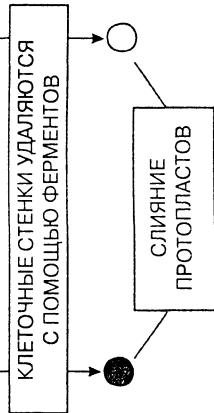
Искусственное оплодотворение: семенной материал от самца с желаемыми признаками используется для оплодотворения многих самок.

Трансплантация эмбрионов: используются **суррогатные матери** (таким образом увеличивается количество потомства) и **клонирование** (получение множества идентичных животных с желаемыми признаками).

СЛИЯНИЕ ПРОТОПЛАСТОВ – это современный метод получения гибридов у растений.

КЛЕТОЧНАЯ СУСПЕНЗИЯ РАСТЕНИЯ А

КЛЕТОЧНАЯ СУСПЕНЗИЯ РАСТЕНИЯ Б



Пример: получение растений табака, устойчивых к вирусам

БИНОМАЛЬНАЯ НОМЕНКЛАТУРА

предложена Линнеем

преимущества:

- каждый вид имеет уникальное название
- показывает родство между видами, например, *Panthera leo* и *Panthera tigris*

объединяет наименования рода и вида в специфическое название, например, *Homo Sapiens*

- выделяют подчеркиванием или курсивом
- название рода пишут с заглавной буквы, вида – со строчной.

«наименование» организмов (обычно после того, как они помещаются в определенную группу – таксон)

необходима для лучшего взаимопонимания между учеными, поэтому «имя» должно быть недвусмысленным и понятным

используется латынь, поскольку этот язык:

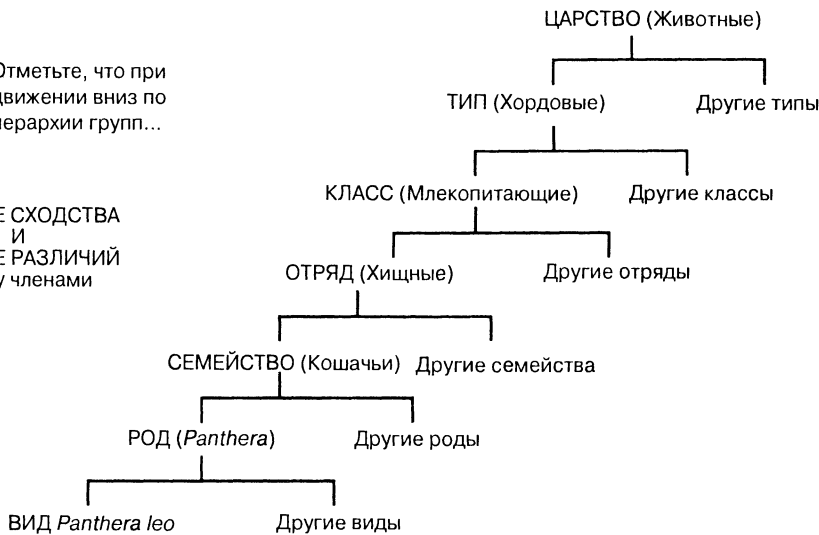
- исторический язык науки
- принят повсеместно

Классификация и наименования живых организмов

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЬВА

Отметьте, что при движении вниз по иерархии групп...

БОЛЬШЕ СХОДСТВА
И
МЕНЬШЕ РАЗЛИЧИЙ
между членами



Все животные – гетеротрофы

Все хордовые имеют нотохорд (→ позвоночник)

Все млекопитающие имеют шерсть и молочные железы

Все хищные имеют хорошо развитые клыки

Все кошачьи имеют втягивающиеся когти

Все *Panthera* (большие кошки) могут рычать, но не могут мурлыкать

Все львы могут спариваться с другими львами, давая плодовитое потомство



Посмотрите! Это гетеротроф с позвоночником, молочными железами, клыками и втягивающимися когтями, который, похоже, собирается...



Раздел Г Экология и окружающая среда

Экология – это наука, изучающая взаимоотношения живых организмов с окружающей средой.

Более современное определение: «наука, изучающая взаимодействия, определяющие численность организмов и их распределение».

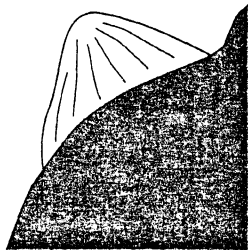
Синэкология изучает группы организмов, образующие функциональные единицы окружающей среды.

Полезные термины:

Сообщество (биотическое сообщество) – это все популяции, обитающие на данной, физически выделенной территории, например, все организмы, обитающие в скалистом заливе.

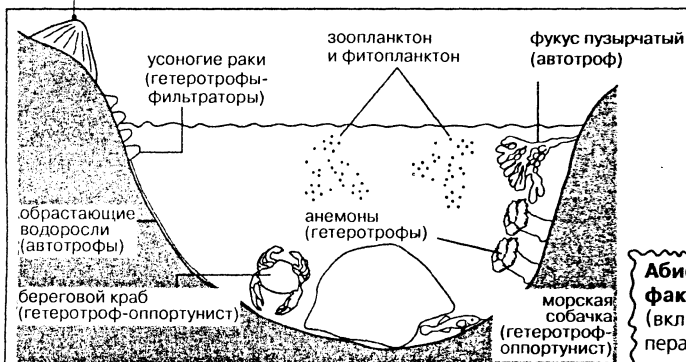
Экосистема – это биотическое сообщество вместе с физической (неживой или абиотической) средой, например, скалистый залив.

Аутэкология изучает *отдельные организмы* или *популяции отдельного вида* и их взаимоотношения с окружающей средой. Например, блюдечко обыкновенное (*Patella vulgaris*) – животное скалистых берегов.



- Чем оно **питается**?
- Как оно **избегает высыхания**?
- Как оно **противостоит действию волн**?
- Какие **хищники** на него нападают?
- Как оно **размножается**?
- Как **расселяется** его потомство?
- Кто его **конкуренты**?

Экологическая ниша организма характеризует место его обитания и его роль в сообществе; если два организма занимают одну и ту же экологическую нишу, они скорее всего конкурируют друг с другом.



Экосистема скалистого залива поддерживается серией **взаимодействий**.



N.B. Скалистый залив не является самоподдерживающейся системой: поддержание на оптимальном уровне абиотических (например, температура, соленость) и биотических (например, питательные вещества, новые виды) факторов зависит от приливного цикла.

Автотрофы – продуценты – нуждаются в поступлении света и неорганических веществ. К ним относятся водоросли и фитопланктон.

Взаимодействие

Гетеротрофы – консументы (травоядные, хищные и всеядные) и редуценты.

Оценка популяций

Для изучения динамики популяции, т.е. того, как какой-либо фактор влияет на распределение ее членов, необходимо оценить ее размер. Другими словами, нужно подсчитать количество особей в популяции. Такие подсчеты обычно выполняются путем сбора **образцов**, в которых соотношение разных видов то же, что и в целой популяции. Это объясняется тем, что

- 1) подсчет всей популяции – это очень трудоемкая и долгая работа
- 2) подсчет всей популяции может причинить вред ей самой или среде ее обитания.

Образцы должны быть репрезентативными. Для этого они должны быть:

- 1) одного размера (например, участок луга площадью 0.25 м²);
- 2) расположенными случайным образом – например, в определенных точках воображаемой сетки, наложенной на исследуемый участок. Координаты этих точек выбирают методом случайных чисел (с помощью калькулятора);
- 3) неперекрывающимися.

МЕТОД КВАДРАТОВ

Для подсчета образцов используют квадраты известной площади. Чаще всего это деревянные или металлические рамы. Квадрат может быть разделен проволокой на более мелкие квадраты.

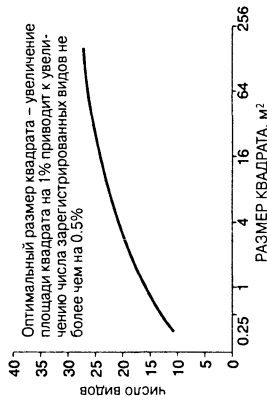
Для обеспечения достоверности подсчета нужно ответить на три вопроса:

1. Каков должен быть размер квадрата?
2. Сколько квадратов нужно подсчитать?
3. Как они должны располагаться?

КАКОВ РАЗМЕР КВАДРАТА?

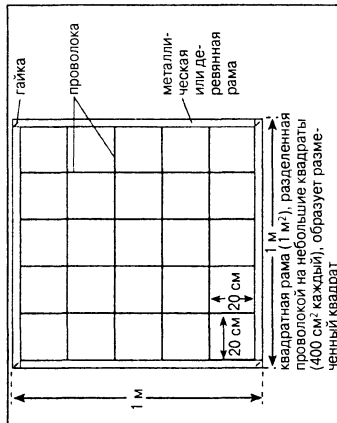
Если члены популяции распределены действительно случайным образом, то для оценки этой популяции подойдет квадрат любого размера. Однако факторы среды обычно распределяются неравномерно, поэтому зависящие от них организмы склонны к агрегации. Небольшие квадраты более эффективны для оценки популяций (можно подсчитать больше квадратов, и они покрывают более широкий спектр среды обитания, чем большие). В то же время в небольшой квадрат может не попасть, например, доминирующее дерево в лесу. Оптимальный размер квадрата определяется

путем подсчета видов, зарегистрированных в квадратах возрастающего размера.



СЛУЧАЙНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ КВАДРАТОВ

Расположение определяется с помощью случайных координат, как описано выше.



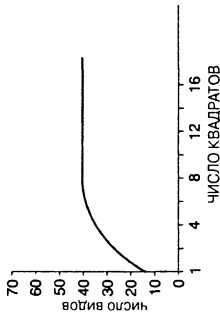
Квадрат чаще всего используют для подсчета размера популяций у растений, но можно использовать его также для изучения популяций прикрепленных или медленно передвигающихся животных (например, блохочек).

ТОЧЕЧНЫЙ МЕТОД

Используют для анализа популяции растений в невысоком разнотравье. Используются рамы с отверстиями, в которые вставлены спицы, обычно 10 штук. Подсчитывают все растения, касающиеся спицы, по мере ее опускания.

СКОЛЬКО КВАДРАТОВ?

Подсчет слишком малого числа квадратов может оказаться нерепрезентативным, а слишком большого – лишней тратой времени. Чтобы определить оптимальное число, квадраты оптимального размера размещают случайным образом на исследуемом участке. После каждого измерения отмечают общее число зарегистрированных видов.



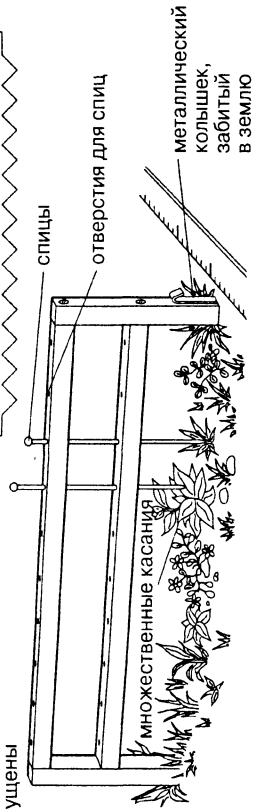
ТРАНСЕКТЫ

Используют для изучения распределения видов, прокладывая прямую линию через место обитания. Простая линейная трансекта представляет собой веревку или тесьму, натянутую через исследуемый участок: регистрируются все виды, касающиеся веревки. При использовании ленточной трансекты регистрируются виды, встречающиеся на участке между двумя линиями (расстояние между ними может быть, например, 0.5 м). При использовании прерывистой ленточной трансекты в фиксированных точках вдоль линии размещают квадраты, в которых регистрируют виды.

Встречаемость вида в квадрате может быть выражена несколькими способами:

1. **Плотность:** подсчитывают число особей в фиксированном количестве квадратов и выражают результат как среднее количество особей на единицу площади.
2. **Площадь покрытия:** доля участка почвы (в %), покрытая надземными частями организмов.
3. **Частота:** доля квадратов, в которых встречается вид.

Самодельная рама. Две из десяти спиц опущены



Методы сбора подвижных организмов

Квадраты и трансекты хорошо подходят для изучения популяций растений и сидячих животных. Что касается подвижных животных, для оценки популяции их нужно сначала отловить. Необходимо собрать репрезентативный образец, по которому будет оцениваться вся популяция. Один из способов сбора – **метод мечения/выпускания/повторного отлова**. Он включает:

- 1) отлов организма;
- 2) мечение его каким-либо безвредным способом (например, жуков можно пометить каплей водостойкой краски, у мышей выстричь небольшую участок шерсти);
- 3) возвращение организма в популяцию;
- 4) отлов второй группы организмов из той же популяции через некоторое время;
- 5) размер популяции оценивается с помощью индекса Линкольна:

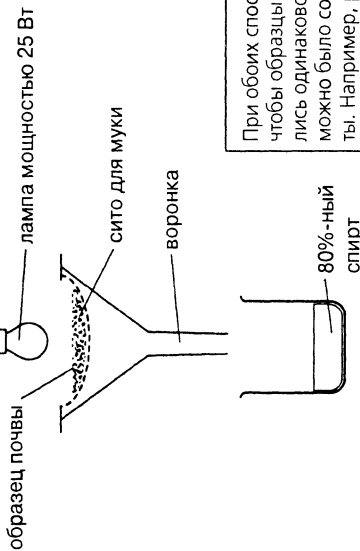
$$\text{Размер популяции} = (n_1 \times n_2) / n_m$$

где n_1 – количество помеченных и выпущенных особей, n_2 – количество особей, пойманных во второй раз, n_m – количество меченых особей во втором образце.

Точность этого метода зависит от ряда допущений, неподтверждение которых приведет к неправильной оценке. Эти допущения таковы:

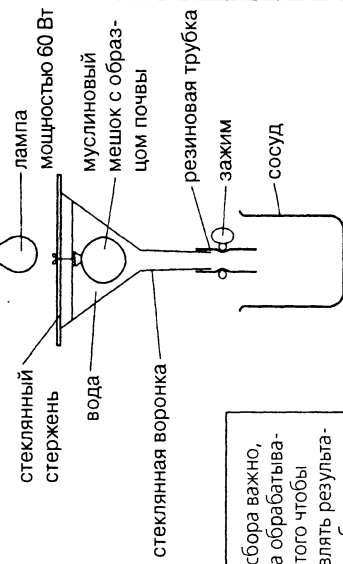
- а) меченые организмы смешиваются с остальной популяцией (нужно дать на это время, учитывая подвижность данного вида);
- б) меченые животные не отличаются от немеченых, например, метка не делает их заметными для хищников;
- в) изменения размера популяции за счет рождаемости, смертности, иммиграции и эмиграции несущественны;
- г) метка сохраняется в течение периода сбора образцов.

ВОРОНКА ТУЛЫГРЕНА: используется для сбора мелких организмов, обитающих в почве и в листовом подстилке. Лампа является источником тепла и высушивает образец – организмы перемещаются дальше от нее и падают сквозь сито (размер ячеек должен быть достаточно мелким, чтобы не пропускать почву). Далее, соскальзывая по гладкой воронке, организмы попадают в сосуд со спиртом, откуда их затем извлекают для изучения.

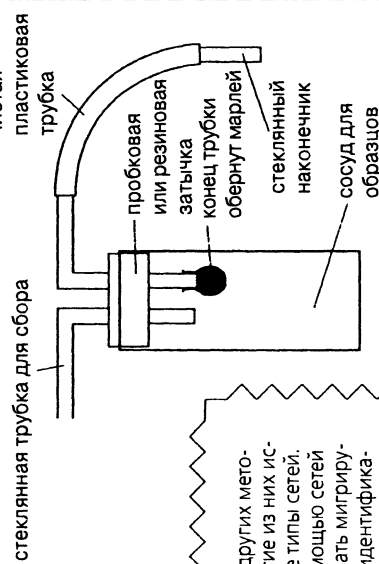


При обоих способах сбора важно, чтобы образцы всегда обрабатывались одинаково, для того чтобы можно было сопоставлять результаты. Например, размер образца, время обработки светом и мощность лампы должны быть одинаковыми.

ВОРОНКА БЕРМАНА: работает по принципу, сходному с воронкой Тулыгрена, но используется для организмов, обитающих в более влажной почве. Животные перемещаются дальше от источника тепла, попадая из муслинового мешка с образцом почвы в воду. Через определенные интервалы зажим открывают и собирают воду с содержащимися в ней организмами в сосуд.



ВСАСЫВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО: применяется для сбора насекомых и других членистоногих с поддонов или простыней, на которые их стряхивают с деревьев или кустарника. Такой прибор не наносит вреда организмам, и они могут быть возвращены в среду обитания.

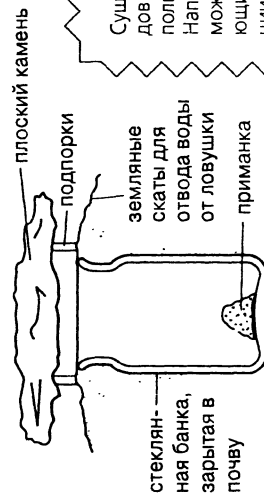


Существует ряд других методов сбора. Многие из них используют разные типы сетей. Например, с помощью сетей можно отлавливать мигрирующие птиц для идентификации и кольцевания; сети используются также для сбора воздушных и водных членистоногих.

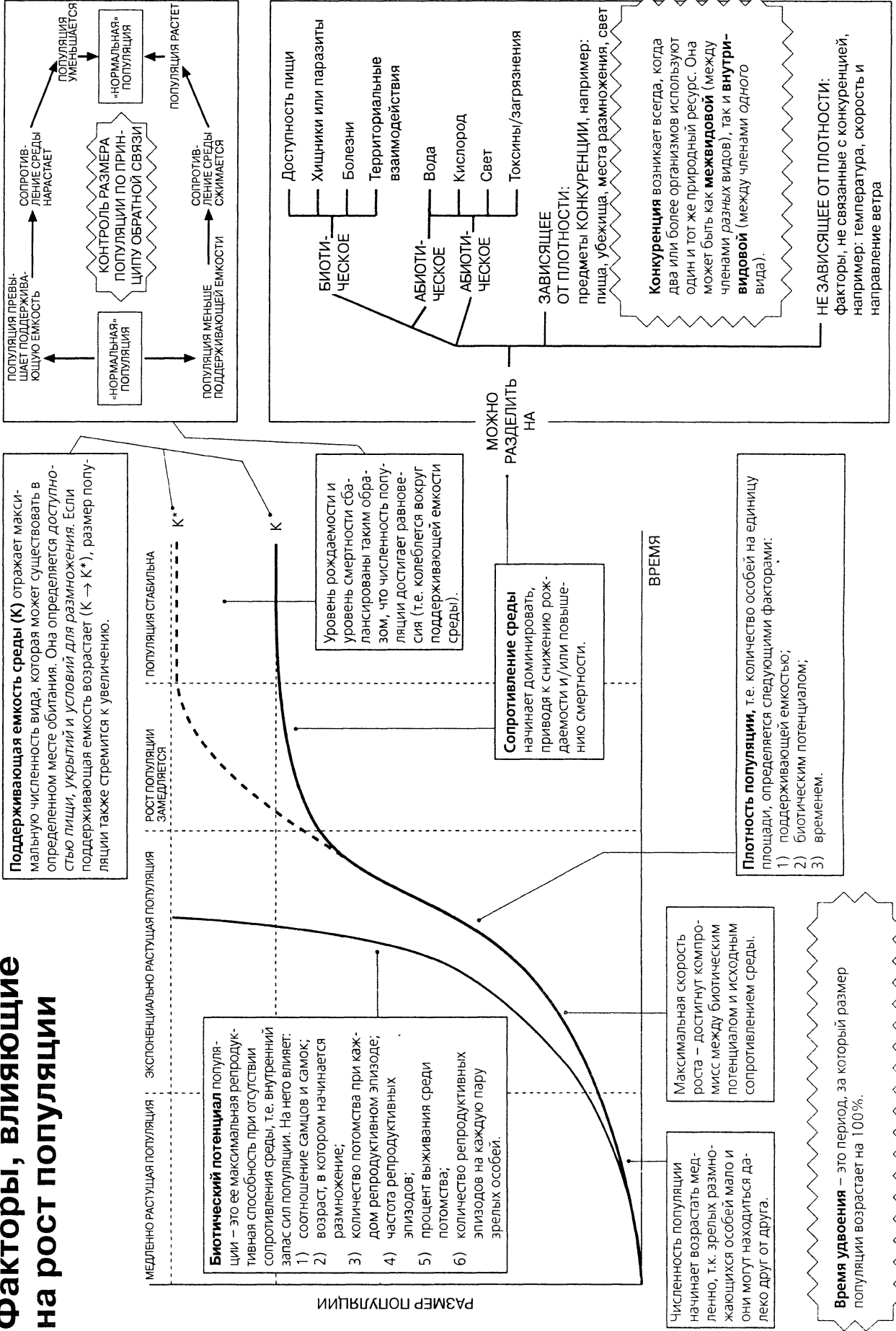
ЛОВУШКА ТИПА «ВОЛЧЬЕЙ ЯМЫ»: используется для сбора членистоногих с поверхности почвы. Крышка предотвращает попадание воды и ограничивает доступ хищников. Для защиты от хищников можно также добавить в ловушку немного метанола.

Внутрь ловушки помещается приманка – кусочек мяса или спелого фрукта.

Часто из ловушек такого типа составляют «сеть», чтобы более систематически исследовать перемещения почвенных животных.



Факторы, влияющие на рост популяции



Рост человеческой популяции

УСПЕХ ЧЕЛОВЕКА КАК ВИДА

закljučается в следующем:

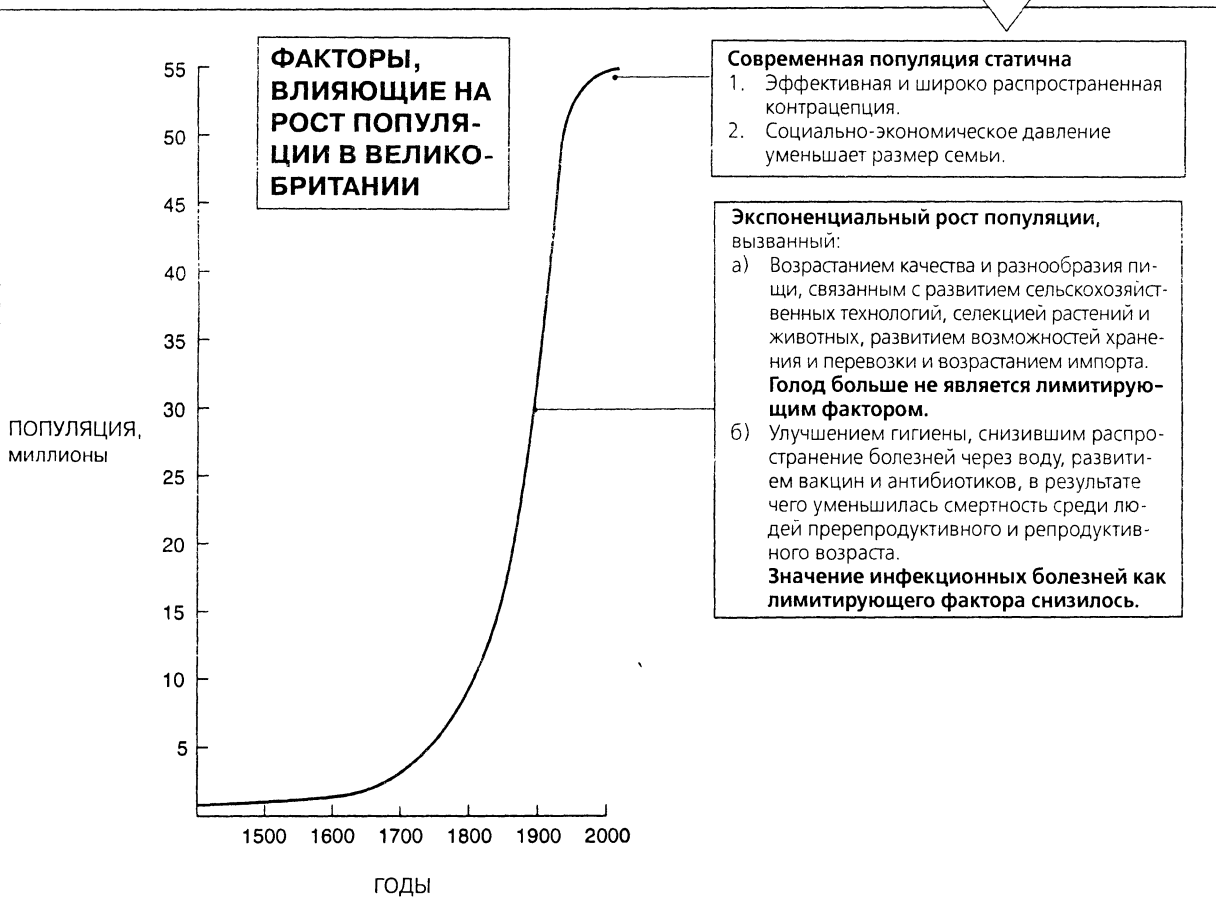
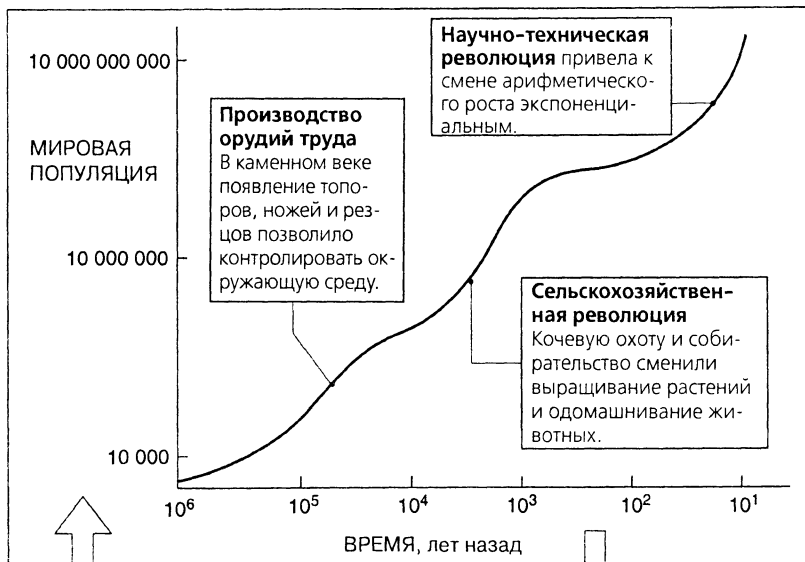
- 1) повсеместное распространение;
- 2) большое количество особей;
- 3) доминирование над другими видами.

Это во многом зависит от его поведенческих навыков, позволяющих:

- а) решать сложные проблемы;
- б) контролировать/изменять окружающую среду.

Это приводит к изменению поддерживающей емкости среды.

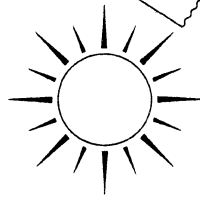
ТРИ ВАЖНЫЕ ФАЗЫ РОСТА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ



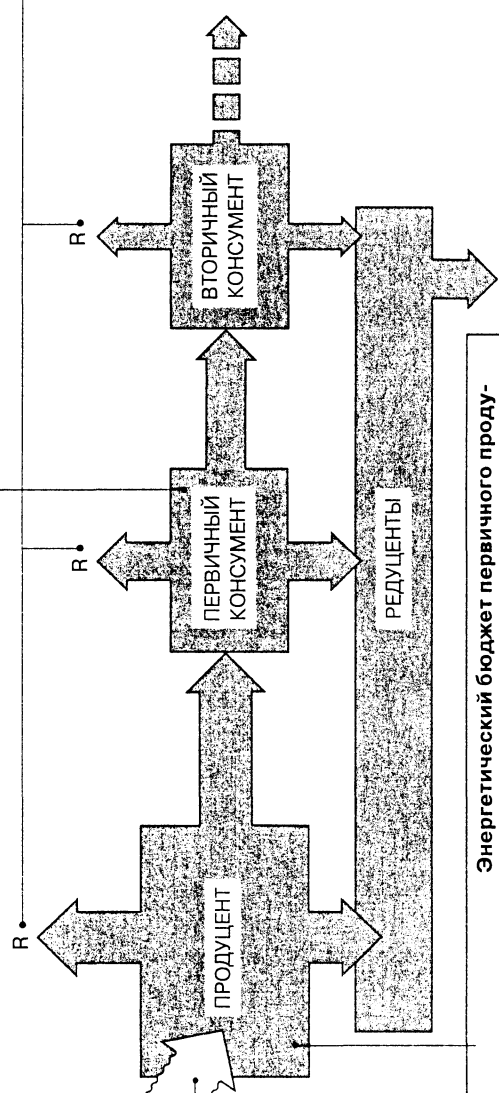
Энергия, передающаяся от продуцента к первичному консументу, обычно составляет 5–10% от NPP. Причины этого:

- 1) Большая часть растительной биомассы (NPP) непригодна для травоядных, поскольку у животных нет ферментов, переваривающих лигнин и целлюлозу.
- 2) Большая часть растительной биомассы не потребляется травоядными видами по разным причинам, так, например, корни для них недоступны, а выгопанная трава непригодна в пищу.

Поток энергии через экосистему



ПОСТУПЛЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ



Энергетический бюджет первичного консумента

C = потребленная энергия, N.B. Она не равна NPP продуцента.

A = усвоенная энергия.

R = потеря энергии в виде тепла.

U = потеря энергии с мочой.

F = потеря энергии с фекалиями.

P = **продукция биомассы**, т.е. энергия, доступная для вторичного консумента.

Таким образом, $C = P + R + U + F$

Людям стоило бы занять более низкий трофический уровень – первичные консументы (**травоядные**) теряют меньше энергии, чем вторичные (**хищники**).

Ограничение числа трофических уровней определяется следующими факторами:

- 1) суммарной биомассой продуцентов;
- 2) эффективностью передачи энергии между трофическими уровнями (всего 10%).

На практике потери энергии ограничивают число уровней 3 или 4, очень редко 5 или 6. Очень длинные пищевые цепи могут подерживаться только при условии огромной биомассы продуцентов, например, в 6-уровневой цепи конечные хищники будут получать только около $10\% \times 10\% \times 10\% \times 10\%$ от NPP. Достаточное количество биомассы для таких пищевых цепей могут обеспечивать океаны, имеющие огромный объем.

Потери энергии в процессе дыхания: часть энергии, потребляемой организмами на всех трофических уровнях, используется при дыхании (органические вещества окисляются, высвобождая энергию, которая затем используется в метаболических реакциях). Примеры: активный транспорт ионов; синтез веществ, например, белков и жиров; клеточное деление; сокращение мышц.

Все эти процессы не являются стопроцентно эффективными, поэтому вся «дыхательная» энергия **в конце концов теряется в виде тепла**.

Это может составлять не более 1% от поступающей солнечной энергии.

Энергетический бюджет первичного продуцента

S = солнечная энергия, попадающая на поверхность листа.

L_R = потеря энергии, отраженной от листа.

L_T = потеря энергии при передаче сквозь толщу листа.

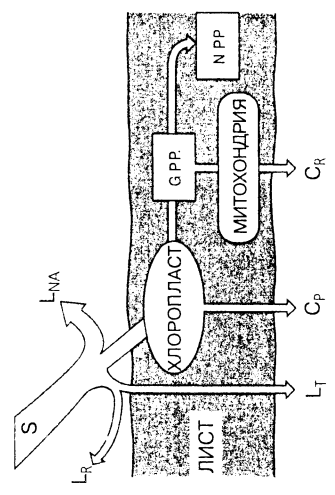
L_{NA} = потеря энергии, связанная с не подходящей для фотосинтетических пигментов длиной волны.

C_P = энергия, потребленная в процессе фотосинтеза.

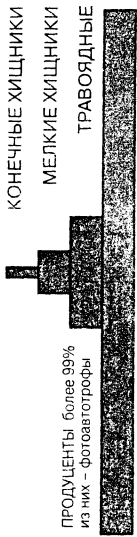
C_R = энергия, потребленная в процессе дыхания.

GPP = **суммарная энергия, связанная путем фотосинтеза**.

NPP = **суммарная энергия, связанная в виде биомассы и доступная гетеротрофам**.

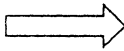


Пирамида численности представляет в виде диаграммы численность различных организмов на каждом трофическом уровне экосистемы **в данный момент времени**.



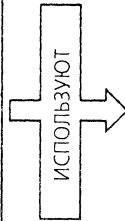
N.B.

1. Численность организмов на каждом трофическом уровне выражается длиной (или площадью) прямоугольника.
2. Как правило, по мере приближения к вершине пирамиды **численность организмов убывает, а размер отдельных особей возрастает**.



Проблемы

- а. Диапазон численностей может быть огромным – 500 000 растений могут поддерживать единственного конечного хищника, так что изображение пирамиды может быть затруднено.
- б. Пирамиды могут быть **перевернутыми**, в частности, если **продукент** **очень велик** (например, ПТИЧЬИ ВШИ ОБЫКНОВЕННАЯ НЕЯСЫТЬ ДУБ), или **в пицевую цепь включены виды, паразитирующие на консументах** (например, птичьи вши на сове).



Пирамиду биомассы...

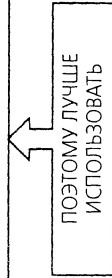
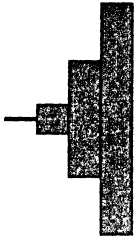
...которая представляет **биомассу** (количество особей \times масса особи) на каждом трофическом уровне **в данный момент времени**.

Такой способ представления должен позволить избежать перерывания пирамиды и проблем с масштабам.

Пирамида энергии представляет поток энергии через все уровни экосистемы в течение **определенного периода времени** (обычно одного года, чтобы учесть сезонные изменения). Количество энергии выражается в $\text{кДж м}^{-2} \text{лет}^{-1}$.

Преимущества:

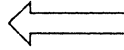
- 1) Позволяет сравнивать **продуктивность**, поскольку учтен фактор времени.
- 2) Биомасса может быть не эквивалентна количеству энергии, например 1 г жира содержит гораздо больше кДж , чем 1 г целлюлозы или лигнина.
- 3) Можно включить в пирамиду поступление солнечной энергии в виде дополнительного прямоугольника в ее основании.
- 4) Позволяет избежать перерывания пирамиды.



ПОЭТОМУ ЛУЧШЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ

Экологические пирамиды содержат информацию о трофических уровнях экосистем. Выбор типа пирамиды для изучения зависит от характера и количества собранных данных.

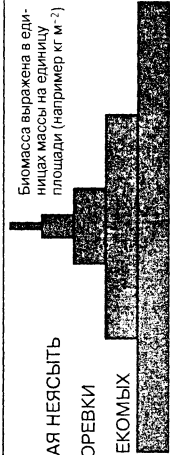
Пирамида биомассы может оказаться перевернутой, если уровень продуцентов включает организмы **с высокой скоростью возобновления** (т.е. быстрым ростом и размножением). Такие продуценты могут при небольшой биомассе обладать высокой продуктивностью (т.е. способностью производить биомассу **в течение периода времени**). Поскольку пирамида биомассы описывает ситуацию **в данный момент времени**, она имеет дело **с урожаем на корню**, а не с **продуктивностью**, например, зоопланктон в морской экосистеме.



ОДНАКО ПРОБЛЕМЫ ЕЩЕ ОСТАЮТСЯ!

Биомасса выражена в единицах массы на единицу площади (например кг м^{-2})

ПТИЧЬИ ВШИ
ОБЫКНОВЕННАЯ НЕЯСЫТЬ
СИНЦЫ-ЛАЗОРЕВКИ
ЛИЧИНКИ НАСЕКОМЫХ
ДУБ



Экологическая сукцессия приводит к образованию **климаксного сообщества** через **несколько стадий** и характеризуется:

- 1) возрастанием **разнообразия видов** и **сложности пищевых взаимоотношений**;
- 2) прогрессивным увеличением **биомассы**;
- 3) завершением процесса, когда **приток энергии (фотосинтез сообщества) = потерям энергии (дыхание сообщества)**.

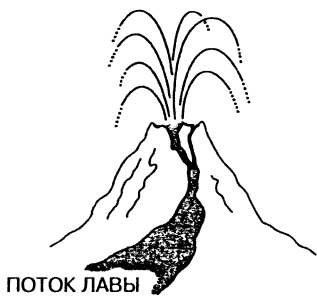
СООБЩЕСТВО (все виды, представленные в данном месте в данное время) – это группа взаимодействующих популяций (все члены вида в данном месте в данное время), представляющая биотический компонент экосистемы. Сообщество редко является статичным. Относительная численность видов меняется, в сообществе появляются новые виды, а другие исчезают. Причины этих изменений:

Катастрофы: могут быть природными (например, наводнение, извержение вулкана) и вызванными деятельностью человека (например, разлив нефти, обезлесение).

Времена года: изменения температуры, количества осадков, интенсивности света и скорости ветра могут изменить пригодность среды для обитания определенного вида.

Сукцессия: длительное направленное изменение состава сообщества, **осуществляемое самими организмами**.

Первичная сукцессия происходит, когда сообщество развивается на «пустом месте», где **никогда не существовало растительности** (например, ил в речной дельте, песчаные дюны, лавовый поток, искусственные пруды и новообразованные вулканические острова).



МОЖЕТ БЫТЬ ЛИБО

ЛИБО

Вторичная сукцессия происходит на территории, **которая уже была ранее колонизирована**, в случае разрушения прежнего сообщества (обычно пожаром, наводнением или в результате сельскохозяйственной или промышленной деятельности человека). Такая земля не является девственной, на ней сохраняются остатки почвы, органические останки, семена и даже уцелевшие растения и животные (например, после пожара может остаться большое количество минералов, особенно фосфатов).

... НО ВСЕГДА СОСТОИТ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ СТАДИЙ

Миграция: попадание семян и спор. В подходящих условиях иммигрирующие виды могут закрепиться.

Число видов возрастает, происходит дальнейшая стабилизация почв и нарастание объема питательных веществ. Могут добавляться новые виды, развивается **внутривидовая и межвидовая конкуренция**. Пионерные виды часто оказываются неконкурентоспособны и вытесняются более требовательными высшими растениями: травами, кустарниками и, наконец, деревьями.

Конечная точка сукцессии: сообщество стабильно и находится в равновесии с окружающей средой. Его состав часто определяется одним доминирующим видом, как, например, **в дубраве**.

ГОЛАЯ ЗЕМЛЯ

ПИОНЕРНОЕ СООБЩЕСТВО (КОЛОНИЗАТОРЫ)

ВТОРИЧНОЕ СООБЩЕСТВО

КЛИМАКСНОЕ СООБЩЕСТВО

В ходе сукцессии каждый вид изменяет среду, делая ее **более** пригодной для новых видов и **менее** пригодной для появившихся ранее.

К этим видам относятся низшие растения, например, лишайники и водоросли, минимально требовательные к окружающей среде. Они могут вступать в симбиоз, чтобы закрепиться в данных условиях. Сообщество **открыто** для дальнейшей колонизации.

Каждая из этих стадий называется **сериальной стадией**, а полная сукцессия – **серией**.

Гидросерия – сукцессия в водной среде.
Ксеросерия – сукцессия на сухой земле.
Галосерия – сукцессия в условиях засоленности.
Литосерия – сукцессия на скальной поверхности.

Круговорот углерода

связан и с биохимическими, и с физическими процессами.

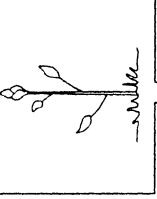
Атмосферный диоксид углерода является наиболее доступным источником углерода: хотя CO_2 составляет всего около 0.03% атмосферы, это соответствует массе в 700×10^{12} кг (= 700 миллиардов тонн).

Дыхание (в общем виде глюкоза + кислород → диоксид углерода + вода) возвращается в атмосферу около 210×10^{12} кг углерода. Это количество делится примерно поровну между наземными и водными экосистемами, а в наземных экосистемах – примерно поровну между растениями/животными и редуцентами (грибами и бактериями).

Баланс между фотосинтезом и дыханием может иметь **краткосрочные** (например, ↑ CO_2 ночью, когда фотосинтез не идет) и **долгосрочные сдвиги** (например, ↑ CO_2 в районах, где произошло обезлесение или загрязнение, ограничивающее фотосинтез).

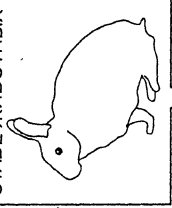
Фиксация углерода включает восстановление диоксида углерода до больших органических молекул. В общем виде:
 $\text{CO}_2 + 4\text{H} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
 Оно осуществляется путем фотосинтеза (99%) или хемосинтеза (1%).

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В СОСТАВЕ РАСТЕНИЙ



ПОЕДАЮТСЯ

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В СОСТАВЕ ЖИВОТНЫХ



ОСТАТКИ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ



ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В СОСТАВЕ РЕДУЦЕНТОВ



Сжигание углеводородного сырья возвращает в атмосферу около 6×10^{12} кг углерода в год

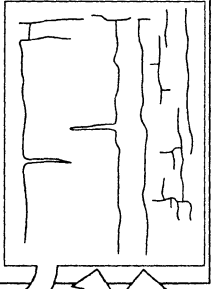
ДЫХАНИЕ РАСТЕНИЙ, ЖИВОТНЫХ И РЕДУЦЕНТОВ

ДИОКСИД УГЛЕРОДА (CO_2) В ВОЗДУХЕ И ВОДЕ

ВЫВЕТРИВАНИЕ

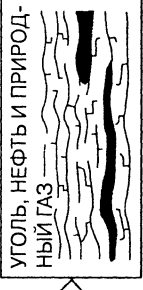
Выветривание и осадение отвечают за очень небольшую долю кругооборота углерода (предположительно не менее 0.1% от оборота между дыханием и фотосинтезом). Среднее время циклирования для атома углерода в горной породе – около 100 миллионов лет.

Известняк и мел – самый крупный резервуар углерода, около $100\,000\,000 \times 10^{12}$ кг. Отсюда он высвобождается очень медленно.



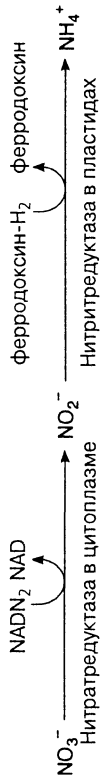
Отложение: такие горные породы, как известняк и мел, сформированы из скелетов микроорганизмов, содержащих кальций и CO_2 .

Углеродородное сырье формируется в условиях отсутствия окисления и разложения органической материи. Например, в океанских глубинах или в заболоченной почве разложение ингибируется отсутствием кислорода и возрастанием кислотности (падением pH). По мере возрастания давления растительные остатки → торф → метан/газы → нефть → уголь → антрацит
 Углеродородное сырье содержит около $3\,000\,000 \times 10^{12}$ кг углерода, который возвращается в атмосферу только при сгорании.



Круговорот азота связан с микроорганизмами.

Восстановление азота: происходит в два этапа, которые катализируются различными ферментами и проходят в разных частях клетки:



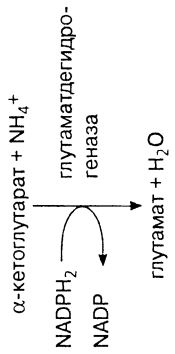
Нитратредуктаза для поддержания активности требуется молибден; ее много в быстрорастущих культурах, а в условиях кислой, нитрит-дефицитной почвы – значительно меньше. **Нитритредуктазы** примерно в 10 раз больше, чем нитратредуктазы, поэтому нитриты никогда не накапливаются (к счастью для человека, поскольку нитриты в кишечнике могут превращаться в канцерогены).

Фиксация азота: азот, содержащийся в ризосфере (почвенной атмосфере), восстанавливается до ионов аммония. Базовая реакция:

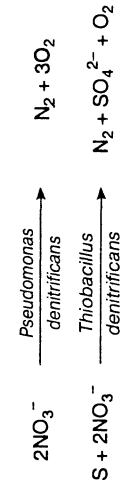


Это многоступенчатый процесс, катализируемый ферментным комплексом, называемым **нитрогеназой**. Для активности ферментов необходимы Fe и Mo. Существуют свободноживущие азотфиксирующие бактерии, например *Azobacter*, но большая часть связывания азота выполняется **симбиотическими бактериями**, такими как *Rhizobium*, и **цианобактериями**, такими как *Nostoc*.

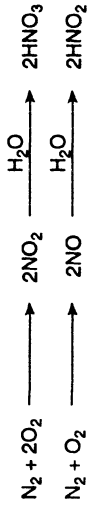
Включение аммония: происходит путем синтеза аминокислоты **глутамата** из оксикислоты **α-кетоглутарата**. Глутамат затем участвует в **реакциях трансаминирования**, в результате которых могут образоваться другие аминокислоты.



Денитрификация: потеря азота в экосистеме, может происходить в **анаэробных условиях**, как например в заболоченной почве.



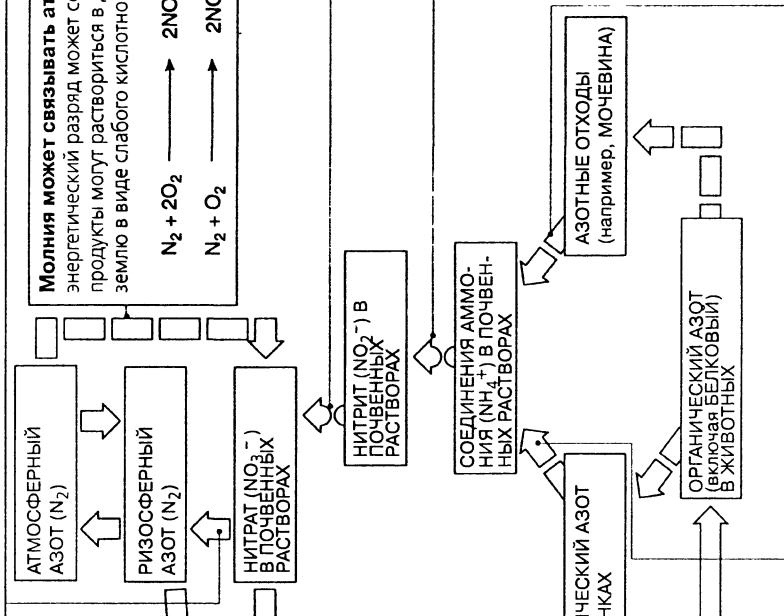
Молния может связывать атмосферный азот. Высокоэнергетический разряд может соединить азот с кислородом; продукты могут раствориться в дождевой воде и выпадать на землю в виде слабого кислотного раствора.



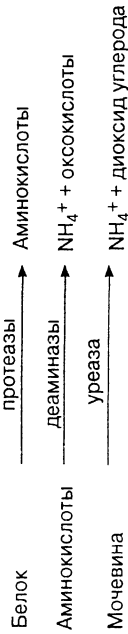
Нитрификация: последовательность окислений, осуществляемая хемотротрофными бактериями. Соединения аммония превращаются в нитраты, при этом выделяется энергия (эн.), потребляемая бактериями.



Нитраты, образующиеся в этих реакциях, являются формой азота, наиболее легко усваиваемой корнями растений.



Гниение: высвобождает азот из сложных органических веществ, например:



Эти процессы осуществляются **сапрофитными бактериями и грибами (редуцентами)**, которые иногда называют **аммониферами**, поскольку конечным продуктом является NH₄⁺.

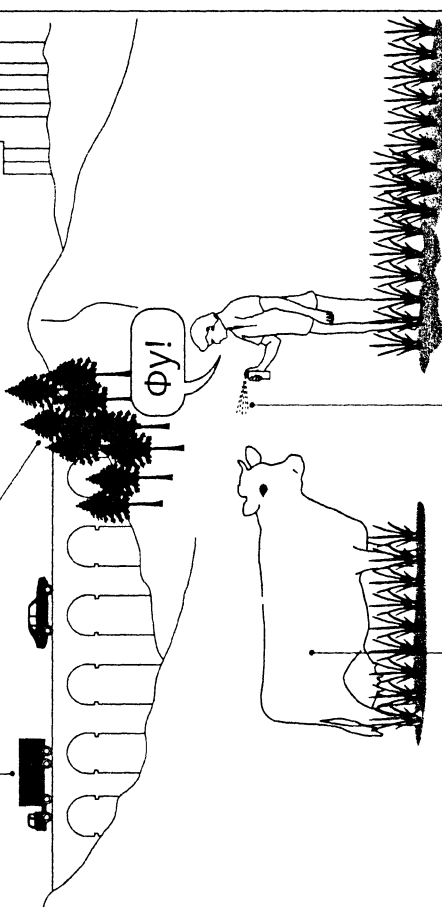
Парниковый эффект – естественная особенность Земли, но его усиление ведет к **глобальному потеплению**.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Фотосинтезирующие растения лесов и лугов забирают диоксид углерода (CO_2) из атмосферы.

Выхлопы автомобилей содержат большое количество CO_2 , попадающего в атмосферу.

При сжигании **углеводородного сырья** промышленными предприятиями выделяется большое количество CO_2

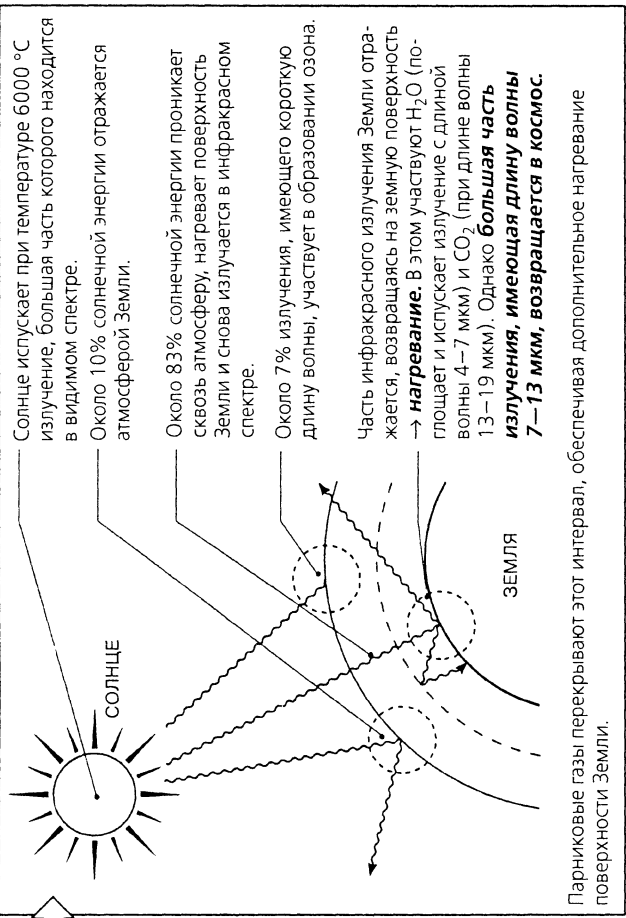


У жвачных животных в процессе пищеварения выделяется **метан** (CH_4), который выделяется в атмосферу. Интенсивное разведение скота усиливает потребление CO_2 в ходе фотосинтеза, но параллельно происходит выделение метана.

Аэрозоли содержат **хлорофторуглероды** (фреоны), которые в 10^5 раз преобладают над диоксидом углерода в качестве парниковых газов.

При **анаэробном брожении** в болотах выделяется CH_4 . Неорганические удобрения вызывают высвобождение оксида азота (NO).

Все живые организмы выделяют диоксид углерода в процессе дыхания; человек, кроме того, является источником дополнительных **парниковых газов (антропогенный вклад)**: метана и фреонов.



Плюсы
Большее CO_2 в атмосфере, выше температура на поверхности Земли

→

более быстрый фотосинтез

→

больше пищи

Минусы

Глобальное потепление (с 1900 г. повышение средней температуры составило 0.8 °C).

→

Колебания климата: изменение градиента температур → циклоны. Более быстрое испарение воды → усиление дождей.

→

Подъем уровня моря: таяние полярных льдов и термическое расширение морей.

→

Потери урожаев: более сухая погода в плодородных областях → снижение урожайности основных культур.

→

Миграция видов: может расширяться распространение вредителей и возбудителей болезней.

ИСТОЧНИКИ

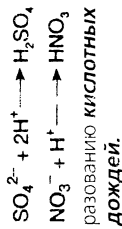
Сера и азот, содержащиеся в углеводородном сырье, окисляются при его сжигании.



Дальнейшее окисление происходит в облаках.

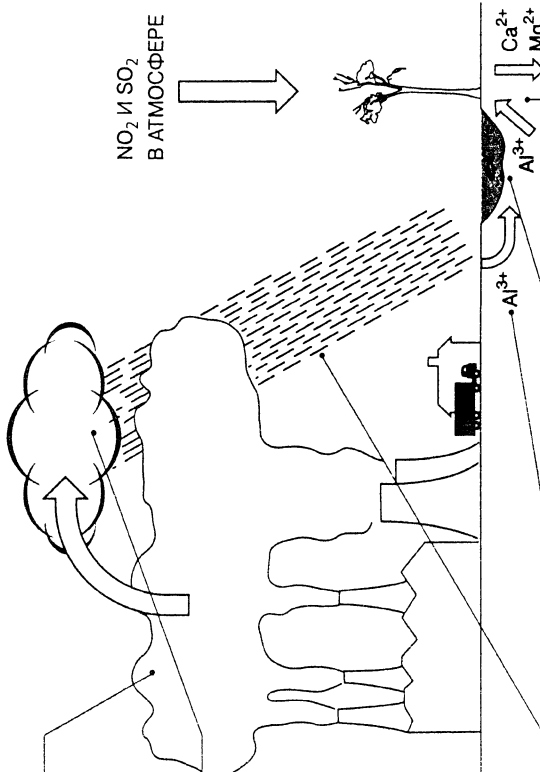


Эти реакции катализируются озоном, аммонием и несгоревшими углеводородами. Расщепление их продуктов в воде приводит к об-



Кислотные дожди

Диоксид серы – загрязнитель атмосферы, участвующий в образовании кислотных дождей.



ПРОБЛЕМЫ

Почва: в нормальных условиях ионы H^+ в почве стабилизируются с частями ионов SO_4^{2-} и HCO_3^- ; очень мобильны, поэтому они вымывают ионы H^+ из почвы. (NO_3^- -ионы способны действовать также, но они быстро поглощаются корнями растений.)

Речная и озерная вода: SO_4^{2-} выводит Al^{3+} из почвы. Ионы алюминия, попадающие в воду, причиняют вред рыбе – в жабрах скапливается клейкая слизь, ограничивая поступление кислорода → **гибель рыбы**. Изменения pH приводят также к размягчению экзоскелетов → **гибель беспозвоночных**.

Леса: кислотные дожди приводят к вымыванию из почвы Ca^{2+} и Mg^{2+} (нарушается формирование хлорофилла и ламелл). Сохранение Al^{3+} поднимается до токсичного уровня. Атмосферные NO_2 и SO_2 повреждают губчатый и палисадный мезофилл → **истощение дерева**. Все это усугубляется озоном, аммонием и морозом – деревья получают стресс и становятся чувствительными к грибковым инфекциям.

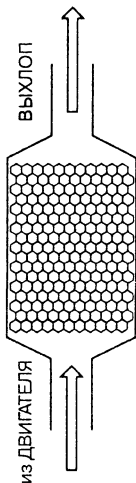
ДЕЙСТВИЯ

Предотвращение...

Включает снижение выбросов NO , NO_2 и SO_2 двигателями внутреннего сгорания и промышленными предприятиями.

Каталитические конвертеры

... очищают выхлопы, катализируя реакции между загрязнителями с образованием более безвредных продуктов.



КЕРАМИЧЕСКИЕ СЕТКИ, ПОКРЫТЫЕ Pt, Pd и Rh

ОКСИД УГЛЕРОДА + ОКСИДЫ АЗОТА → ДИОКСИД УГЛЕРОДА + АЗОТ

УГЛЕВОДОРОДЫ + ДИОКСИД УГЛЕРОДА + ВОДЯНОЙ ПАР → ДИОКСИД УГЛЕРОДА + ВОДА + АЗОТ

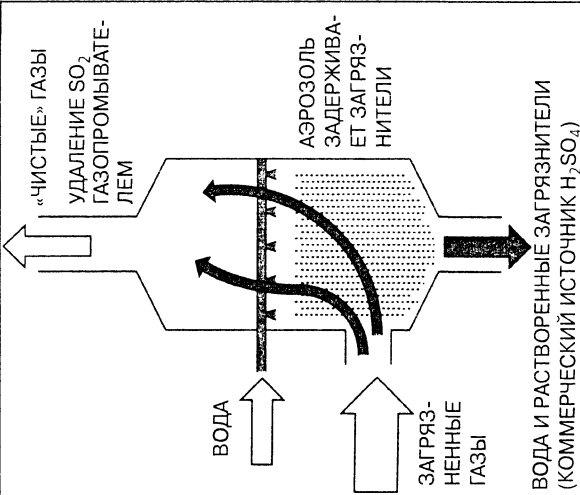
+ МЕНЬШЕ ЯДОВИТЫХ ВЫБРОСОВ – БОЛЬШЕ SO_2 – ПАР. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВА, НЕ СОДЕРЖАЩЕГО СВИНЕЦ (Pb) ПОВРЕЖДАЕТ КАТАЛИЗАТОР)

МЕНЬШЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОПЛИВА

... и исправление.

Значительно сложнее и дороже...

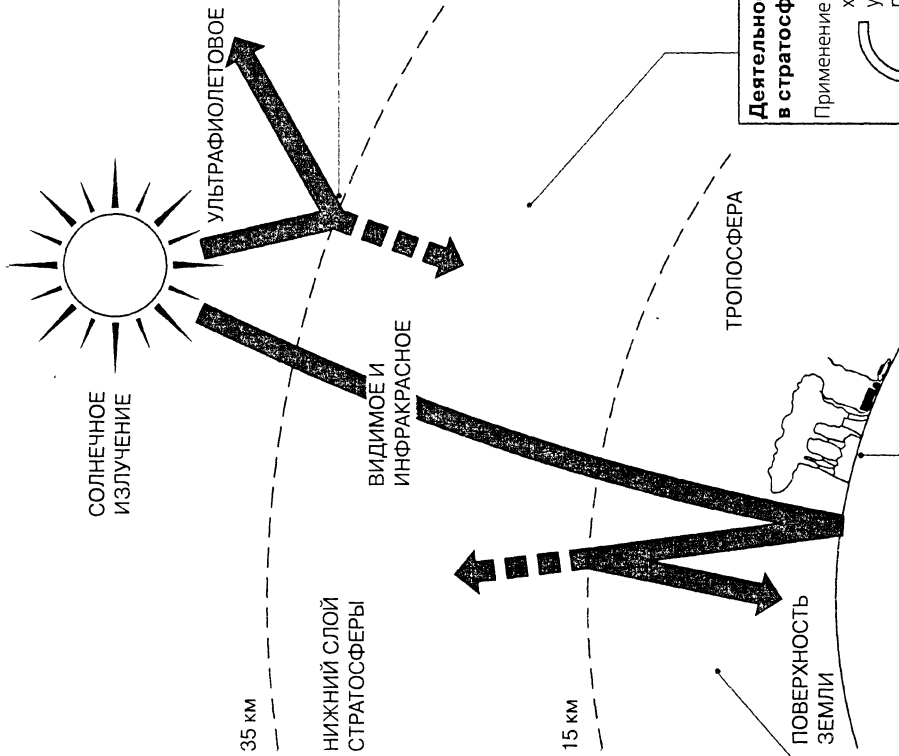
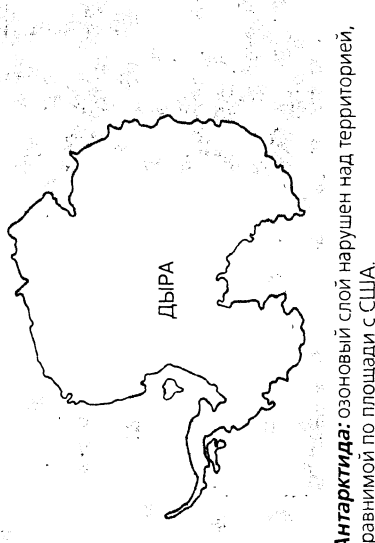
- местные применения щелочей, например, внесение извести ($CaCO_3$) в «кислые» озера;
 - внесение минеральных удобрений в лесные почвы
- ... и обычно имеет краткосрочный эффект.



ОЗОН необходим для жизни, однако его неправильное распределение в атмосфере может принести вред.

«Дыры» в озоновом слое: измерения, проведенные британскими учеными в Халли Бей (Антарктида), показали, что озоновый слой истончается под влиянием хлора, накапливающегося в атмосфере в зимние месяцы. Хотя летом процесс идет в обратном направлении и эта проблема, возможно, характерна только для Антарктиды, тем не менее она является предупреждением о необходимости снизить производство долгоживущих фреонов.

Антарктида: озоновый слой нарушен над территорией, сравнимой по площади с США.



Стратосферный («верхний») озон имеет защитную функцию

Озон поглощает ультрафиолетовое (UV) солнечное излучение, которое в противном случае достигало бы поверхности Земли.

UV-B (290–300 нм) все же достигает поверхности Земли

↑

загар
некоторые формы рака кожи
катаракта

По некоторым оценкам, уменьшение озонового слоя на 2.5% может привести к увеличению заболеваемости раком кожи на 40 000 000 случаев и вызвать 0.8 миллиона случаев смерти от рака.

↑

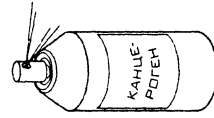
снижение продуктивности некоторых видов растений, например соевых бобов.

↑

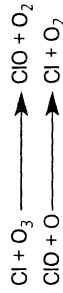
UV-C (240–290 нм) не достигает Земли, однако в лабораторных условиях показано, что оно способно повреждать ДНК (вызывает мутации) и белки.

Деятельность, снижающая содержание азота в стратосфере

Применение фреонов: хладагенты в холодильниках, установках, распылители для аэрозолей, производство пластмасс.

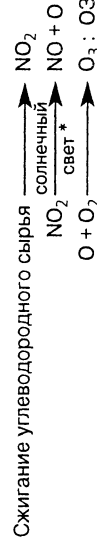


Атмосферный хлор



Таким образом, хлор высвобождается и продолжает истощение озонового слоя.

Деятельность, поставляющая озон в тропосферу



* Эта реакция идет быстрее в присутствии несгоревших углеводородов.

Тропосферный («нижний») озон вызывает проблемы

1. Он действует как парниковый газ, задерживая и излучая тепло, которое повышает температуру земной поверхности.
2. В результате п. 1 происходит термальная инверсия – слой теплого воздуха удерживает вблизи Земли холодный воздух, содержащий пыль и дым, так образуется смог.
3. Он раздражает глаза и дыхательные пути и может даже привести к смерти больных, страдающих нарушениями дыхания.
4. У растений озон серьезно повреждает фотосинтезирующий мезофилл, образуя свободные радикалы (мощные окислители), – это может приводить к 10%-ному снижению урожайности.

Загрязнение рек

влияет и на растительный, и на животный мир.

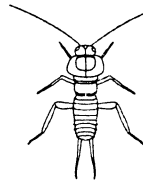
Чистая вода
Индикаторные виды (форель, личинки поденок и веснянок) **активны, потребность в кислороде высокая.**



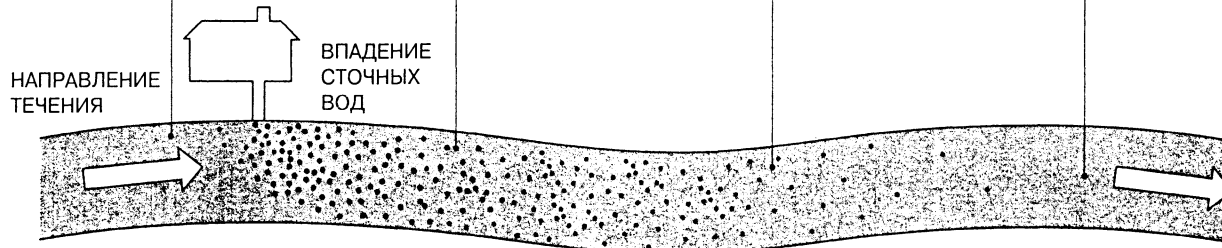
Сильно загрязненная вода
Рыба отсутствует. Индикаторные виды (например, мотыль, *Tubifex*) часто имеют дыхательные пигменты, помогающие **увеличить потребление O_2** ; они относительно малоактивны, что **снижает потребность в кислороде.**

Слабо загрязненная вода
Возвращаются некоторые виды рыбы (щука, карп). К другим индикаторным видам, имеющим **среднюю потребность в кислороде**, относятся личинки скатопсид и некоторые улитки.

Чистая вода
Возвращаются *Gammarus* (мелкое ракообразное), форель и личинки веснянок – это показатель того, что **BOD воды сильно снизился.**



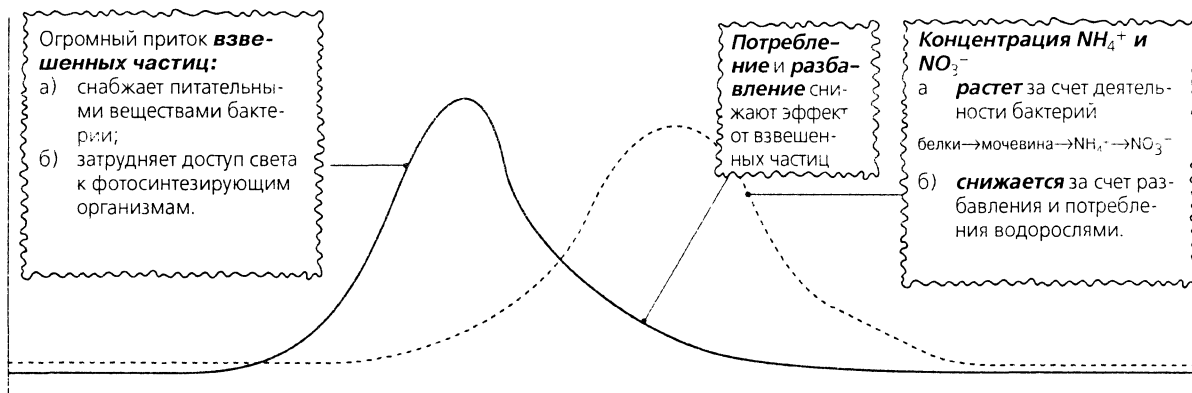
нимфа *Perla* (веснянки)



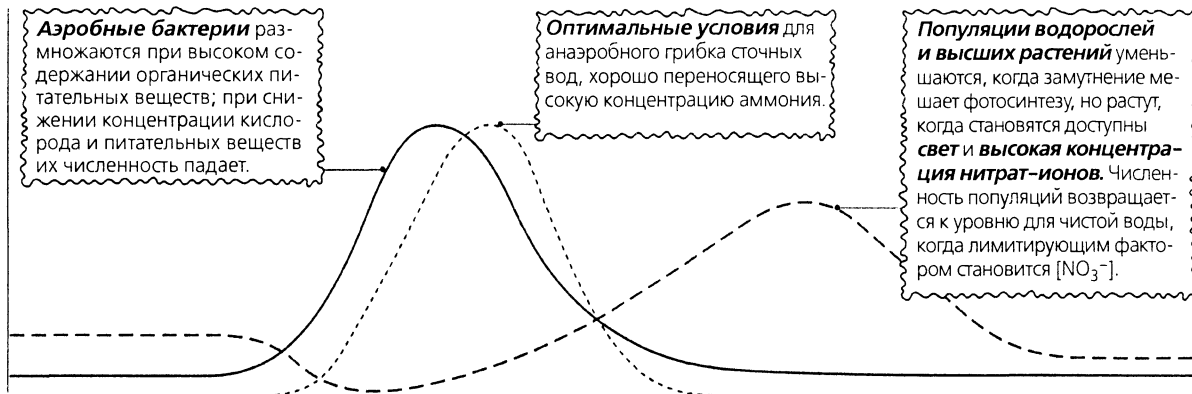
КОНЦЕНТРАЦИЯ РАСТВОРЕННОГО КИСЛОРОДА



ДОМИНАНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ФАКТОР



ПОПУЛЯЦИИ ДРУГИХ ВИДОВ



Нитраты – важные загрязнители воды.

Влияние на здоровье человека

- В желудке
 $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{НИТРОЗАМИНЫ}$
 Нитрозамины – сильные канцерогены, и в некоторых исследованиях высокая $[\text{NO}_3^-]$ в питьевой воде связывается с возрастанием заболеваемости раком желудка и пищевода.
- Синюшность у младенцев (в возрасте до 3 месяцев).
 $\text{NO}_3^- \xrightarrow{\text{бактерии в кишечнике или питьевой воде}} \text{НИТРИТ (NO}_2^-)$
 Гемоглобин в эритроцитах ребенка
 \rightarrow метгемоглобин (содержит железо, окисленное до Fe^{III}) – снижает способность крови к переносу кислорода
 \rightarrow **появление синюшности.**



EUTRO-MAX FERTILISER

ACA

N P K

Установлено предельное содержание азота в питьевой воде, равное 11.3 частей на миллион.



ПЕСТИЦИДЫ ТАКЖЕ СОЗДАЮТ ПРОБЛЕМЫ!

Биоаккумуляция токсинов: пестициды или их продукты могут быть токсичными.

- они могут серьезно влиять на микроорганизмы, и следовательно, на процессы разложения, идущие в почве;
- они могут перемещаться по пищевым цепям, накапливаясь в организмах, находящихся на высших трофических уровнях.

Например, ДДТ, использовавшийся в качестве инсектицида, накапливается в жировой ткани хищных животных, ингибирует цитохромоксидазу и нарушает репродукцию (у птичьих яиц образуется слишком тонкая скорлупа).

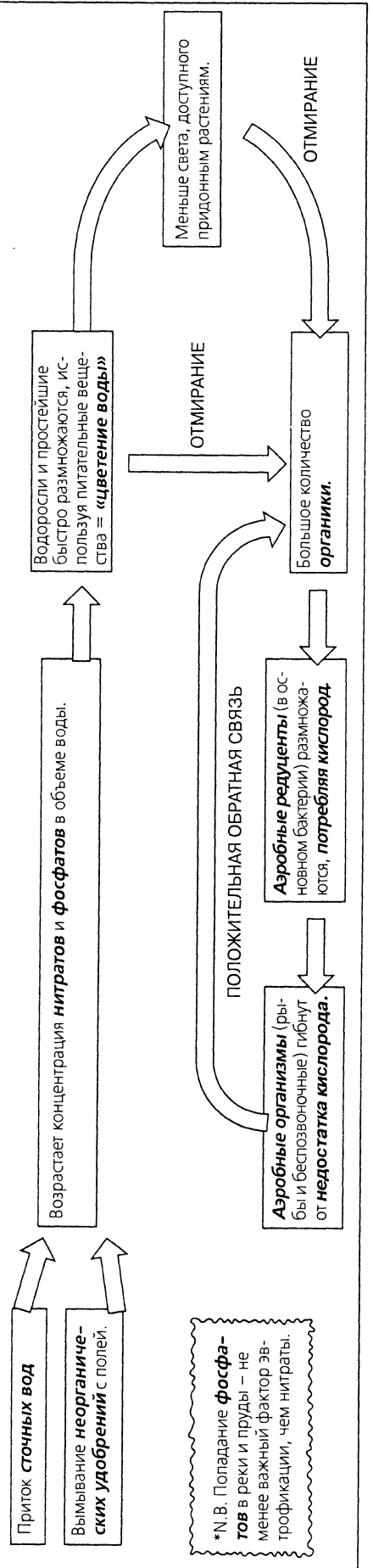
Фитопланктон 1 → Личинка поденки 4 → Форель 50 → Скопа 800

Относительная концентрация ДДТ на разных уровнях пищевой цепи.

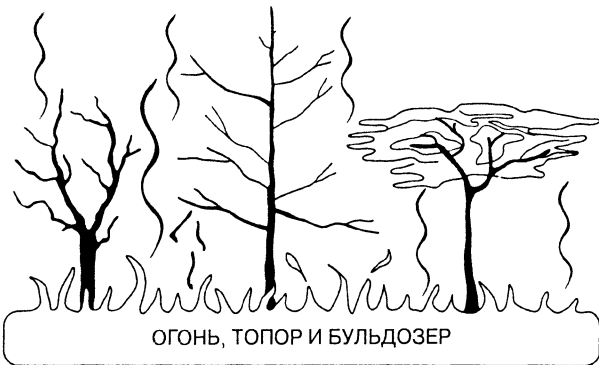
Эвтрофикация – обогащение питательными веществами прудов, озер и рек. От нее зависит

биологическая потребность в кислороде (BOD)

BOD – это масса кислорода, поглощенного микроорганизмами, которая определяется путем измерения концентрации кислорода в образце воды с помощью кислородного электрода **до и после** процесса микробного дыхания. Она показывает количество кислорода, **недоступного** высшим организмам.



Обезлесение: быстрое разрушение лесной экосистемы.



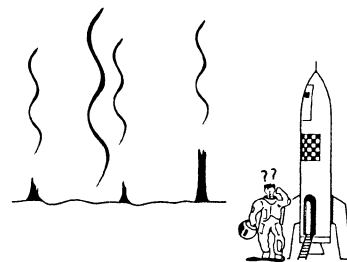
Происходит в больших масштабах во всем мире.

- Между 1880 и 1980 гг. было уничтожено около 40% всех тропических дождевых лесов.
- Площадь лесов в Британии сократилась с 85% до примерно 8% (возможно, самая низкая цифра в Европе).
- Главные причины:
 - потребление твердой древесины для изготовления качественной мебели;
 - потребление мягкой древесины для изготовления бумаги, ДСП и других продуктов;
 - вырубка леса под пастбища для скота и поля;
 - вырубка в районах растущих городов и строящихся дорог.

Снижение плодородности почвы

1. Около 90% всех питательных веществ в лесной экосистеме содержат лиственные деревья. После исчезновения деревьев эти вещества перестают поступать в почву.
2. Происходит быстрая эрозия почвы, т.к. в отсутствии деревьев:
 - а) почва сдувается ветром и размывается дождями;
 - б) структура почвы больше не стабилизируется корневой системой.

N.B. Почва под хвойными деревьями часто малопригодна для земледелия, поскольку осыпающаяся хвоя содержит токсичные компоненты, ингибирующие прорастание семян.



Текущие потери: около 11 гектаров **в минуту** (это примерно 40 хоккейных площадок!).

Затопление и оползни

На обезлесенной территории интенсивные осадки ничем не задерживаются, в то время как в нормальных условиях 25% осадков поглощается листвой или испаряется, а 50% поглощается корневой системой. В результате вода быстро собирается в речных долинах, зачастую вызывая оползни на крутых склонах.

Изменения в круговороте веществ

Уменьшение количества деревьев означает:

- 1) повышение концентрации CO₂ в атмосфере, поскольку меньше CO₂ потребляется в процессе фотосинтеза;
- 2) снижение концентрации O₂ в атмосфере, т.к. меньше O₂ вырабатывается путем фотосинтеза;
- 3) атмосфера становится более сухой, а почва – более влажной, поскольку испарение воды (из почвы) происходит медленнее, чем транспирация (из листьев).

Изменения климата

- 1) Снижение уровня транспирации и более сухая атмосфера влияют на круговорот воды и уменьшают количество осадков.
- 2) Быстрое поглощение тепла голой почвой в некоторых районах приводит к повышению температуры нижнего слоя атмосферы и образованию температурного градиента, который в свою очередь приводит к усилению ветров.

Исчезновение видов: существование многих видов зависит от состояния лесов.

Например, горная горилла обитает только во влажных горных лесах Центральной Африки; львиный тамарин – в прибрежных дождевых лесах Бразилии; скопа нуждается в наличии зрелых основных лесов в Северной Европе.

Подсчитано, что каждые 30 минут из-за исчезновения лесов вымирает один вид животных и один вид растений.

Многие виды растений имеют медицинское применение, например, как транквилизаторы, антикоагулянты, обезболивающие средства и антибиотики. Например, из мадагаскарского барвинка получают одно из самых действенных лекарств против лейкемии.

ПРИРОДНЫЕ ИЛИ ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Засушливость, или отсутствие влаги, свойственна большим пространствам земли, удаленным от моря, и районам с холодными прибрежными течениями.

Осадки слабые, но характерны сильные шторма в определенные месяцы.

Образование почвы ограничено из-за плохих условий для разложения многочисленных органических веществ.

ЧРЕЗМЕРНАЯ КУЛЬТИВАЦИЯ

Рост человеческой популяции вызывает повышение спроса на землю для выращивания основных культур

- ↓ периоды нахождения земли под паром
- ↓ плодородность почвы из-за истощения питательных веществ
- происходит водная и воздушная эрозия, песчаные дюны наступают на пахотные земли.

ПЛОХАЯ ИРРИГАЦИЯ

Использование колодцев → снижение продуктивности земли из-за **засолячивания** и **засоления**.

ОБЕЗЛЕСЕНИЕ

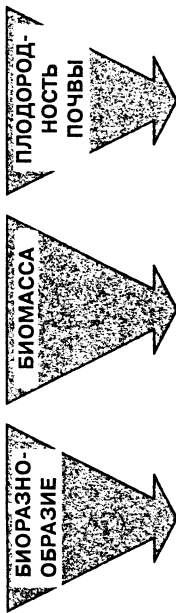
- возрастает количество осадков и солнечного света, попадающих на почву
- уменьшается связывание почвы корнями растений → облегчается водная и воздушная эрозия.

ЧРЕЗМЕРНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ВЫПАСА

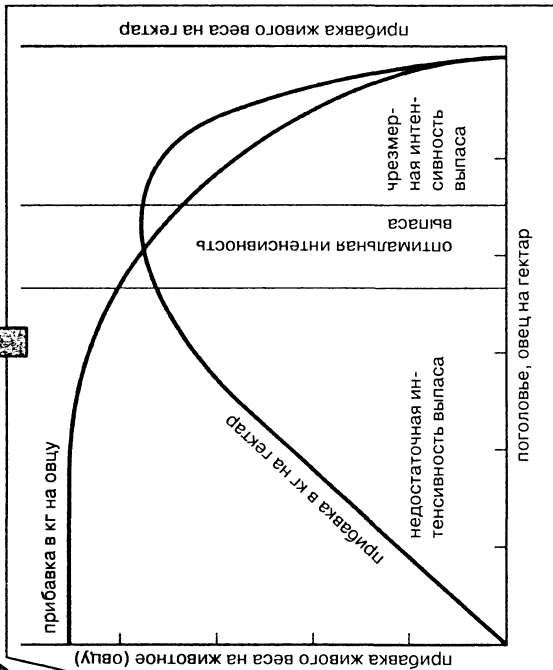
Связана с **увеличением размера стада** (больше людей, нуждающихся в пище, лучше уход за животными) и **уменьшением площади пастбищ**. Также в большой степени связана с **отказом от кочевого образа жизни** и **концентрацией поселений вблизи колодцев**.

ПУСТЫНЯ – ЭТО РАЙОН ОН ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ЛИШЕННЫЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Опустынивание



СНИЖАЕТСЯ



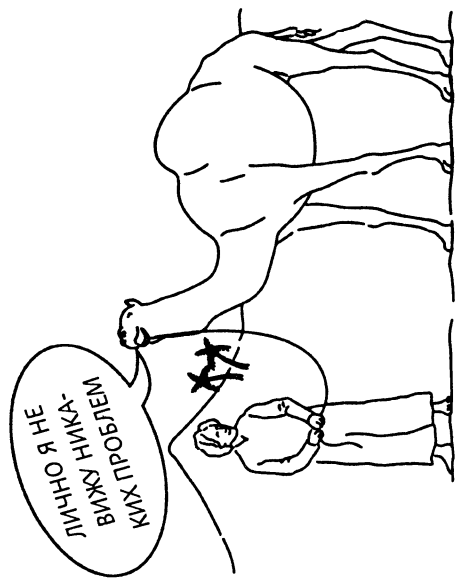
ЕСТЬ ЛИ КАКАЯ-ТО НАДЕЖДА?

Возможные **исправительные меры**:

- выведение сортов культурных растений, более эффективно использующих воду;
- пересмотр схем ирригации;
- выведение пород домашнего скота, более эффективно перерабатывающих растительные корма;
- финансовое стимулирование уменьшения поголовья скота;
- внедрение контролируемого кочевого животноводства;
- восстановление лесов.

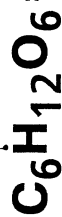
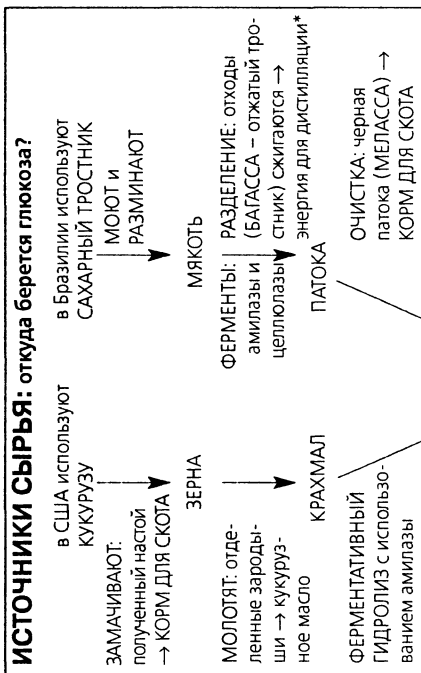
Для поддержания **биоразнообразия** необходимо:

- контроль за охотой;
- разведение в неволе исчезающих видов и их возвращение в природу.



Этанол: топливо будущего?

Этанол получают путем анаэробной ферментации сахара.



ПИЦА ИЛИ МАШИНЫ: КАК ЛУЧШЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЗЕМЛЮ?

По этим числам вы можете оценить, сколько людей можно накормить, используя то количество зерна, которое было бы «съедено» средней автомашиной в Европе или США.

Потребитель	Зерно, кг	Поле, га
Прожиточный минимум	180	0.08
Изобильное питание	725	0.36
Типичная европейская машина	2800	1.3
□ 10 000 км/год		
Типичная американская машина	6600	3.15
□ 15 000 км/год		

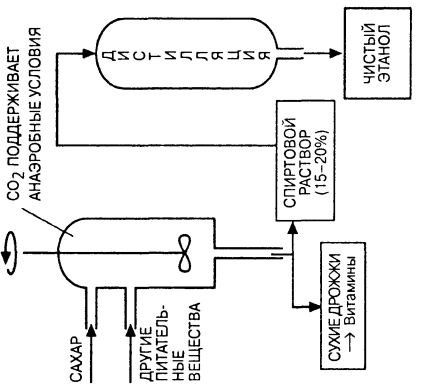
ФЕРМЕНТИРУЮЩИМ АГЕНТОМ традиционно являются дрожжи *Saccharomyces*. Мутантные или полученные с помощью генной инженерии линии способны:

- выдерживать подъем температуры в процессе ферментации;
- выживать при высоких концентрациях спирта (до 15% по сравнению с 8–9% для «нормальных» линий);
- поддерживать анаэробное дыхание даже в присутствии O₂, благодаря отсутствию некоторых компонентов дыхательной цепи.

В последнее время внимание привлечено к *Zygotomas mobilis*:

- дают меньше побочных продуктов, таких как глицерол, таким образом, **больше выход этанола**;
- меньше в размере, чем дрожжи, следовательно, имеют более высокое соотношение площади поверхности к объему и быстрее потребляют сахар/выделяют этанол, т.е. более **быстрая ферментация**.

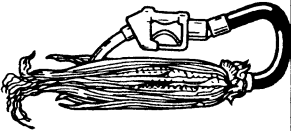
ФЕРМЕНТАЦИЯ И ДИСТИЛЛЯЦИЯ – СТАДИИ, ТРЕБУЮЩИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ*



ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОПЛИВА

Смесь этанола с водой (95% : 5%) очень горюча, но запустить двигатель сложно.

Смесь бензина с этанолом (90% : 10%) хорошо горит, двигатель, даже немодифицированный, легко запускается.



ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

- Этанольное топливо не требует использования антидетонационных добавок.
- Этанольное топливо дает меньше выбросов.

Выброс	Выхлоп	Смесь бензина с этанолом	Смесь этанола с водой
Углеводороды	2.06	1.52	1.55
Моноксид			
углерода	30.68	12.82	10.57
Оксиды азота	1.16	1.78	1.03
Альдегиды:			
□ метаналь	0.03	0.04	0.02
□ этаналь	0.03	0.10	0.32
Этанол	–	0.12	0.74

Выбросы (в граммах на километр) из двигателя «Форд» объемом 1.4 л, протестированного в Бразилии.

- Как и другие виды горючего биологического происхождения, этанол не повышает содержание CO₂ в атмосфере (CO₂ потребляется при фотосинтезе и выделяется при сгорании).

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ

- + Снижается потребление запасов нефти, поскольку смесь бензина с этанолом можно регенерировать. Снижаются финансовые затраты для развивающихся стран, не имеющих нефти. В то же время:
- Эффективность пока невысока. Оправдано только при наличии большого количества дешевой сырьевой культуры.

Топливо из биомассы

Определение: вещество, вырабатываемое в процессе фотосинтеза, является составной частью растения и может быть **регенерировано**.

РАСТЕНИЯ

Твердое топливо: древесина, древесный уголь, отходы

Жидкое топливо: спирт, растительное масло

Газообразное топливо: природный газ

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Преимущества природного газа

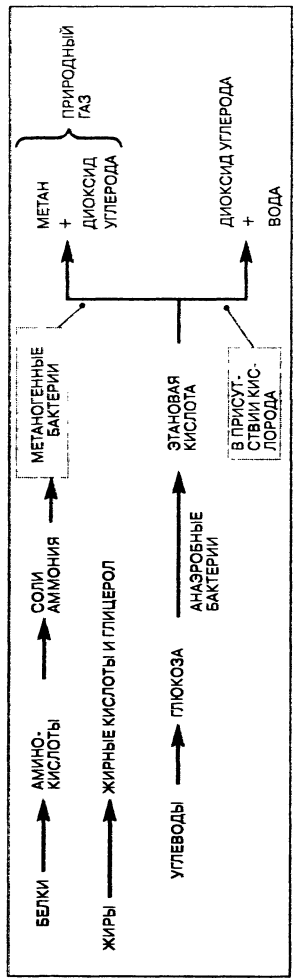
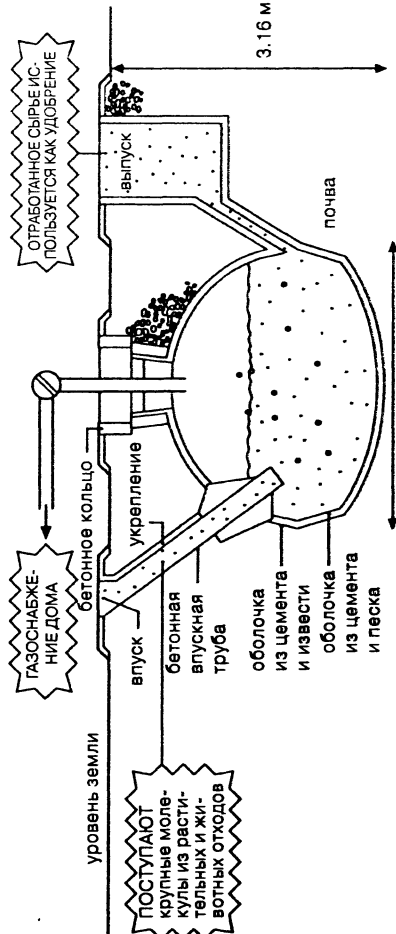
- Дешевизна – получают из отходов
- Утилизируются отходы
- Ограничивается засорение земель
- Снижается потребление других источников энергии

Каковы оптимальные условия получения?

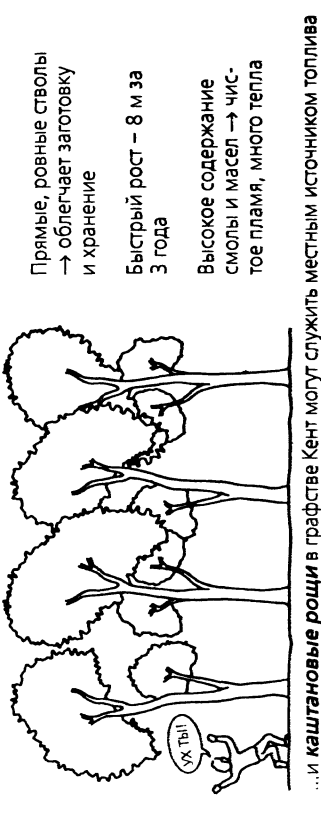
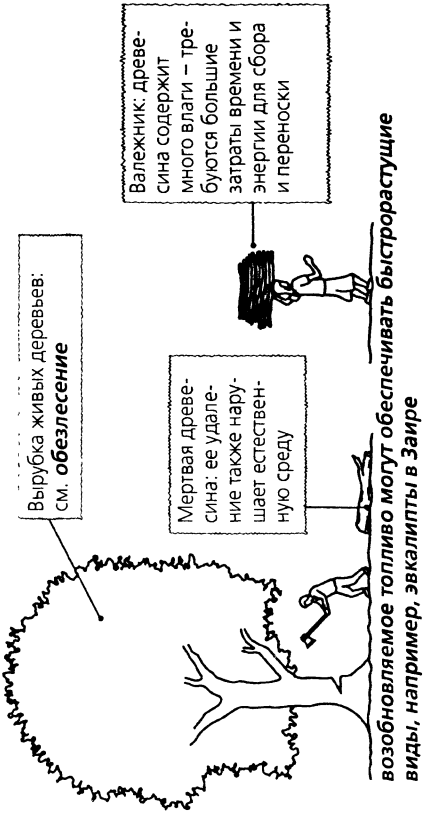
Температура – 20–30 °С – при повышении на 10 °С скорость ферментации удваивается.

Анаэробные условия – кислород токсичен для метаногенных бактерий.

Подземное расположение → низкое содержание O₂, постоянная температура.



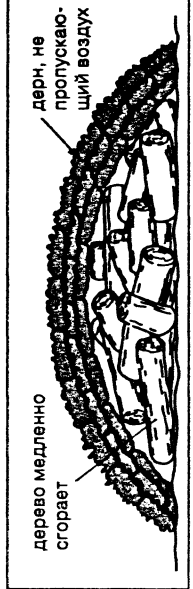
ДРЕВСИНА – ТВЕРДОЕ БИОЛОГИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО



Древесный уголь

Древесина содержит много влаги, что затрудняет ее использование. Влага, а заодно и горючие жидкости и газы можно удалить путем сжигания древесины в отсутствии воздуха. В итоге остается практически чистый углерод, называемый древесным углем. Это прекрасное топливо – оно долго горит и дает мало загрязнений.

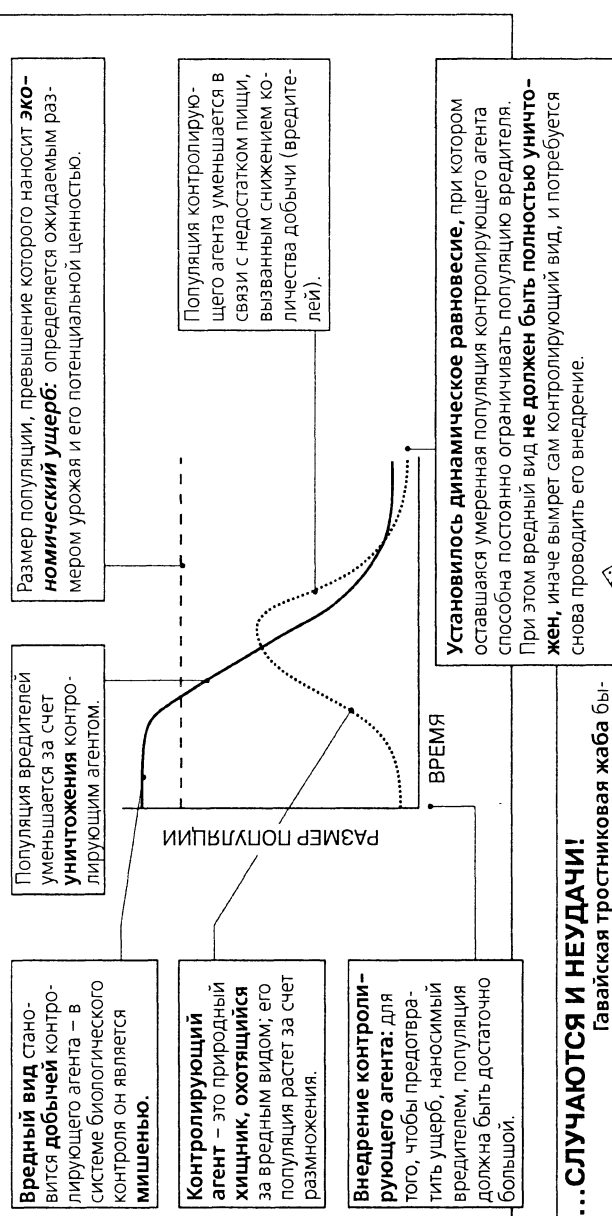
Здесь показан традиционный способ получения древесного угля: в Британии древесный уголь используется редко, например, для барбекю, но во многих развивающихся странах, например, на Мадагаскаре, это основное топливо.



Биологический контроль над вредителями

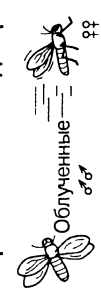
базируется на понимании взаимоотношений между популяциями хищников и их жертв.

ИДЕАЛЬНЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ВРЕДИТЕЛЕМ И КОНТРОЛИРУЮЩИМ АГЕНТОМ



ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

1. Для контроля над сорными видами растений используют **травоядных**, например, личинка *Castoblastis* на опунции.
2. Для контроля за **травоядными вредителями** используют **хищных**, например, личинка журчалки на тлях.
3. **Паразитический** вид используется для контроля за его **хозяином**, например, паразитический червь *Epicharsis* на парниковой мухе, *Triligodes varoagatum*.
4. Разрушают **цикл размножения** вредителя, **если он размножается один раз в жизни**, например, выпуск самцов насекомых, стерилизованных облучением.



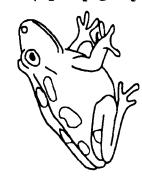
5. Контроль, основанный на поведении вредителя: например, используют феромоны (половые аттрактанты) для привлечения яблоневой плодовой орехи в ловушки.

ТЕМ НЕ МЕНЕЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НАД ВРЕДИТЕЛЯМИ ИМЕЕТ ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА НАД ХИМИЧЕСКИМ КОНТРОЛЕМ

	БИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ	ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ
СПЕЦИФИЧНОСТЬ	Очень высокая, не опасен для полезных видов и человека	Может быть низкой, но улучшается
НАКОПЛЕНИЕ В ЭКОСИСТЕМАХ	Отсутствует	Концентрация может возрастать по мере прохождения по пищевой цепи
ПОСТОЯНСТВО КОНТРОЛЯ	Хорошее, но надо примириться с сохранением небольшого количества вредителей	Требуется регулярного возобновления
РАЗВИТИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВРЕДИТЕЛЕЙ	Очень редко	Характерно, требует увеличения «дозы»
ФИНАНСОВЫЕ ЗАТРАТЫ	Высокие вначале, но в дальнейшем очень низкие	Могут быть очень высокими, что ограничивает использование бедными странами

...СЛУЧАЮТСЯ И НЕУДАЧИ!

Гавайская тростниковая жаба была завезена в Квинсленд (Австралия), чтобы контролировать жука – вредителя сахарного тростника. Теперь она представляет серьезную угрозу для дикой природы Австралии: поедает местных насекомых и червей; вытесняет местных лягушек и жаб из их мест размножения; охотится на животных, пытающихся ее съесть (ее кожа очень ядовита).



Кошки и горностаи, которых завезли на острова Новой Зеландии, чтобы ограничить популяцию грызунов, уничтожающих редких птиц, гнездящихся на земле, обнаружили, что ловить птенцов этих видов легче, чем грызунов!



Пищеварительная система человека I

Небо: разделяет пищеварительный и дыхательный тракты, позволяя одновременно осуществлять дыхание и питание.

Зубы: режут, разрывают и перемалывают пищу, делая ее пригодной для глотания; одновременно увеличивается площадь поверхности пищевых частиц, что облегчает работу ферментов.

Слюнные железы: вырабатывают слюну, состоящую из воды (99%) с добавлением слюнистого сахара, ионов хлора (активируют амилазу), карбонатов и фосфатов (поддерживают pH около 6,5), лизоцима и амилазы.

Язык: переворачивает пищу, помогая пережевыванию, и скатывает ее в комки для проглатывания; смешивает пищу со слюной.

Диафрагма: плоская мышца, разделяющая грудную клетку и брюшную полость.

Печень: вспомогательный орган, вырабатывает желчь, хранящуюся в желчном пузыре.

Желчный проток: переносит желчь из желчного пузыря в двенадцатиперстную кишку.

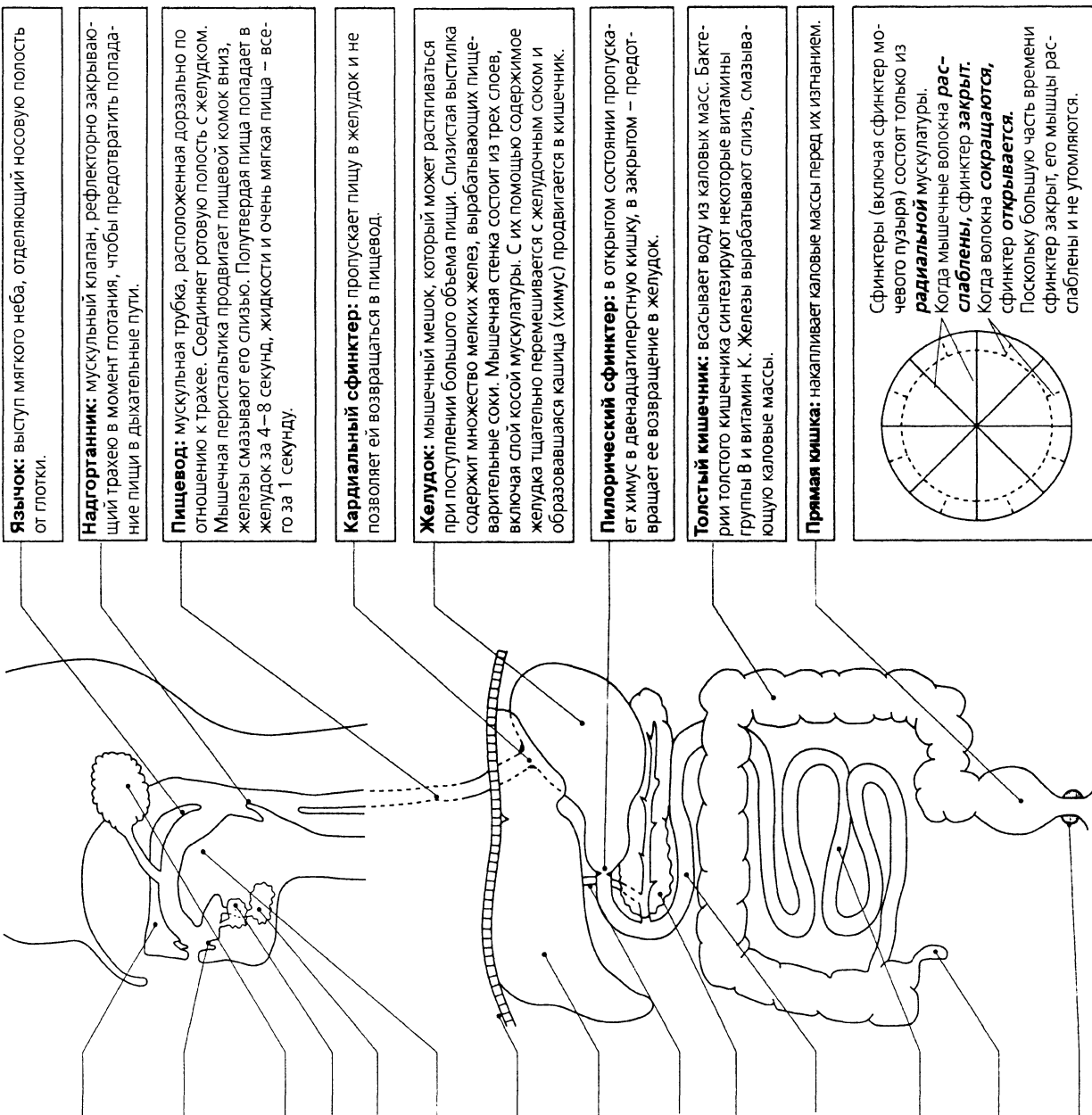
Поджелудочная железа: вспомогательный орган, вырабатывающий широкий спектр пищеварительных секретов и гормонов.

Двенадцатиперстная кишка: составляет первые 30 см тонкого кишечника. Получает секреты из поджелудочной железы и желчь; вырабатывает щелочной секрет для защиты слизистой кишечника, смазки и нейтрализации химуса.

Подвздошная кишка: длиной до 6 м – главное место всасывания растворимых продуктов пищеварения.

Аппендикс: рудимент слепой кишки, у человека не функционирует, в отличие от других млекопитающих (травоядных).

Анальный сфинктер: регулирует процесс дефекации.



Язык: выступ мягкого неба, отделяющий носовую полость от глотки.

Надгортанник: мускульный клапан, рефлекторно закрывающийся трахею в момент глотания, чтобы предотвратит попадание пищи в дыхательные пути.

Пищевод: мускульная трубка, расположенная дорзально по отношению к трахее. Соединяет ротовую полость с желудком. Мышечная перистальтика продвигает пищевой комок вниз, железы смазывают его слизью. Полугвердая пища попадает в желудок за 4–8 секунд, жидкости и очень мягкая пища – всего за 1 секунду.

Кардиальный сфинктер: пропускает пищу в желудок и не позволяет ей возвращаться в пищевод.

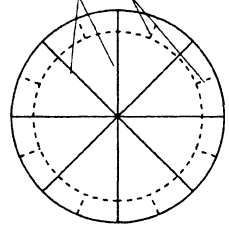
Желудок: мышечный мешок, который может растягиваться при поступлении большого объема пищи. Слизистая выстилка содержит множество мелких желез, вырабатывающих пищеварительные соки. Мышечная стенка состоит из трех слоев, включая слой косой мускулатуры. С их помощью содержимое желудка тщательно перемешивается с желудочным соком и образовавшаяся кашица (химус) продвигается в кишечник.

Пилорический сфинктер: в открытом состоянии пропускает химус в двенадцатиперстную кишку, в закрытом – предотвращает ее возвращение в желудок.

Толстый кишечник: всасывает воду из каловых масс. Бактерии толстого кишечника синтезируют некоторые витамины группы В и витамин К. Железы вырабатывают слизь, смазывающую каловые массы.

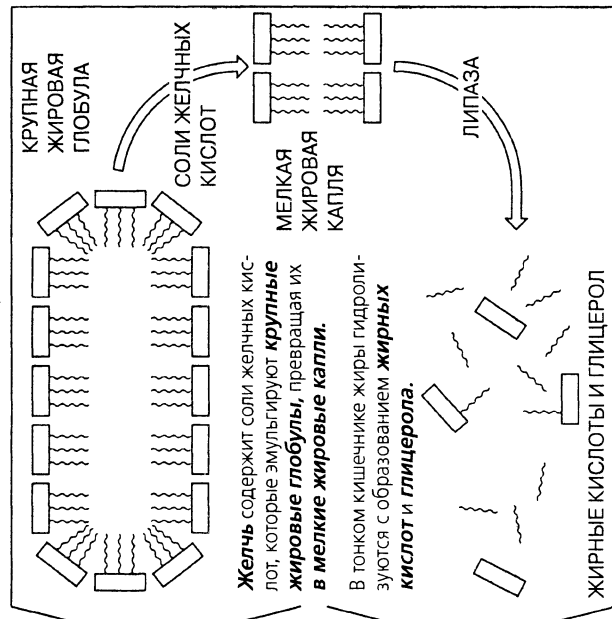
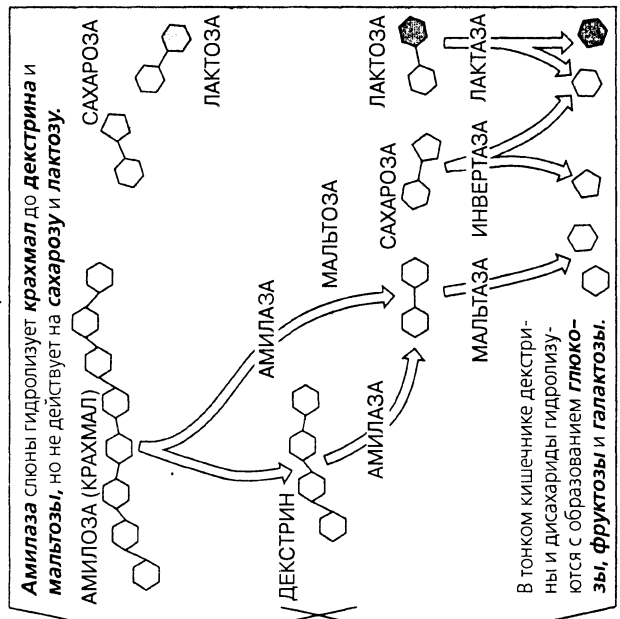
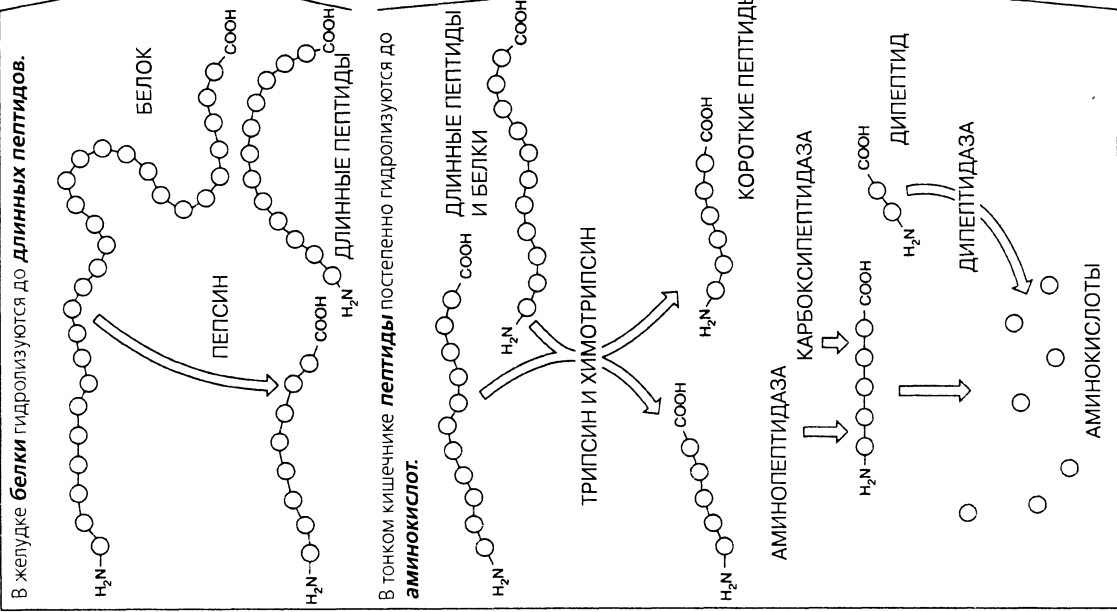
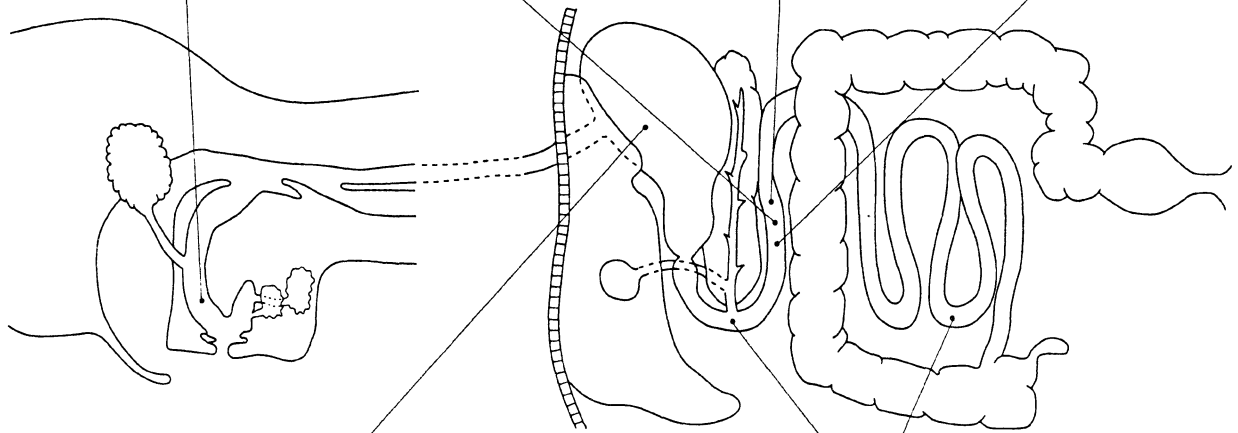
Прямая кишка: накапливает каловые массы перед их изгнанием.

Сфинктеры (включая сфинктер мочевого пузыря) состоят только из **радиальной мускулатуры**. Когда мышечные волокна **растянуты**, сфинктер **закрыт**. Когда волокна **сокращаются**, сфинктер **открывается**. Поскольку большую часть времени сфинктер закрыт, его мышцы растянуты и не утомляются.

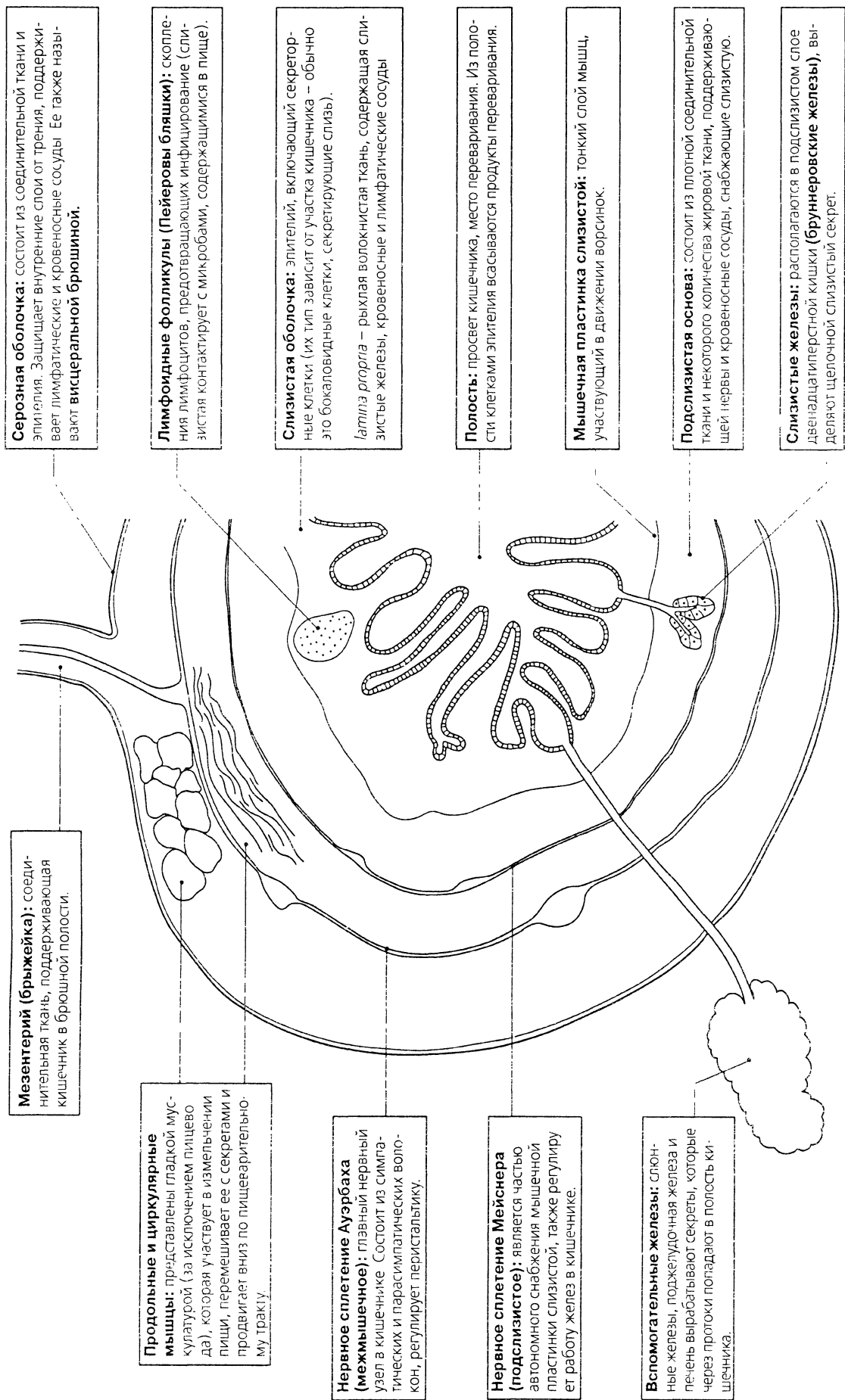


Пищеварительная система человека II

Переваривание белков, жиров и углеводов



Обобщенный вид поперечного сечения кишечника



Серозная оболочка: состоит из соединительной ткани и эпиглия. Защищает внутренние слои от трения, поддерживает лимфатические и кровеносные сосуды. Ее также называют **висцеральной брюшиной**.

Лимфоидные фолликулы (Пейеровы бляшки): скопления лимфоцитов, предотвращающих инфицирование (слизистая контактирует с микробами, содержащимися в пище).

Слизистая оболочка: эпителий, включающий секреторные клетки (их тип зависит от участка кишечника – обычно это бокаловидные клетки, секретирующие слизь). *lamina propria* – рыхлая волокнистая ткань, содержащая слизистые железы, кровеносные и лимфатические сосуды

Полость: просвет кишечника, место переваривания. Из полости клетками эпителия всасываются продукты переваривания.

Мышечная пластинка слизистый: тонкий слой мышц, участвующий в движении ворсинок.

Подслизистая основа: состоит из плотной соединительной ткани и некоторого количества жировой ткани, поддерживающей нервы и кровеносные сосуды, снабжающие слизистую.

Слизистые железы: располагаются в подслизистом слое двенадцатиперстной кишки (**бруннеровские железы**), выделяют щелочной слизистый секрет.

Мезентерий (брыжейка): соединительная ткань, поддерживающая кишечник в брюшной полости.

Продольные и циркулярные мышцы: представлены гладкой мускулатурой (за исключением пищевода), которая участвует в измельчении пищи, перемешивает ее с секретами и продвигает вниз по пищеварительному тракту.

Нервное сплетение Ауэрбаха (межмышечное): главный нервный узел в кишечнике. Состоит из симпатических и парасимпатических волокон, регулирует перистальтику.

Нервное сплетение Мейснера (подслизистое): является частью автономного снабжения мышечной пластинки слизистый, также регулирует работу желез в кишечнике.

Вспомогательные железы: слюнные железы, поджелудочная железа и печень вырабатывают секреты, которые через протоки попадают в полость кишечника.

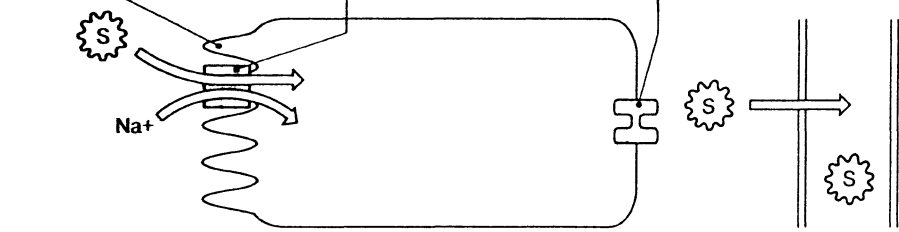
Всасывание продуктов переваривания

обеспечивается с помощью большой площади поверхности, специфической системы захвата веществ и хорошо развитой транспортной сети.

Щеточная каемка из микроворсинок увеличивает площадь поверхности, на которой происходит всасывание.

Na⁺-зависимая ко-транспортная система переносит аминокислоту или моносахарид из полости кишечника в ворсинку эпителиальной клетки.

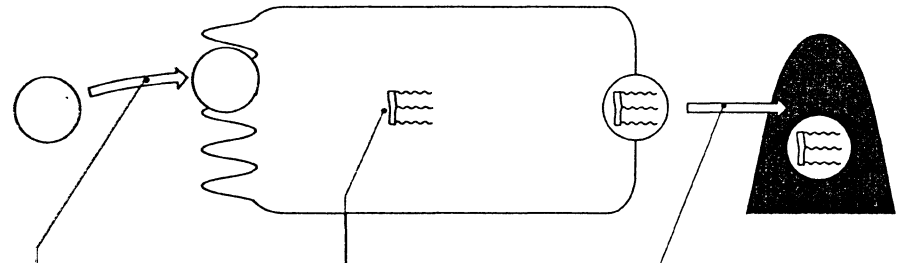
Молекулы аминокислоты или моносахарида переносятся из эпителиальной клетки в **капилляр** путем **облегченной диффузии**.



Молекулы жирных кислот и глицерола поступают в эпителиальную клетку в составе **мицелл, образованных солями желчных кислот**.

Триглицериды синтезируются заново и вместе с **холестеролом и фосфолипидами** формируют водорастворимые **хиломикроны**.

Хиломикроны переносятся путем **экзоцитоза** в **лимфатические сосуды**.

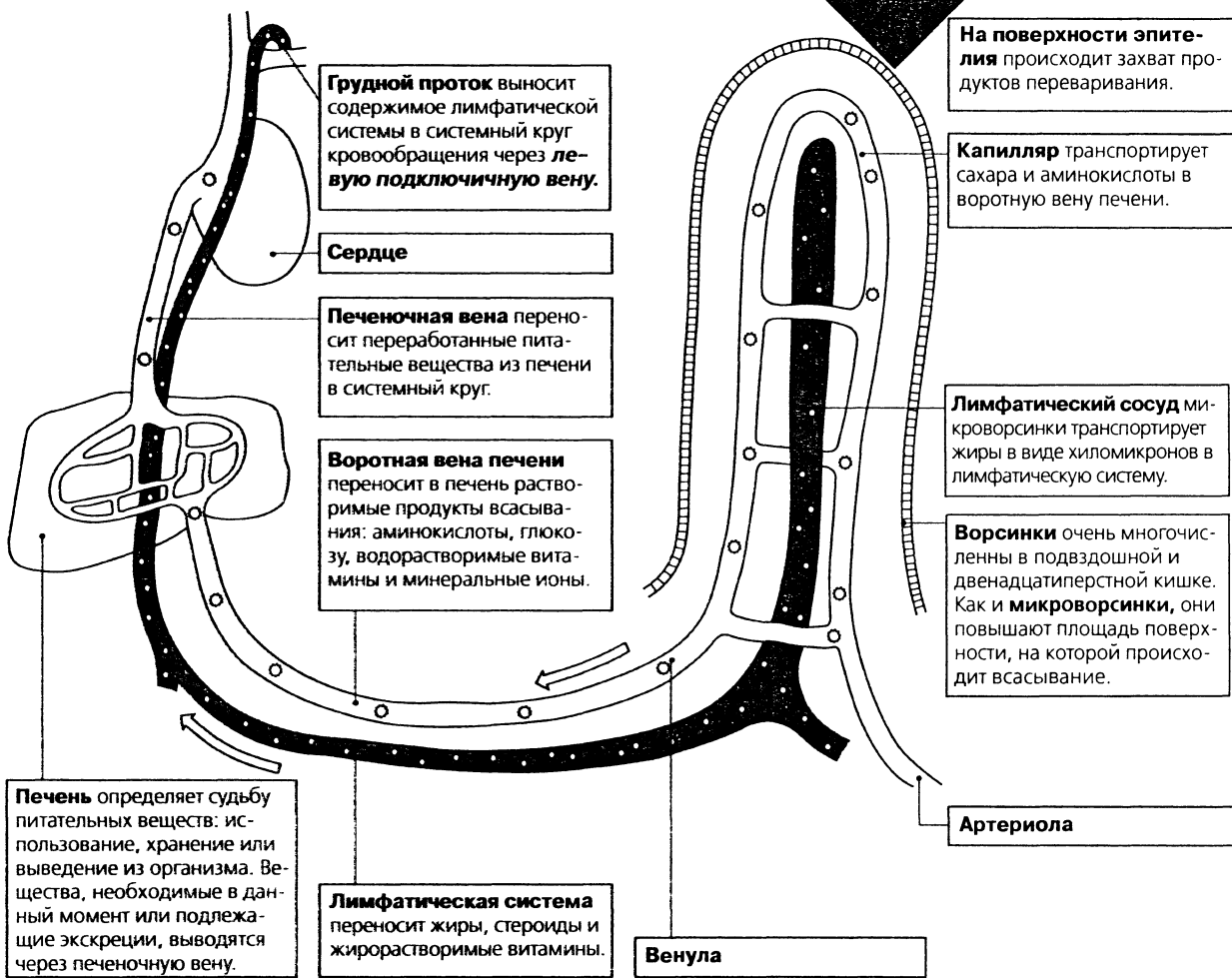


На **поверхности эпителия** происходит захват продуктов переваривания.

Капилляр транспортирует сахара и аминокислоты в воротную вену печени.

Лимфатический сосуд микроворсинки транспортирует жиры в виде хиломикронов в лимфатическую систему.

Ворсинки очень многочисленны в подвздошной и двенадцатиперстной кишке. Как и **микроворсинки**, они повышают площадь поверхности, на которой происходит всасывание.



Грудной проток выносит содержимое лимфатической системы в системный круг кровообращения через **левую подключичную вену**.

Сердце

Печеночная вена переносит переработанные питательные вещества из печени в системный круг.

Воротная вена печени переносит в печень растворимые продукты всасывания: аминокислоты, глюкозу, водорастворимые витамины и минеральные ионы.

Печень определяет судьбу питательных веществ: использование, хранение или выведение из организма. Вещества, необходимые в данный момент или подлежащие экскреции, выводятся через печеночную вену.

Лимфатическая система переносит жиры, стероиды и жирорастворимые витамины.

Венула

Артериола

Выделение слюны контролируется двумя рефлексами: условным и безусловным

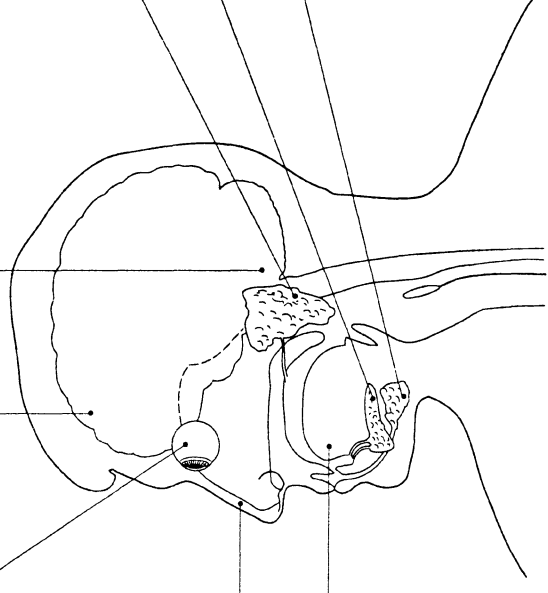
Мозговое вещество: центры бессознательного контроля отвечают за рефлекторное слюноотделение. Это имеет жизненно важное значение, например, обеспечивают нейтрализацию очень кислой пищи.

Мозговой центр сознательного контроля: сохраняет сведения о разных видах пищи, полученные на опыте, т.е. **запоминается** «вкусная» и «невкусная» пища. Это механизм **условного рефлекса**.

Глаза: источник зрительной информации о пище. Она частично зависит от опыта.

Нос: обонятельные сигналы (запахи), помогающие распознать пищу. Знание, позволяющее различить испорченную или ядовитую пищу, частично является врожденным, частично приобретается на опыте.

Язык: информация о вкусе (существует четыре «базовых вкуса»: сладкий, кислый, соленый и горький). Также поступает информация от осязательных рецепторов, отределяющих присутствие на языке **любой** пищи. Эта информация также является частью инстинктивной, отчасти приобретаемой.



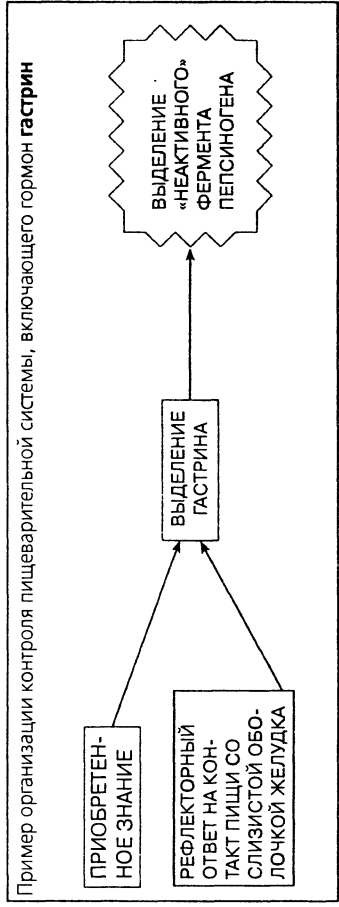
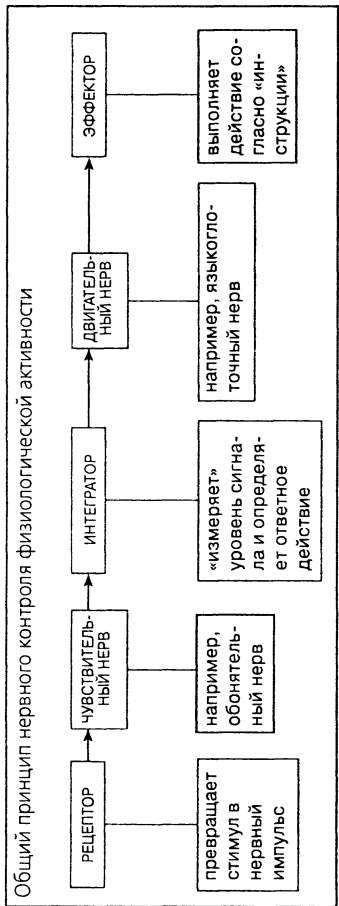
- Околоушные**
- Подъязычные**
- Подчелюстные**

Три пары **слюнных желез** являются **эффекторами**, секретируемыми **сплюну** в ответ на двигательный импульс, поступающий через 9-й черепной (языкоглоточный) нерв. Интенсивность слюноотделения **возрастает при парасимпатической стимуляции** и **уменьшается при симпатической**.

Чувство страха или **тревоги** может усилить симпатическую активность и вызвать **сухость во рту**.

При ослаблении секреции слюны **остатки пищи скапливаются во рту**, вызывая **воспаление**.

Некоторые вещества, например, атропин, ингибируют парасимпатическую активность. В результате слюноотделение **уменьшается**, таким образом **снижается риск попадания слюны в трахею**.



Идеальная диета человека

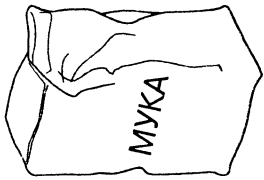
включает жиры, белки, углеводы, витамины, минералы, воду и пищевые волокна в **правильных пропорциях**.

Углеводы

Важны в первую очередь как **субстрат для дыхания**, т.е. окисления с выделением **энергии**, которая используется в активном транспорте, синтезе макромолекул, клеточном делении и сокращении мышц.

Основные источники: картофель, рис, пшеница и другие злаки (т.е. **крахмал**), а также рафинированный сахар и подсластители пищи (т.е. **сахароза**).

Перевариваются в двенадцатиперстной и подвздошной кишках и всасываются в виде **глюкозы**.



Липиды

Могут быть окислены с выделением большого количества **энергии**. Важны как элементы **клеточных мембран** и компоненты **стероидных гормонов**.

Основные источники: мясо и животная пища богаты **насыщенными жирами** и **холестеролом**; растительные источники, такие как подсолнечник и соя, богаты **ненасыщенными жирами**.

Перевариваются в двенадцатиперстной и подвздошной кишках и всасываются в виде **жирных кислот** и **глицерола**.



Витамины не имеют общей структуры и функций; они необходимы в небольших количествах для эффективного использования других компонентов пищи. **Жирорастворимые витамины** (например, А, D и E) поступают в организм с жирной пищей, а **водорастворимые** (С, группы В) содержатся в овощах и фруктах.

Волокна представлены в основном целлюлозой (клетчаткой) из клеточных стенок растений, содержатся в свежих овощах и злаках. **Могут** использоваться для выработки энергии, однако главным образом служат для очистки толстого кишечника, стимулируя его перистальтику и предотвращая запоры.

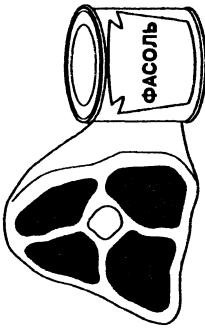
Достаточная диета обеспечивает получение необходимого количества **энергии** для поддержания метаболизма.

Сбалансированная диета обеспечивает получение всех компонентов пищи в **правильных пропорциях**. Оптимальное соотношение: **жиры** – 1/7, **белки** – 1/7 и **углеводы** – 5/7.

Белки – это **строительные блоки** для роста и обновления тканей тела (например, миозин в мышцах, коллаген в соединительной ткани), **ферменты**, **гормоны** (например, инсулин) и **антитела**.

Основные источники: мясо, рыба, яйца и бобовые. Должны содержать восемь **незаменимых аминокислот**, которые не вырабатываются человеческим организмом. Животная пища содержит больше незаменимых аминокислот.

Ценность белка можно количественно оценить следующим образом:



Прилизительная усвояемость белка

$$= \frac{\text{Поступивший N (азот)} - \text{N в фекалиях}}{\text{Поступивший N}}$$

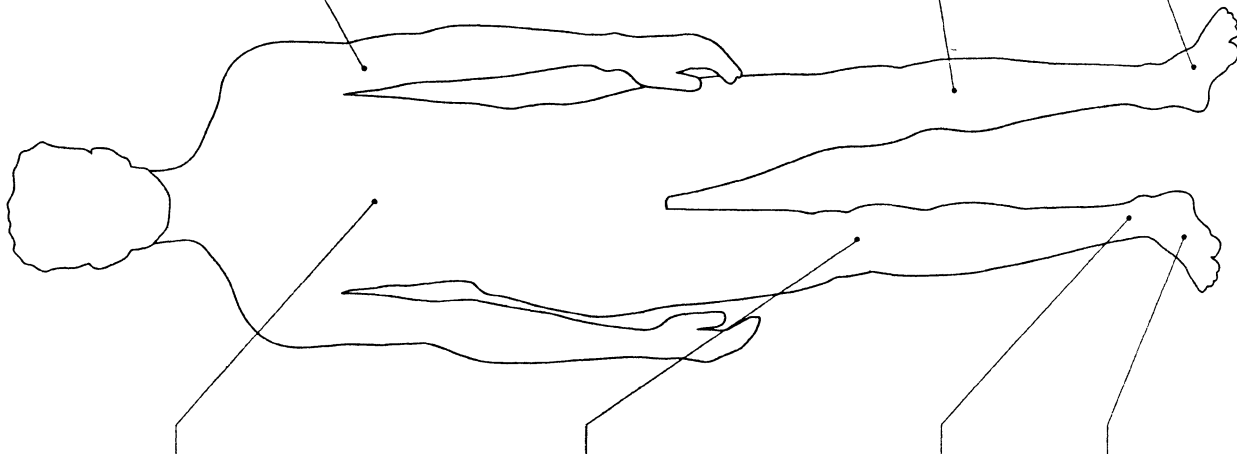
Питательная ценность

$$= \frac{\text{Поступивший N} - \text{N в фекалиях} - \text{N в моче}}{\text{Поступивший N} - \text{N в фекалиях}}$$

Перевариваются в желудке, двенадцатиперстной и подвздошной кишках, всасываются в виде **аминокислот**.

Минералы выполняют ряд **разнообразных функций** (структурные компоненты, например, Ca^{2+} в костях; компоненты макромолекул, например, PO_4^{3-} в ДНК; элементы транспортных систем, например, Na^+ в переносе глюкозы, кофакторы ферментов, например, Fe^{2+} в каталазе; переносчики электронов, например, Cu^{2+} в цитохромах). Помимо этого, совокупность ионов создает концентрацию растворов, необходимые для регуляции движения воды. Минералы обычно поступают вместе с другой пищей – особенно важны молочные продукты и мясо.

Вода необходима в качестве растворителя, транспортной среды, субстрата гидролитических реакций и в качестве смазки. Человеку ежедневно требуется 2–3 дм³ воды, поступающей обычно с напитками и жидкой пищей.



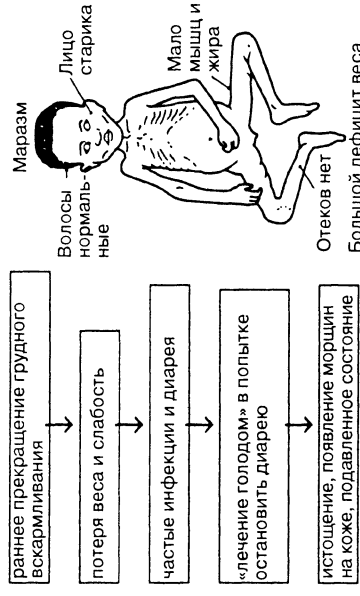
МОЖЕТ БЫТЬ **общим** ИЛИ **специфическим** (отсутствие определенных питательных веществ). Существует несколько основных типов, распространенных во всем мире.

ДЕФИЦИТ БЕЛКОВОГО ПИТАНИЯ

Может быть выражен в разной степени. Крайняя степень приводит к развитию **маразма** (общего истощения) и болезни **квашиоркор** (детской пеллагры).

Маразм чаще всего встречается у детей в возрасте 9–12 месяцев и вызывается недостатком энергии и веществ, необходимых для роста.

Обычно наблюдается следующая последовательность событий:



Биохимические изменения у больных выявляются в небольшой степени, т.е. организм адаптируется. При этом выздоровления не происходит и возвращение к нормальной диете может оказаться опасным. Адаптация может включать атрофию поджелудочной железы и слизистой кишечника, таким образом у больного вырабатывается очень мало пищеварительных ферментов и уменьшается всасывающая поверхность кишечника.

Дети, испытывавшие дефицит белкового питания, часто отстают в умственном развитии. Это отставание сложно преодолеть в дальнейшем, так как за первые три года жизни мозг приобретает 80% своего взрослого размера (при этом до 50% его сухого веса составляет белок).

АНЕМИЯ вызывается низким содержанием гемоглобина, которое может быть связано с недостатком **железа**, **витамина В12** или **аминокислот**, необходимых для синтеза данного белка. Витамин С способствует всасыванию железа, а диета, включающая большое количество клетчатки, может снизить усвояемость железа. Количество страдающих анемией в мире может достигать 150 000 000.

КСЕРОФТАЛЬМИЯ (куриная слепота) вызывается **дефицитом ретинола (витамина А)**. Отсутствие этого предшественника приводит к снижению синтеза родопсина и, как следствие, к плохой адаптации к темноте. При этом также развивается кератинизация эпителия, и часто первым признаком заболевания является шершавость кожи. Длительный дефицит приводит к слепоте (истинная ксерофтальмия) – примерно 20 000 случаев ежегодно.

При хорошем питании в печени хранится запас витамина А на несколько лет, однако у жителей развивающихся стран обычная вегетарианская диета включает мало ретинола.

ЗОБ: признаком болезни является вздутие шеи, а причиной – **недостаток йода**. Поступление йода в тиреоидную железу может блокироваться **веществами-гойтрогенами**. Заболевание беременной женщины может привести к развитию у ребенка кретинизма – серьезного нарушения умственного развития.

Во всем мире насчитывается около 200 000 000 страдающих от недостатка йода.

РАХИТ вызывает нарушение формирования костей и называется **недостатком кальция** или **витамина D**. Он очень широко распространен в странах Азии и Африки и приводит как к двустороннему расстройству, так и к затруднению деторождения, когда развивается у молодых женщин.

ЦЕННОСТЬ СМЕШАННОЙ ДИЕТЫ

Чтобы избежать дефицита питательных веществ, нужно употреблять разнообразные продукты в достаточном количестве. Особо важно это при преимущественно вегетарианской диете.

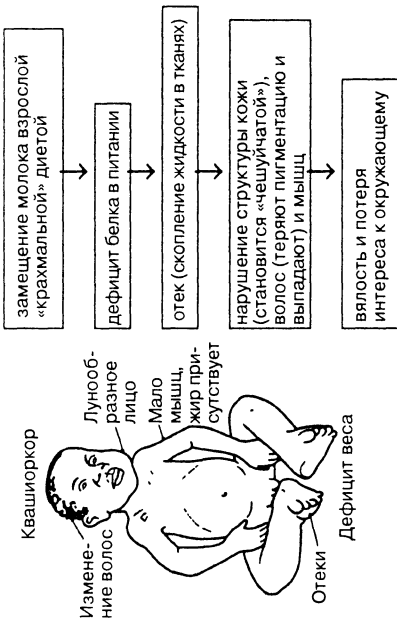
Смешанная диета:

- облегчает получение достаточного количества питательных веществ, в то время как однообразная диета может спровоцировать недоедание и снижение количества поступающей энергии. Чтобы скомпенсировать это, организм инициирует катаболизм белков;
- дает лучшее соотношение витаминов и минералов;
- снижает количество токсичных и вредных веществ, которые могут содержаться в отдельных продуктах.

В идеале диета должна быть сбалансированной, т.е. обеспечивать получение всех нужных питательных веществ в правильном соотношении. Например, жиры должны составлять не более 14% от общего количества пищи; рекомендуется, чтобы не менее 50% получаемой энергии составлялось сложными полисахаридами.

Африканское слово «**квашиоркор**» означает «отвергнутый». Большинство больных – это дети, которых после продолжительного периода грудного вскармливания отнимают от груди из-за появления следующего ребенка.

Типичное развитие болезни:



У детей, страдающих этой болезнью, обнаруживаются определенные **биохимические изменения**, включающие накопление жира в печени (приводит к циррозу) и сильное снижение уровня альбумина в крови (приводит к развитию водянки).

ПРЕИМУЩЕСТВА ВЕГЕТАРИАНСКОЙ ДИЕТЫ

Научные исследования констатируют снижение заболеваемости

- гипертонией
- раком прямой кишки
- раком груди
- диабетом
- кариесом
- сердечно-сосудистыми нарушениями

у вегетарианцев, особенно некурящих и непьющих.

- Предполагается, что это связано главным образом с
- большим содержанием пищевых волокон в диете
 - более высоким соотношением ненасыщенных : насыщенных жирных кислот



Вегетарианство – это диета, состоящая из овощей, фруктов, зерен и орехов, выбираемая по этическим или медицинским причинам.

Вегетарианская диета в любом случае должна обеспечивать базовые потребности организма в жирах, белках, углеводах, витаминах, минералах, волокнах и воде.

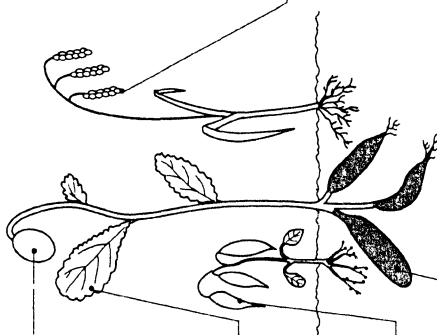
Это относительно просто, если она включает некоторую долю животных продуктов. Таким образом диета вегетарианцев, употребляющих рыбу или молочные продукты и яйца, может быть сбалансированной.

Фрукты, ягоды и овощи, как правило, богаты сахарами (глюкозой, фруктозой и сахарозой), пектинами и камедями (растворами полисахаридов), витамином С (особенно цитрусовые, черная смородина, помидоры и перец) и обеспечивают небольшое количество витамина К.

Листовые овощи обеспечивают пищевыми волокнами, витаминами С, А и К. Некоторые из них (например, шпинат) богаты железом.

Бобовые дают большое количество белка, углеводов (т.е. энергии), волокна, железо, кальций и витамины группы В. Любая вегетарианская диета должна включать бобовые растения, например, горох или фасоль.

Корнеплоды, например, морковь, свекла, манчок, богаты сложными полисахаридами (энергией) и содержат небольшое количество белка и витамина С. Корнеплодам часто относят и картофель, хотя на самом деле он дает клубни.



Злаки (зерновые), например, рис и пшеница, содержат углеводы (энергию), белки, пищевые волокна, витамины группы В, железо и кальций. Витамины и минералы содержатся в основном в шелухе, поэтому неправильная обработка или приготовление может значительно снизить питательную ценность зерновых.

Растительные масла, например, подсолнечное, дают энергию (углеводы и жир), некоторое количество белка и целый ряд необходимых жирных кислот. В этих маслах содержится большая доля ненасыщенных жирных кислот, а также витамины А и Е.

Вегетарианская диета считается опасной для следующих категорий:

- **дети**, поскольку обилие волокнистой, объемистой пищи может за счет «чувства наполненности» снижать аппетит и таким образом ограничивать поступление «энергетической» пищи и белков;
- **будущие матери**, поскольку у них повышена потребность в белках, «энергетической» пище и кальции;
- **строгие вегетарианцы** (не употребляющие ни рыбы, ни молочных продуктов, ни яиц) нуждаются в дополнении своей диеты кальцием, витамином В₁₂ и витамином D. У них также может возникнуть дефицит некоторых незаменимых жирных кислот, содержащихся почти исключительно в рыбе.

НЕДОСТАТОЧНОСТЬ ВЕГЕТАРИАНСКОЙ ДИЕТЫ

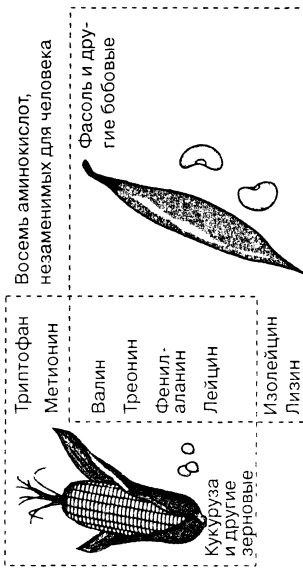
Железо: содержится главным образом в мясных продуктах, особенно в печени. У вегетарианцев в три раза чаще встречается анемия. Зеленые листовые овощи являются хорошим источником железа, однако женщинам репродуктивного периода этого недостаточно.

Кальций: часто содержание в вегетарианской диете очень низкое, особенно если зерна и бобовые употребляются в очищенном виде. Богатым источником кальция являются молочные продукты, однако пищевые волокна, составляющие большую долю диеты, снижают его усвояемость.

Витамин В₁₂ вырабатывается микроорганизмами, и из всех растительных продуктов присутствует только в зародышах пшеницы и в пиве. Дефицит этого витамина приводит к развитию пернициозной анемии, так как он необходим для образования эритроцитов.

Витамин D не обнаруживается в растительной пище, однако содержится в молочных продуктах, поэтому для нестрогих вегетарианцев его получение не составляет проблемы. Этот витамин также синтезируется в коже под воздействием умеренного количества солнечного света.

Белки: самый дефицитный компонент вегетарианских диет. Растительные белки не содержат всех аминокислот в нужной пропорции для синтеза животных белков, например, в кукурузе содержится мало лизина, в бобах – метионина. Решение состоит в подборе сочетания растительных продуктов, дополняющих друг друга.



В странах третьего мира вегетарианская диета может диктоваться экономическими причинами. Поскольку она, как правило, состоит главным образом из «энергетической» (т.е. углеводной) пищи, в этих регионах широко распространены заболевания, вызванные дефицитом белкового питания (такие как малярия и квашиоркор).

«ЖЕСТКИЕ» ДИЕТЫ, которые позволяют снизить вес на 2–3 кг за неделю, включают следующие типы:

Молочная диета: состоит из 1,8 л молока с добавлением железа, витаминов и инертного слабительного средства типа отрубей. Обеспечивает 4900 кДж и 59 г белка в день.

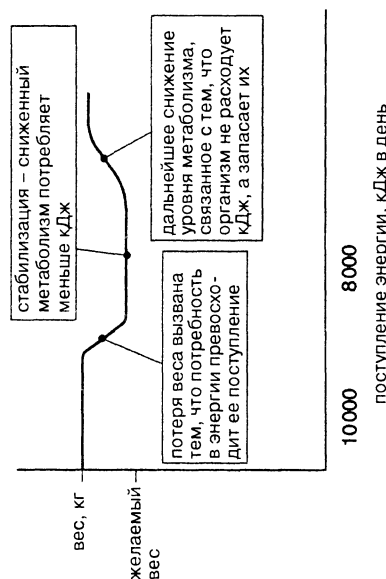
Это дешевый и несложный, но очень однообразный вариант.

Сверхнизкокалорийная диета: известна также как «Кембриджская» или «низкобелковая». Обеспечивает только 1200–1800 кДж и около 40–50 г белка в день.

Иногда рекомендуется очень тучным людям, так как позволяет быстро сбросить вес, но сопровождается потерями белка из кожи и крови и уменьшением массы сердца.

Считается неподходящей для детей, беременных и кормящих женщин и больных порфирией или подагрой. Не должна использоваться как единственный источник питательных веществ более 3–4 недели.

«Жесткие» диеты редко имеют долгосрочный эффект. Чтобы продолжать их придерживаться, необходимо иметь очень сильную мотивацию, они затрудняют социальные контакты, кроме того, организм может скорректировать уровень метаболизма таким образом, что даже сниженное поступление энергии будет приводить к отложению жира.



Диеты (диетическое питание) обычно ассоциируются с попытками контроля за весом, хотя могут быть и другие причины для их применения.

ДИЕТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ВЕСОМ

Наиболее успешная программа контроля за весом включает контролирующую диету и упражнения

ограничивает поступление энергии (кДж) → повышает расход энергии

Причины для использования диеты для похудения могут быть:

- косметическими:** желание соответствовать общепринятым представлениям о «хорошей фигуре»;
- медицинскими:** проблемы, связанные с лишним весом, включают повышенный риск развития диабета, артрита и сердечно-сосудистых заболеваний.

МИКРОДИЕТЫ МОГУТ ВЫПОЛНЯТЬ ОСОБЫЕ ФУНКЦИИ

Некоторые диеты разрабатываются не для снижения веса, а для решения других проблем. Например:

- диета, не содержащая глютена (белок, найденный в злаках, включая пшеницу), предписывается страдающим заболеваниями кишечника, при котором иммунный ответ организма разрушает кишечные ворсинки, приводя к неспособности всасывать питательные вещества, и, следовательно, к голоданию; диеты с пониженным содержанием натрия рекомендуются гипертоникам;
- диеты с пониженным содержанием сахара — диабетикам;
- диеты, обогащенные железом, — страдающим анемией, особенно женщинам во время менструаций.

Масло энотеры (первоцвета) рекомендуется применять больным множественным склерозом.

Повышенное содержание моркови — кроликам!

ПОМНИТЕ — полноценная диета должна включать: жиры, белки и углеводы в правильном соотношении, а также **витамины, минералы, воду и пищевые волокна.**

Диеты для снижения веса, как правило:

- ограничивают употребление алкоголя;
- снижают потребление жиров, включая «скрытые» жиры в таких продуктах, как пироженные;
- повышают потребление пищевых волокон, вследствие чего пища быстрее проходит через пищеварительный тракт, и ограничивается поступление «потенциальной энергии».

Достиж успеха в снижении веса проще, если сочетать диету с физическими упражнениями:

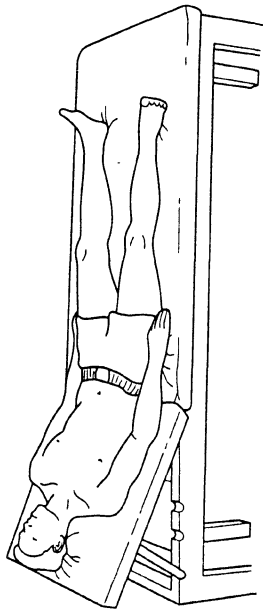
- физическая нагрузка способствует активному метаболизму, повышая потребность в энергии (ситуация, обратная показанной на графике);
- занятия физкультурой сами по себе улучшают фигуру (тонус мышц и осанку).

По статистике те, кто способен снизить вес на 4–6 кг за четыре недели, продолжают использовать соответствующую программу похудения.

Уровень метаболизма

ОСНОВНОЙ ОБМЕН (основной метаболизм) – это уровень энергетических затрат организма в состоянии покоя.

Эта энергия расходуется на поддержание жизнеобеспечения: дыхательные движения, сердцебиение, поддержание трансмембранных ионных градиентов и синтез молекул, в частности белков.



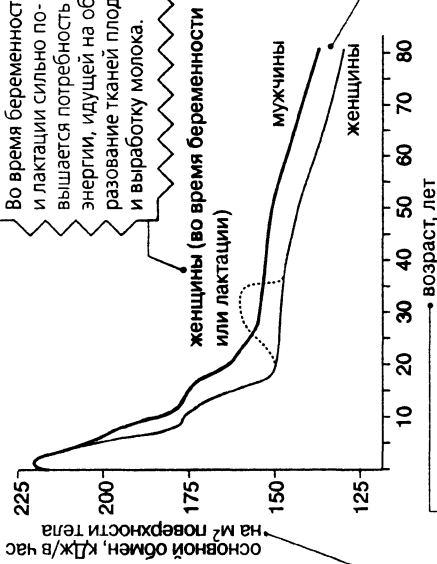
Основной обмен измеряется в лежачем положении (состояние физического покоя) в теплой (отсутствие температурного стресса) тихой (состояние психического покоя) комнате через 12–18 ч после принятия пищи (нет пищеварительной активности).

Потребность в энергии для физической активности – возрастает с ростом массы тела.

Потребность в энергии для переваривания пищи – может составлять 10% от общего количества.

УРОВЕНЬ МЕТАБОЛИЗМА – энергетические затраты организма в активном состоянии.

влияет
ряд факторов



Во время беременности и лактации сильно повышается потребность в энергии, идущей на образование тканей плода и выработку молока.

женщины (во время беременности или лактации)

мужчины

возраст, лет

С возрастом основной обмен уменьшается по двум причинам:

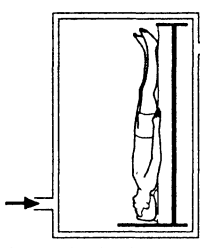
- 1) уменьшается доля мышечной массы;
- 2) уменьшается синтез молекул, необходимых для роста, особенно белков.

К другим факторам, повышающим основной обмен, относятся поступление пищи, секретирующие железы, изменение температуры окружающей среды, физическая активность и стресс.

К другим факторам, снижающим основной обмен, относятся соблюдение поста, недоедание и состояние сна.

У мужчин основной обмен обычно выше, чем у женщин, поскольку их мышечная масса составляет больший процент от массы тела (жировые клетки имеют очень низкий уровень метаболизма).

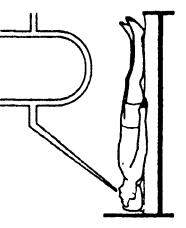
Основной обмен измеряется методом калориметрии



Тепло, выделяемое организмом в состоянии покоя, повышает температуру циркулирующей воды.

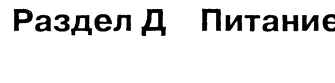
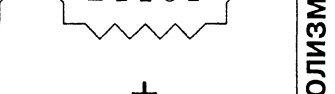
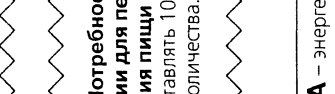
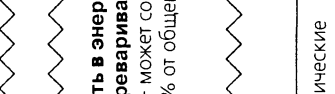
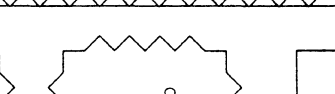
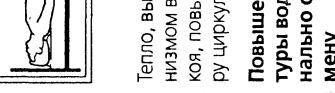
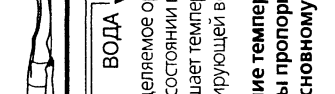
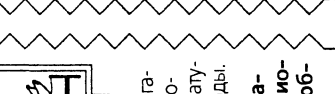
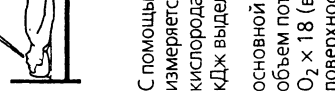
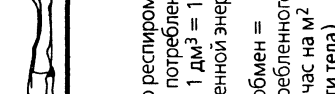
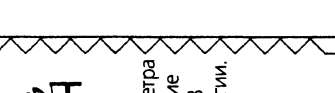
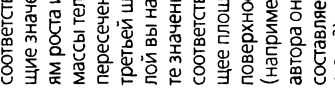
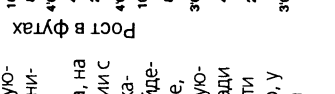
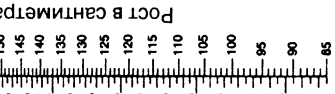
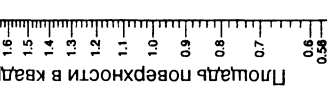
Повышение температуры воды пропорционально основному обмену

Непрямая калориметрия



С помощью респирометра измеряется потребление кислорода: $1 \text{ дм}^3 = 18 \text{ кДж}$ выделенной энергии. Основной обмен = объем потребленного $\text{O}_2 \times 18$ (в час на м^2 поверхности тела).

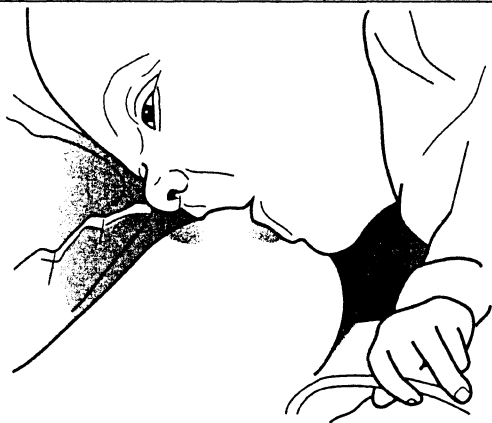
Для измерения площади поверхности тела используется номограмма



Питание и развитие: нужная пища в нужное время

Подростковый период: потребности в энергии и в белках могут быть на 80% выше, чем у взрослых. Возникают также специфические потребности – например, у девочек с появлением менструального цикла возрастает потребность в железе, юношам для утолщения костей необходимо повышенное поступление кальция. Для построения иммунной системы требуется больше аскорбиновой кислоты.

Младенцы и дети: материнское молоко полностью обеспечивает потребности ребенка примерно до 6 месяцев жизни. В течение первого года потребность в энергии на 200% выше, чем у взрослого (соответственно увеличена и потребность в витаминах группы В), потребность в белках – больше в три раза, а в витамине С, кальции, железе и витаминах А и D – в четыре раза.

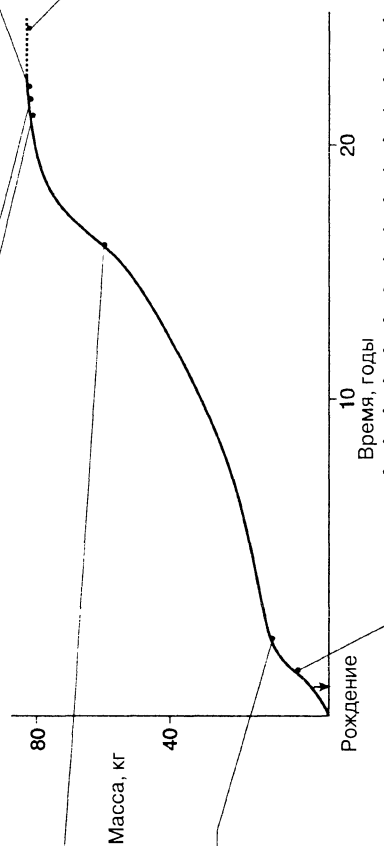


Беременность: потребность в белке и в энергии возрастает на 10%, а в кальции, фолиевой и аскорбиновой кислотах – на 100%. В то же время перодозировка витаминов А и D могут быть токсичны для плода, а избыток некоторых водорастворимых витаминов может привести к тому, что родившийся ребенок будет испытывать повышенную потребность в них.

Лактация: потребность в питательных веществах еще выше, чем в период беременности – для белка и железа она увеличивается на 20%, для витаминов группы В и «энергетических» веществ – примерно на 25%, для аскорбиновой кислоты и витамина А – на 100% и для кальция – на 150%. Кроме того, рекомендуется принимать витамин D.

Зрелость: общие пищевые потребности см. выше. У разных людей энергетические запросы сильно отличаются – требуемое количество энергии может отличаться на 100% в зависимости от массы тела, рода занятий и активности.

Старость: потребность в энергии (и связанная с ней потребность в витаминах группы В) и в белке может снизиться на 25–30% или даже больше, если образ жизни становится значительно менее подвижным. Рекомендуется прием аскорбиновой кислоты для компенсации уменьшения потребления свежих овощей и фруктов; развитие остеопороза можно предотвратить, принимая кальций и витамин D.



Материнское молоко содержит мало бактерий и включает антимикробные факторы, поэтому дети, находящиеся на грудном вскармливании, меньше подвержены инфекциям, в частности опасным гастроэнтеритам. В странах третьего мира смертность среди детей, вскармливаемых искусственно, выше в 10–15 раз.

Материнское молоко имеет температуру тела, не требует дополнительной обработки и больших финансовых затрат. Кормление грудью поддерживает эмоциональную связь между матерью и ребенком. Кроме того, оно имеет контрацептивный эффект (но не стопроцентный).

Грудное вскармливание – идеальный вариант (сравнение человеческого и коровьего молока)
 Молозиво: «первое молоко», т.е. первый секрет молочных желез, вырабатывающийся в течение примерно пяти дней. Молозиво содержит мало запасов энергии, но примерно на 50% состоит из иммунных факторов (главным образом из иммуноглобулина А), передающихся от матери к ребенку.

Искусственное молоко (молочные смеси) производится на основе коровьего. При этом оно должно быть модифицировано, поскольку пищеварительная система и почки человеческого младенца не могут справиться со всем «богатством» коровьего молока.

Сравнение коровьего молока с человеческим

Жир	Богато длинноцепочечными насыщенными жирными кислотами	Сложно переваривать, затрудняют усвоение кальция
Белок	В три раза больше	Почки ребенка не справляются, избыток аминокислот может повредить мозгу
	Высокое соотношение содержания казеина и молочной сыворотки	Сложно переваривать
Минералы	Очень много (особенно натрия)	Почки не справляются – обезвоживание (часто смертельное)
Лактоза	Очень много	Непереносимость лактозы может привести к галактоземии, симптомом которой являются повреждения мозга

Пищевые добавки не являются питательными веществами и добавляются в продукты с целью улучшения их внешнего вида, вкуса, консистенции и/или увеличения срока хранения.

типы добавок

натуральные — получают непосредственно из натуральных продуктов

идентичные натуральным — синтетические, но имеют ту же формулу, что и натуральный продукт

синтетические — искусственные, хотя формула часто близка к натуральной

КРАСИТЕЛИ (номера порядка E100)

Добавляются для улучшения цвета, который может быть утрачен в процессе приготовления (например, бобы бледнеют) или растворения.

Натуральные, например, антоцианин (E163) из кожуры винограда

Синтетические — многие из них производятся на основе дегтя, например, тауразин (E102)

ПРЕДТВРАЩЕНИЕ ПОРЧИ — КОНСЕРВАНТЫ (номера порядка E200)

Ингибируют рост грибов или бактерий, которые могли бы изменить вкус продукта или снизить его пищевую ценность.

Например, диоксид серы/сульфиты (E220—E227) предотвращают потемнение картофеля, продлевают срок хранения безалкогольных напитков; нитраты (E251) — добавляются в ветчину и сосиски.

ПРЕДТВРАЩЕНИЕ ПОРЧИ — АНТИОКСИДАНТЫ (номера порядка E300)

Противодействуют атмосферному окислению пищевых продуктов.

Например, витамин С (аскорбиновая кислота — E300) — добавляет во фруктовые напитки; витамин Е (токоферол — E306) — добавляет в масло и маргарин.

Эти вещества удаляют свободные радикалы, ускоряющие порчу.

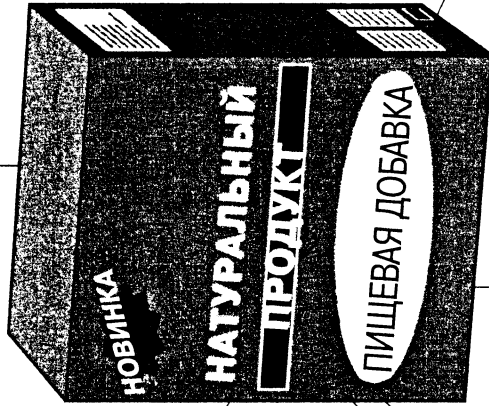
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ДОБАВОК РЕГЛАМЕНТИРОВАНО

Например, добавление кальция/витамина D в молоко; витамина E — в маргарин; витамина C — во фруктовые соки; витамина D/белка — в хлеб.

Контроль

- Все добавки должны иметь порядковый «E-номер», обозначенный на упаковке продукта.
- Все добавки должны быть протестированы на животных.

В детском питании запрещено добавлять искусственные красители



АРОМАТИЗАТОРЫ И УСИЛИТЕЛИ ВКУСА

(часть имеет номера E600, часть — без номеров) Это самые распространенные пищевые добавки — применяется около 3000 видов. Многие из них натуральны, однако искусственные аналоги обычно дешевле и проще в получении.

Например, ванилин, пропилпентанат (вкус ананаса).

Усилители вкуса не являются ароматизаторами, а усиливают существующий вкус продукта, воздействуя на вкусовые рецепторы языка.

Например, глутамат натрия (E621).

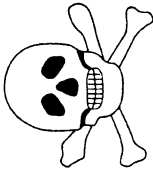
ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ МОГУТ БЫТЬ ОПАСНЫ

Тауразин — может вызывать у детей гиперактивность/плохую концентрацию.

Диоксид серы — может иметь канцерогенные или тератогенные (вызывающие пороки развития) свойства.

Глутамат натрия — может вызывать тошноту, рвоту и головную боль.

** N.B. Аллергические реакции могут вызываться и некоторыми натуральными веществами, например, «красным цветом» земляники.



ПИЩЕВЫЕ ДОБАВКИ НЕ СЛЕДУЕТ ПУТАТЬ С ПРИМЕСЯМИ

Добавки используются для улучшения качества продуктов вышеописанными способами. Вещества, дающие примеси, используются для повышения качества производимой пищи. В результате их широкого распространения или неправильных технологий производства продуктов эти вещества могут попасть в пищу, употребляемую людьми.

Примеры веществ, дающие примеси, опасные для здоровья человека:

Пестициды — могут накапливаться в пищевых цепях, нанося вред потребителям, находящимся в конце цепи (включая человека).

Удобрения — нитраты и фосфаты могут проникать в источники воды; опасны для детей, вскармливаемых восстановленным сухим молоком.

Антибиотики — используются для предотвращения инфекций у скота; могут приводить к возникновению устойчивых штаммов бактерий.

Гормоны — эстроген (ускоряет рост цыплят) может привести к гормональным нарушениям у человека.

УЛУЧШЕНИЕ КОНСИСТЕНЦИИ

Эмульгаторы — используются для комбинирования веществ, не смешивающихся в обычных условиях, например, лецитин (E322).

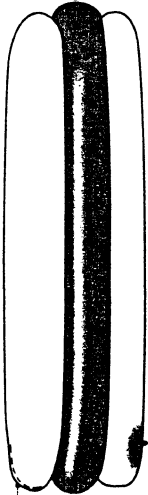
Стабилизаторы — предотвращают разделение компонентов эмульсии, например, ксантан (E415).

Загустители — изменяют консистенцию продукта, например, целлюлоза (E460—466).

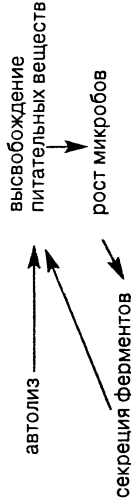
Порча пищевых продуктов

вызывается ферментами и может представлять опасность.

- АВТОЛИЗ** – это порча продукта, вызываемая его собственными ферментами.
- Начинается с момента смерти животного или сбора растений.
 - Польза: смягчение мяса, созревание фруктов
 - Вред: окисление жиров → тухлый запах и вкус; потемнение срезов под действием полифеноксидазы.
 - Внешние слои, например, кожица яблока, скорлупа ореха, выполняют защитную функцию.



МИКРОБНАЯ ПОРЧА: вызывается организмами, используемыми подходящей для них источник пищи – создается циклический эффект.



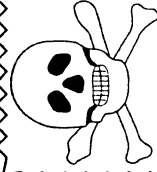
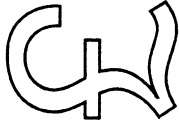
ИСПОРЧЕННАЯ ПИЩА

- Внешний вид теряет привлекательность.
- Поверхность засыхает – портится вкус.
- Снижается питательность.
- Выделяются **энтеротоксины** (см. напротив).

N. В. Небольшая порча может давать некоторые преимущества, например, созревание сыра или йогурта.

С помощью **генной инженерии** получена «ингибирующая полифеноксидаза» – это предотвращает потемнение и размягчение собранного картофеля.

- Возрастает доля урожая, пригодная для использования.
- Возрастает прибыль, получаемая производителями хрустящего картофеля.



Афлатоксин – один из самых опасных токсинов, вызывающий:

кровомизлияния из-за разрушения капилляров; инфирцирование печени, ведущее к гепатиту; опухоли печени, почек и прямой кишки.

Для роста грибку необходима высокая концентрация кислорода + влажность + источник углеводов. **Контролируется путем акуратного сбора урожая при высокой [CO₂]**

Пастеризованное молоко	Молоко становится горьким из-за разложения лецитина	<i>Bacillus cereus</i>
Хлеб, фрукты, овощи	Видимый рост мицелия	<i>Rhizopus</i>

Некоторые специфические организмы, вызывающие порчу

Продукт	Вред	Организм
Вино, пиво	прокисание в результате окисления этанола до уксусной кислоты	<i>Acetobacter</i>
Арахис, зерновые, фрукты, хлеб, сухие продукты	выделяется афлатоксин, вызывающий пищевые отравления, мицелий прорастает сквозь продукты	<i>Aspergillus spp</i>

ПИЩЕВОЕ ОТРАВЛЕНИЕ

может быть вызвано проглатыванием патогенов или выделением энтеротоксинов в пищу.

В дальнейшем патогены размножаются в организме, вызывая рвоту и диарею. Например, гепатит А в моллюсках, *Listeria* в мясных сырах и паштете, *Bacillus cereus* в готовом виде перед употреблением.

- Вызывается только в анаэробных условиях.
- Вызывает повреждение нервов, приводящее к параличу (в том числе сердца).

ЗАРАЖЕНИЕ ПРОДУКТОВ САЛЬМОНЕЛЛОЙ

(чаще всего *Salmonella typhimurium*)

Интенсивное разведение кур облепчает распространение бактерий *Salmonella*: из кишечника через помет – на пол – на других кур – затем в воду – на руки – на рабочую поверхность.



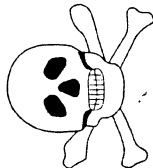
68 °С: температуре убивает сальмонеллу, содержащуюся в мясе.

Лечение: антибиотики малоеффективны, так как они с трудом достигают поврежденной выстилки кишечника.

Возмещение потери жидкости: снижает обезвоживающий эффект диареи.

Соблюдение гигиены: аккуратное обращение с сырыми продуктами, очищение рабочих поверхностей, тщательное приготовление пищи.

Бактерия не очень вирулентна – для того, чтобы иницировать заражение, необходимо порядка 10 000 000 бактерий. Попав в кишечник, они размножаются в условиях оптимальной температуры и избытка пищи и выделяют ТОКСИН. Это приводит к развитию воспалительного процесса в кишечнике, сопровождающегося болями, жаром, рвотой и диареей.



Сохранение пищевых продуктов

включает предотвращение активности микробов.

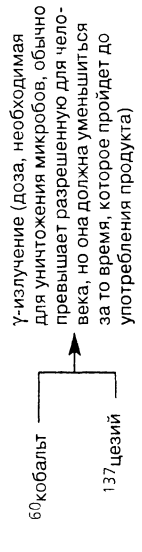
ВЫСОКОЕ ОСМОТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ – используются концентрированные растворы соли или сахара. Такие условия ингибируют рост микроорганизмов, которые неизбежно теряют воду осмотическим путем.

ЗАМОРАЖИВАНИЕ – большинство свежих продуктов содержит более 60% воды. Замерзшая вода не может использоваться микроорганизмами.

Положительные стороны:
очень незначительная потеря питательной ценности – быстрозамороженные продукты могут содержать больше питательных веществ, чем «свежие», доставленные к месту продажи за 2–3 дня.

Отрицательные стороны:
расширение воды → повреждение клеток → «раскисание» продукта (например, клубники); оттаивание замороженного продукта → потеря растворимых питательных веществ (например, витамин С) с водой.

ОБЛУЧЕНИЕ – стерилизация облучением применяется для лекарств и медицинского оборудования, но не разрешена в Великобритании для обработки пищевых продуктов.



- Некоторая доза облучения может передаваться потребителю.
- Очень дорогой способ, поэтому используется только для дорогостоящих продуктов, например, креветок.
- Происходит потеря витаминов А, В, С и Е.

N.B пока не разрешено в Великобритании (хотя на данный момент является единственным эффективным методом уничтожения сальмонеллы в замороженном мясе).

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ – один из самых эффективных способов. Включает **быстрое замораживание** с последующим нагревом при пониженном давлении → сублимация льда → **пористая структура**.

Преимущества: в условиях обогащенной азотом атмосферы такие продукты можно хранить 2–3 года.
Недостатки: присутствующие жиры легко окисляются благодаря открытой структуре продукта, вызывая прогорклый вкус.

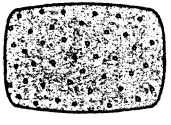
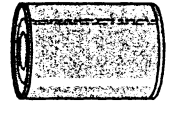
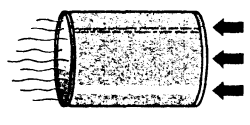


ХИМИЧЕСКИЕ КОНСЕРВАНТЫ – включают диоксид серы и сульфиты, бензойную кислоту и бензоаты, нитраты и нитриты.

- Действуют обычно как **антиоксиданты**, ингибируют окисление жиров.
- Удаление кислорода и понижение pH ограничивает рост микробов.
- SO_2/SO_3^{2-} широко используются в производстве сосисок/сушеных фруктов/безалкогольных напитков.
- Бензоаты – безалкогольные напитки.
- NO_3^-/NO_2^- добавляются в мясные продукты, например, ветчину; **нитрозамины** обладают канцерогенными свойствами ($NO_2^- + -NH_2$ в пище → $-NONH_2$).

Области перед высушиванием (или другим способом обработки) **бланируют кипятком или паром.** При этом денатурируются ферменты, например, каталаза и оксидаза аскорбиновой кислоты, и улучшается внешний вид и срок хранения продукта.

КОНСЕРВИРОВАНИЕ – тепловая обработка убивает микроорганизмы и их споры. Если пищу предпологаются хранить долгое время, ее нужно стерилизовать в запечатанной емкости, которая предотвратит попадание новых микробов.

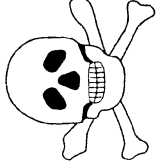


Нагрев – пар выводит воздух.

Банка закрыта – уменьшение объема содержимого вытягивает ее края внутрь.

Вздутие банки говорит о выделении газа в результате дыхания микроорганизмов.

Банки с консервами должны охлаждаться в воде – при этом любая щель может привести к попаданию микробов вместе с водой внутрь банки. Охлаждающую воду обычно хлорируют, чтобы предотвратить попадание микробов.



Использование **скороварок** позволяет нагревать воду до температуры выше 100 °C. Современная технология создает температуру 121 °C на три минуты. Эти условия убивают даже споры *Clostridium botulinum* (организм, вырабатывающий токсин ботулин, 500 г которого было бы достаточно для уничтожения почти всего населения Великобритании).

ИЗМЕРЕНИЕ pH – микроорганизмы медленнее растут в кислой среде.
Йогурт
Молочная кислота вырабатывается из лактозы путем ферментации.
Маринады
Сохраняют с помощью добавления уксуса (3% водный раствор уксусной кислоты).

Тучность: проблемы со здоровьем, связанные с избыточным весом.

Артерии/артериолы: развивается артериосклероз и гипертония – повышается риск удара или кровоизлияния в мозг, возрастает вероятность тромбоза.

Сердце: увеличивается возможность остановки сердца в результате закупорки венечной артерии и высокого кровяного давления.

Легкие: возрастает вероятность развития инфекции, так как при увеличении массы тела затрудняется движение диафрагмы, что ослабляет вентиляцию легких.

Поджелудочная железа: увеличивается вероятность развития рака. Нарушается эндокринная функция – тучность увеличивает риск развития диабета и связанных с ним заболеваний.

Желчный пузырь: учащается образование желчных камней, в основном состоящих из холестерина.

Среди людей, имеющих 20%-ный избышек веса, смертность возрастает на 25% (в первую очередь в связи с диабетом, коронарной болезнью сердца и нарушениями в сосудах головного мозга).

Возрастает также риск развития таких заболеваний, как:

грыжа желудка, рак груди, опухоль матки, простатит, нарушения менструального цикла.

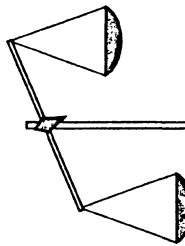
Печень: происходит жировая дегенерация ткани печени.

Позвоночный столб: возросшая масса тела оказывает давление на позвоночник, что может привести к развитию сколиоза и защемлению седалищного нерва.

Бедренные суставы: чаще случается перелом шейки бедра – особенно у женщин постклимактерического возраста.

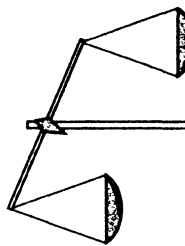
Коленные суставы: возрастает вероятность развития дегенеративного процесса.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС: ПОСТУПЛЕНИЕ РАСХОД



поступление > потребность

- Следовательно, **масса тела возрастает**
- может происходить после отказа от курения;
 - может отражать отсутствие физической нагрузки (чтобы «сжечь» 100 г шоколада, необходимо 1 ч езды на велосипеде или бега);
 - может иметь генетическую основу.



поступление < потребность

- Следовательно, **масса тела уменьшается**
- может быть вызвано беспрядочным питанием;
 - может быть следствием больших физических нагрузок (и повышения уровня метаболизма);
 - может быть связано с использованием жировых запасов для теплообразования.

ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА: В НОРМЕ ЛИ ВАШ ВЕС?

Оптимальный вес, с учетом возраста, пола и роста, можно определить по специальной таблице – превышение этого показателя на 20% говорит о наличии нездоровой тучности.

$$\text{индекс массы тела} = \frac{\text{масса в кг}}{(\text{рост в метрах})^2}$$

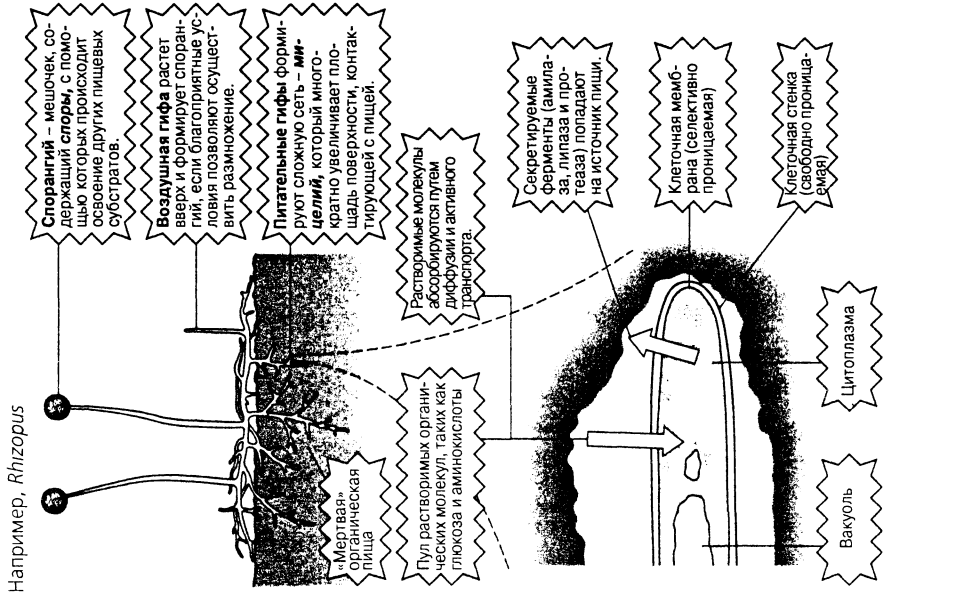
	Оптимальный	Нездоровый избышек
Мужчины	20–25	30+
Женщины	18.5–23.5	28.5+

ЛЕЧЕНИЕ

- **Контроль над питанием**
Использование сбалансированной диеты в течение длительного периода обычно дает хорошие результаты – следует избегать «жестких» диет.
- **Лекарственная терапия**
Поддавление аппетита с помощью аналогов **серотонина**.
Повышение уровня метаболизма с помощью **амфетаминов** (при длительном использовании вызывают привыкание).
- **Хирургия**
Ушивание желудка – ускоряет появление чувства насыщения.

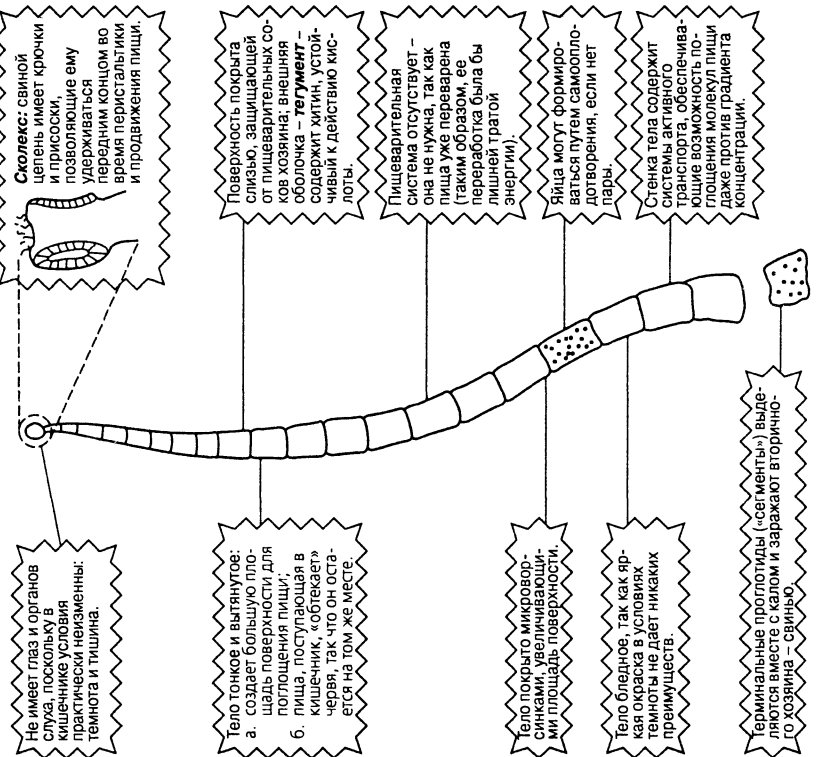
Альтернативные способы питания

САПРОБИОНИТЫ – организмы, получающие питательные вещества из органических отходов или останков животных или растений. Они являются **первичными потребителями** в пищевой цепи **редуцентов**.

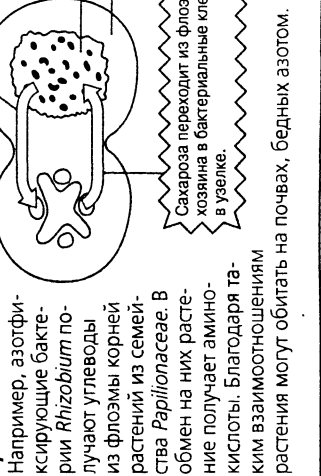


Сапробионты относятся к **редуцентам**. Пища, переработанная ими, но не использованная, становится доступной для потребления растениями, таким образом, сапробионты играют важную роль в **круговороте питательных веществ**.

ПАРАЗИТИЧЕСКИЕ ОРГАНИЗМЫ получают питательные вещества от другого живого **организма**, называемого **хозяином**. Хозяину такие взаимоотношения приносят дискомфорт или некоторый вред, например, *Taenia solium*, свиной цепень.



МУТАЛИЗМ – это способ питания, взаимовыгодный для обоих организмов.



Например, азотфиксирующие бактерии *Rhizobium* получают углеводы из флоры корневых растений из семейства *Рариполосее*. В обмен на них растение получает аминокислоты. Благодаря таким взаимоотношениям растения могут обитать на почвах, бедных азотом.

Структура и функции легких могут нарушаться при различных заболеваниях.

Ларингит – это воспаление гортани, вызываемое вирусной инфекцией и часто сопровождающееся вторичной бактериальной инфекцией.

Гортань содержит голосовые связки (во время икоты они «зашелкиваются»).

Трахея содержит С-образные хрящ, которые поддерживают ее в открытом состоянии, когда падает давление в грудной клетке.

Реснитчатый эпителий задерживает и удаляет патогены и частицы пыли и копоти.

Наружные межреберные мышцы, сокращаясь, двигают ребра вперед и вверх.

Плевральные оболочки постоянно остаются влажными, чтобы уменьшать трение при движении легких в грудной клетке.

Сердце расположено близко к легким и поддерживает циркуляцию крови по легочному кругу.

Ребра (показаны поперечные срезы) защищают легкие и сердце.

В плевральной полости поддерживается отрицательное давление, таким образом, легкие пассивно следуют за движением ребер.

Хронический бронхит – это воспалительное заболевание, вызываемое такими раздражителями, как табачный дым, диоксид серы и смог. Повреждение слизистой оболочки приводит к ее набуханию и выделению жидкости, снижение активности ресничек позволяет накапливаться избытку слизи. При этом затрудняется дыхание, а в застоявшейся слизи размножаются бактерии, что приводит к формированию гноя. Недостаток кислорода в течение продолжительного периода ведет к развитию легочной гипертонии и может оказаться смертельным.

Плеврит – это инфекция плевральных оболочек, при которой дыхание становится болезненным и изменяется давление в плевральной полости, что ведет к нарушению дыхательной функции.

Носовая раковина направляет поток воздуха таким образом, что вдыхаемый воздух нагревается и увлажняется.

Небо разделяет носовую и ротовую полости, позволяя одновременно осуществлять дыхание и питание.

Носовые волоски задерживают частицы пыли и некоторые воздушные патогены.

Грудина служит для закрепления вентральных концов ребер.

Легочная артерия приносит в легкие кровь, обогащенную углекислым газом.

Бронх содержит кольцевидные хрящ, предотвращающие его спадание при вдохе.

Легочная вена возвращает в сердце кровь, обогащенную кислородом.

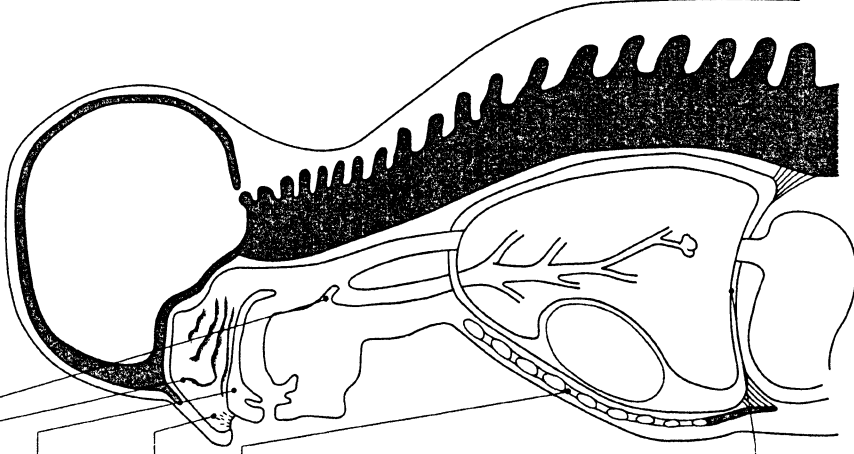
Терминальная бронхиола не имеет хрящевой поддержки.

Альвеола – место непосредственного обмена газами между кровью и воздухом.

Куполообразная диафрагма – мышца, сокращение которой увеличивает объем грудной клетки.

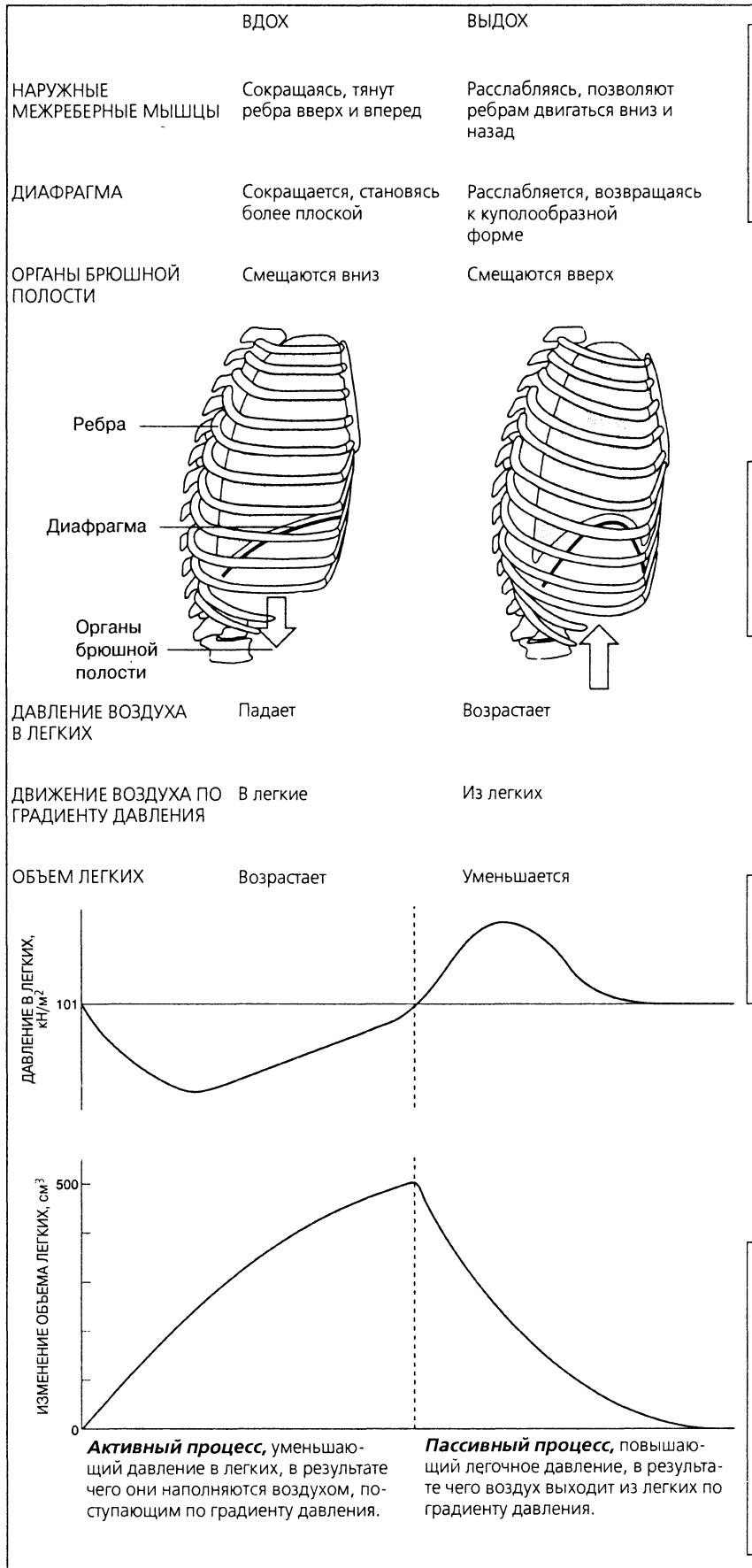
Эмфизема вызывается курением табака, которое стимулирует выделение протеолитических ферментов тучными клетками в легких. Эти ферменты разрушают стенки альвеол, приводя к образованию крупных камер. В результате уменьшается площадь поверхности, на которой происходит газообмен, что приводит к снижению концентрации кислорода в крови.

Надгортанник закрывает трахею при глотании, чтобы предотвратить попадание пищи в легкие.



Рак легких начинается с опухоли в бронхах, проникающей затем в соседние ткани. В результате нарушается работа легких и возникают боли. Клетки опухоли распространяются с кровотоком в другие части организма.

Вентиляция легких – это результат изменения давления в грудной клетке.



В состоянии **покоя** нет необходимости в сильных дыхательных движениях: достаточно функционирования **диафрагмы**. При физической нагрузке в процессе дыхания участвуют также наружные межреберные мышцы.

Легкие представляют собой пассивные эластичные структуры. Объем грудной клетки изменяется в результате работы мышц. При этом в **плевральной полости** поддерживается отрицательное давление, благодаря чему легкие заполняют собой практически всю грудную клетку.

Воздух имеет очень низкую плотность, поэтому он быстро реагирует на изменения давления – это позволило животным, дышащим воздухом, выработать **механизм вентиляции**.

Механизм вентиляции, используемый млекопитающими, основан на **изменении давления в легких**. Когда давление в грудной клетке становится ниже атмосферного, воздух поступает **внутри**; таким образом, в процессе вдоха **не участвуют** мышцы рта. При этом:

- требуется меньше усилий (сравните дыхание с надуванием воздушного шарика);
- животное может одновременно дышать и есть (слабый воздушный поток не «вдувает» пищу в пищеварительный тракт).

Тонкая структура легкого: для осуществления газообмена в альвеолах необходимо:

- 1) Трубка для перемещения газов в атмосферу и из атмосферы (например, **бронхиола**).
- 2) Поверхность, через которую газы могут транспортироваться между воздухом и кровью (т.е. **альвеолярная мембрана**).
- 3) Сосуд для отвода оксигенированной крови и притока дезоксигенированной крови (т.е. **ответвление легочного круга кровообращения**).

Вдыхаемый воздух

Выдыхаемый воздух

Терминальная (дыхательная) бронхиола не имеет хрящевых колец, поэтому при высоком внешнем давлении она спадается – это представляет опасность при погружении на глубину, так как азот из воздуха, задержанного в альвеолах, начинает поступать в кровь, образуя пузырьки.

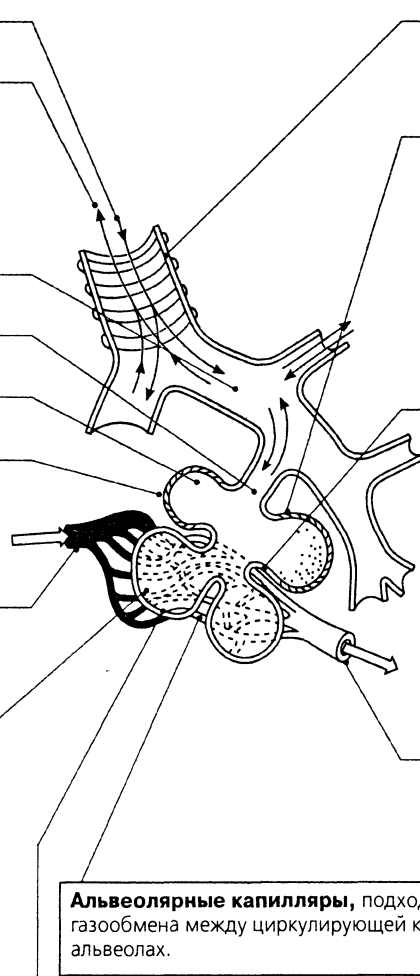
Альвеолярный ход

Альвеола (воздушный мешочек)

Эластические волокна в альвеолах позволяют достичь оптимального натяжения во время вдоха – на это свойство отрицательно влияет табачный дым → **эмфизема**.

Ветвь легочной артерии приносит дезоксигенированную кровь в альвеолярные капилляры.

Сурфактант – это фосфолипидная структура, вырабатываемая **клетками** альвеолярных перегородок. Он уменьшает поверхностное натяжение стенок альвеол и предотвращает их слипание во время выдоха. Отсутствие сурфактанта у новорожденного может привести к **расстройству дыхания** и даже к смерти, поскольку усилие, необходимое для дыхания, возрастает в 7–10 раз по сравнению с нормальным.



Бронхиола имеет поддерживающие хрящевые кольца, предотвращающие ее спадание при низком давлении.

P₄₅₀ – цитохром, ускоряющий процесс переноса кислорода через альвеолярную мембрану путем облегчения его диффузии. Он также участвует в детоксикации некоторых вредных веществ, окисляя их. Токсины, содержащиеся в табачном дыме, приводят к тому, что P₄₅₀ не столько **транспортирует** кислород, сколько **расходует** его – в результате развивается **аноксия** (дефицит кислорода).

Альвеолярно-капиллярная (дыхательная) мембрана состоит из следующих частей:

- 1) **Стенка альвеолы:** плоский эпителий и альвеолярные макрофаги.
- 2) **Базальные мембраны эпителия и капилляра.**
- 3) **Эндотелий стенки капилляра.**

Несмотря на количество слоев, толщина этой мембраны составляет в среднем всего 0.5 мкм.

Ветвь легочной вены отводит оксигенированную кровь в одну из четырех легочных вен и далее в левое предсердие.

Альвеолярные капилляры, подходящие к альвеолам, являются местами газообмена между циркулирующей кровью и воздухом, содержащимся в альвеолах.

Рецепторы растяжения поставляют информацию, необходимую для регуляции дыхательного цикла (**рефлекс Херинга-Брейера**).

Изменения в составе вдыхаемого и выдыхаемого воздуха

	ВДЫХАЕМЫЙ	АЛЬВЕОЛЯРНЫЙ	ВЫДЫХАЕМЫЙ	
O ₂	20.95	13.80	16.40	Кислород диффундирует из альвеол в кровь: в выдыхаемом воздухе доля кислорода повышается за счет добавления воздуха из мертвого пространства (воздух, остающийся в воздухоносных путях, т.е. не участвующий в газообмене).
CO ₂	0.04	5.50	4.00	Концентрация диоксида углерода в альвеолах высока, поскольку CO ₂ диффундирует из крови: заметное падение концентрации CO ₂ в выдыхаемом воздухе происходит за счет добавления воздуха в мертвом пространстве.
N ₂	79.01	80.70	79.60	Явное возрастание концентрации азота (метаболически инертного газа) происходит скорее за счет относительного уменьшения доли кислорода, чем за счет увеличения абсолютного количества азота.
HO ₂ (r)	ВАРЬИРУЕТ	НАСЫЩЕННЫЙ		Влага испаряется из стенок альвеол и затем выдыхается, если животное не имеет анатомических адаптаций, предотвращающих этот процесс (например, выступающие носовые волоски у пустынных крыс).
Температура	АТМОСФЕРНАЯ	ТЕЛА		Теплоотдача из крови, циркулирующей по легочному кругу, повышает температуру альвеолярного воздуха.

Спирометр и измерение респираторной активности

Противовес регулируется таким образом, что плавающая камера смещается только за счет дыхательных движений, но не за счет действия гравитации.

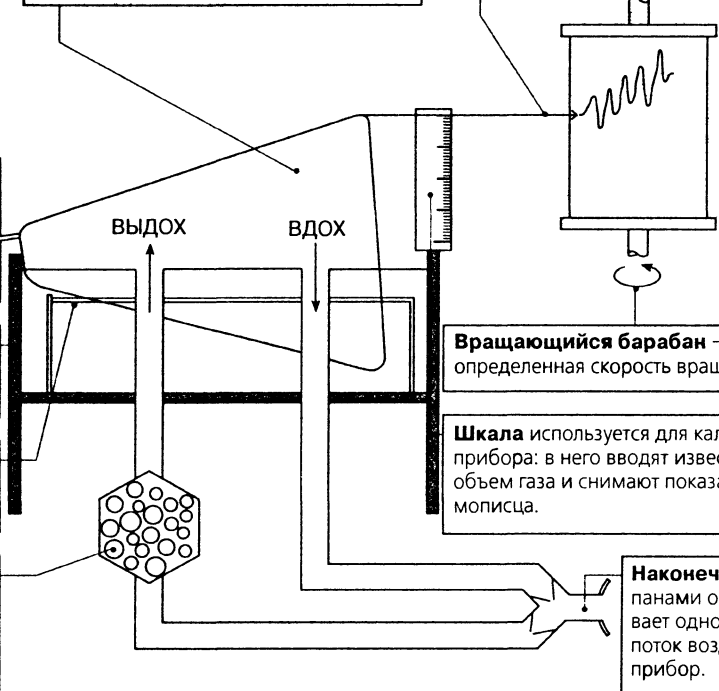
Нижняя камера заполнена водой, в результате плавающая камера составляет замкнутую систему.

Подпорка, фиксирующая дыхательные трубки относительно плавающей камеры.

Фильтр – это твердый нетоксичный абсорбент CO_2 , который позволяет удалять диоксид углерода из выдыхаемого воздуха, если измеряется потребление кислорода.

Плавающая камера может быть заполнена воздухом или кислородом. Камера опускается при вдохе и поднимается при выдохе.

Самописец чертит на барабане кривую, соответствующую движениям плавающей камеры.



Вращающийся барабан – задается определенная скорость вращения

Шкала используется для калибровки прибора: в него вводят известный объем газа и снимают показания самописца.

Наконечник с клапанами обеспечивает односторонний поток воздуха через прибор.

ЭМФИЗЕМА, разрушающая стенки альвеол, существенно снижает жизненную емкость легких (в серьезных случаях она может снижаться почти до дыхательного объема).

ЛЕГОЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ (объем воздуха, достигающий легких за единицу времени) = **ДЫХАТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ** × **ЧАСТОТА ДЫХАНИЯ**.
Этот показатель может быть увеличен путем повышения дыхательного объема и/или скорости дыхания.

АСТМА вызывает спазмы бронхов (сужение бронхиол), уменьшая таким образом уровень максимального выдоха и объем резервного воздуха (может снизиться на 25%).

Жизненная емкость легких = максимальный объем воздуха, который обменивается при глубоком вдохе и глубоком выдохе.

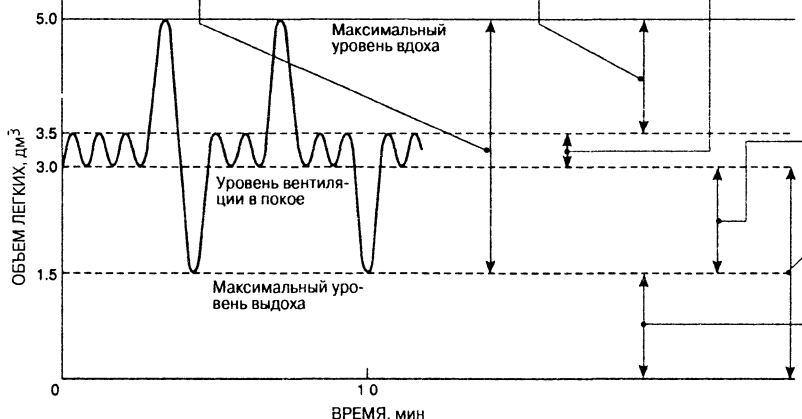
Дополнительный воздух = максимальный добавочный объем, который можно вдохнуть после обычного дыхательного вдоха.

Дыхательный объем = объем воздуха, обменивающийся при обычном спокойном дыхании

Резервный воздух = максимальный объем, который можно выдохнуть после обычного дыхательного выдоха

Функциональный остаточный воздух = объем воздуха, доступный для газообмена после дыхательного выдоха

Остаточный объем = объем воздуха, который нельзя выдохнуть даже при максимально глубоком выдохе (составляет примерно 25 см^3 на каждый кг массы тела)



ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЛЕГКИХ МЕТОДОМ СПИРОМЕТРИИ

Курение и болезни легких

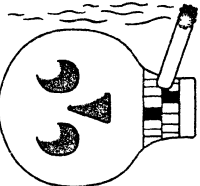
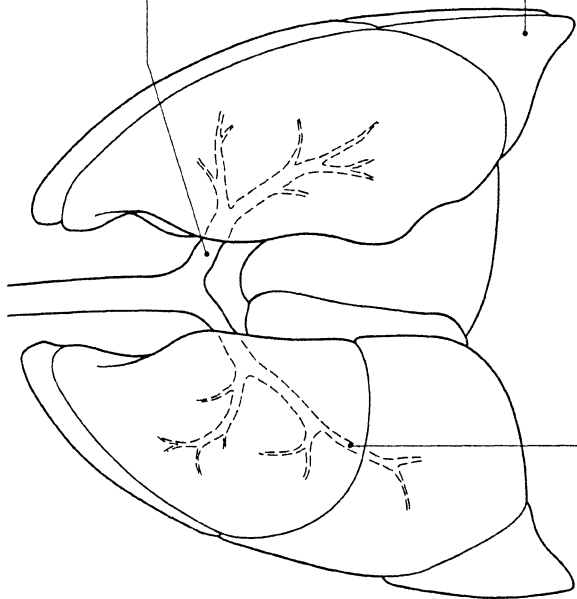
КУРЕНИЕ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ

- уменьшается вес ребенка при рождении,
- возрастает смертность в пренатальном и неонатальном периоде,
- возрастает вероятность развития астмы.



ДРУГИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ КУРЕНИЯ

- заболевания периферических сосудов, которые могут привести к потере конечностей,
- ишемическая болезнь сердца,
- удар,
- рак мочевого пузыря,
- возрастание количества дефектных сперматозоидов,
- нарушение памяти,
- развитие астмы,
- рак языка и губ.

БРОНХИТ – это воспаление выстилки бронхов

- усиление роста и активности клеток, секретирующих слизь
- утрата или инактивация реснитчатого эпителия

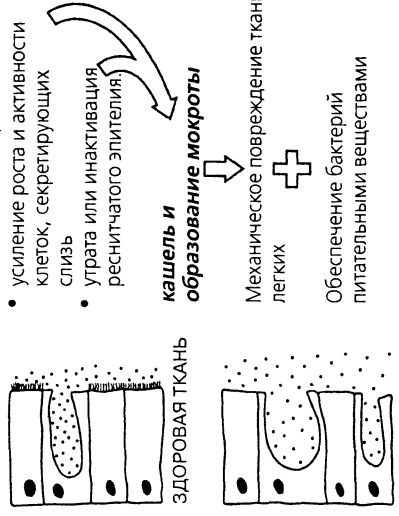
кашель и образование мокроты

Механическое повреждение ткани легких + Обеспечение бактерий питательными веществами

РАЗВИТИЕ БРОНХИТА

возрастает риск легочной инфекции

- Среди выкуривающих в день 25 сигарет смертность от хронического бронхита примерно в 40 раз выше, чем среди некурящих.



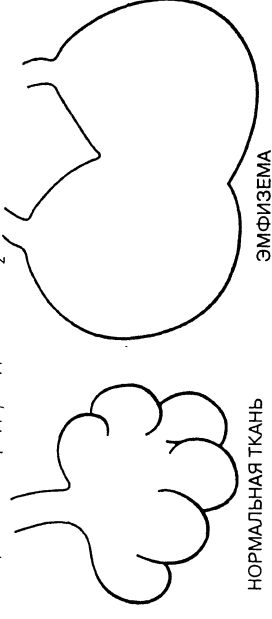
ЭМФИЗЕМА – это разрушение легочной ткани, приводящее к сокращению площади поверхности, на которой происходит поглощение кислорода/выделение CO₂.

ЭМФИЗЕМА

НОРМАЛЬНАЯ ТКАНЬ

ЭМФИЗЕМА

- некоторые компоненты табачного дыма вызывают скопление нейтрофилов в легочной ткани;
- нейтрофилы продвигаются сквозь легочную ткань, выделяя ферменты (протеазы и эластазы); табачный дым блокирует механизмы восстановления, в том числе α₁-антитрипсин;
- инфицирование поврежденной ткани стимулирует дальнейшее продвижение нейтрофилов, усугубляя ситуацию;
- у выкуривающих в день 25 сигарет эмфизема встречается в 20 раз чаще, чем у некурящих.



КАРЦИНОМА БРОНХОВ (РАК ЛЕГКИХ) – самая распространенная злокачественная опухоль в развитых странах и третья по частоте причина смерти в Великобритании.

К типичным симптомам относится кашель, боль в груди, на более поздних стадиях – потеря веса.

Опухоль может распространиться на плечу и ребра, или, через кровеносные и лимфатические сосуды, на другие органы.

Мелкоклеточная карцинома:

- возникает из эндокринных тканей
- быстро растет, агрессивна – явные проявления могут возникнуть всего за три года.

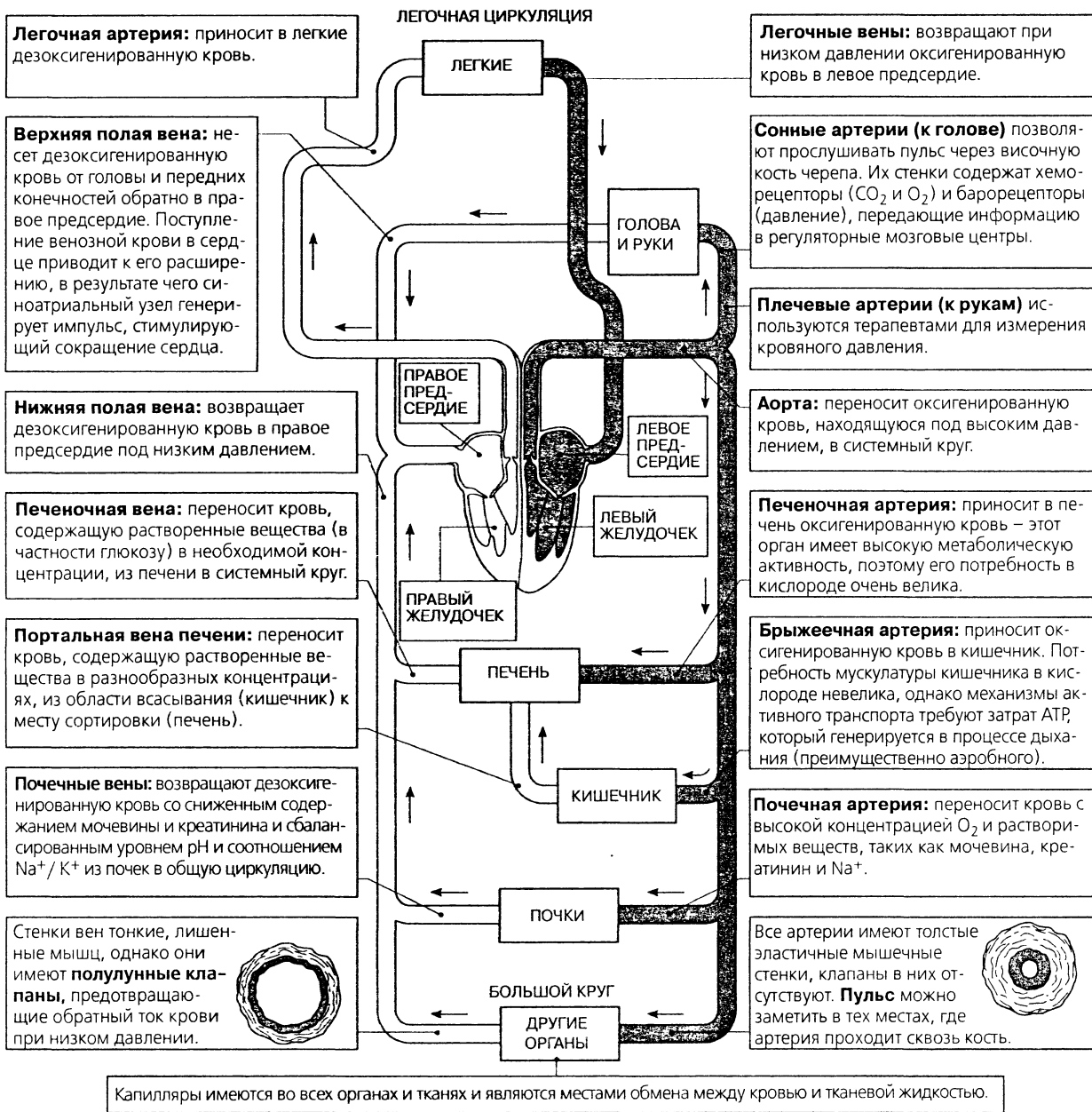
Не-мелкоклеточная карцинома:

- составляет 70% от всех бронхиальных карцином,
- возникновение карциномы плоского эпителия (эпидермоидной) чаще всего связано с курением.

БЫСТРО НЕКОНТРОЛИРУЕМОЕ ДЕЛЕНИЕ КЛЕТОК ПРИВОДИТ К ВТОРЖЕНИЮ ОПУХОЛИ В ДРУГИЕ ТКАНИ; НАРУШАЮЩЕМУ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ.

Двойная система кровообращения у млекопитающих

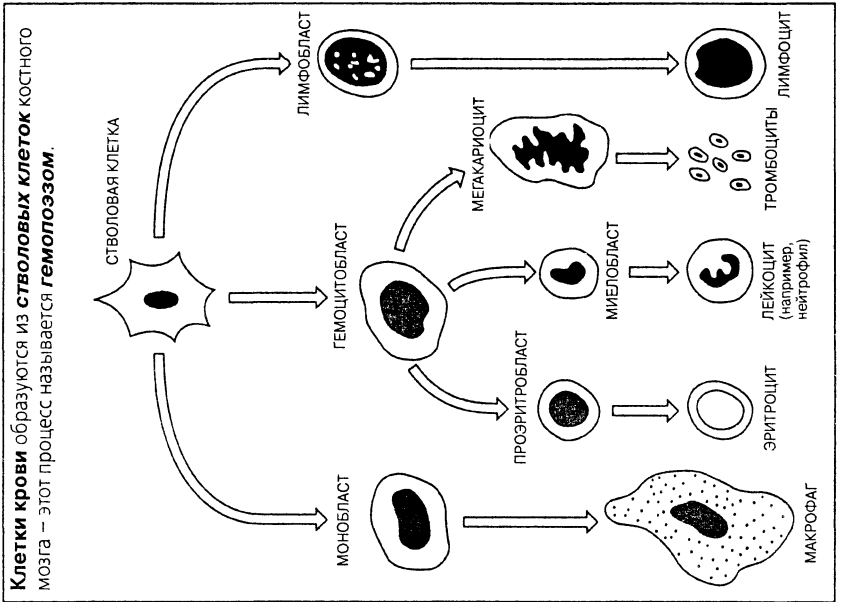
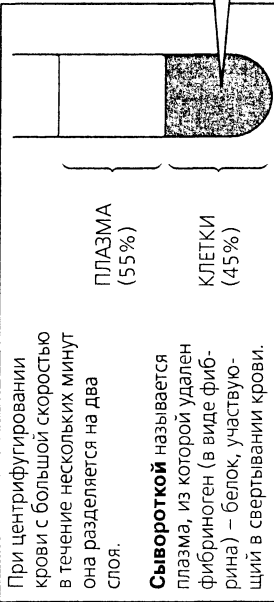
включает **малый** (легочный) **круг** (сердце – легкие – сердце) и **большой** (системный) **круг** (сердце – остальные органы – сердце). Полное разделение этих кругов позволяет быстро распределять под высоким давлением кровь, обогащенную кислородом, что имеет большое значение для активных эндотермических животных. Большой круг кровообращения подразделяется на отдельные системы, среди которых можно назвать **систему коронарных сосудов** (кровообращение сердца), **портальное кровообращение печени, мозговое**, а также **фетальное кровообращение** (функционирует только в эмбриональном периоде). Эти сосуды обычно называют по органам, которые они снабжают: например, каждая почка имеет почечную артерию и вену. Каждый орган имеет артерию, приносящую оксигенированную кровь и питательные вещества, и вену, удаляющую дезоксигенированную кровь и отходы.



Ток крови поддерживается тремя способами:

- 1) **Сердце работает как насос:** желудочки генерируют давление, достаточно большое для того, чтобы направить кровь в капилляры через артерии.
- 2) **Сокращение скелетной мускулатуры:** сокращение мышц во время двигательной активности сдавливает и расслабляет тонкие стенки вен, вызывая изменение давления внутри них. Клапаны вен обеспечивают направление тока крови к сердцу.
- 3) **Дыхательные движения:** при вдохе снижение давления в грудной клетке, вызываемое движением диафрагмы и ребер, помогает направлять ток крови к сердцу.

Клетки крови различаются по своей структуре и функциям.



Эритроциты (красные кровяные клетки) – самые многочисленные из клеток крови. В 1 мм³ крови взрослого содержится около 5 000 000 эритроцитов. Они переносят O₂ и CO₂, а также придают крови буферные свойства. Красный цвет обеспечивается дыхательным пигментом гемоглобином. «Улаковка» гемоглобина в клетки позволяет поддерживать вязкость крови на низком уровне и предотвращает резкое снижение ее водного потенциала. Время жизни эритроцитов составляет 90–120 дней, затем они разрушаются в селезенке.

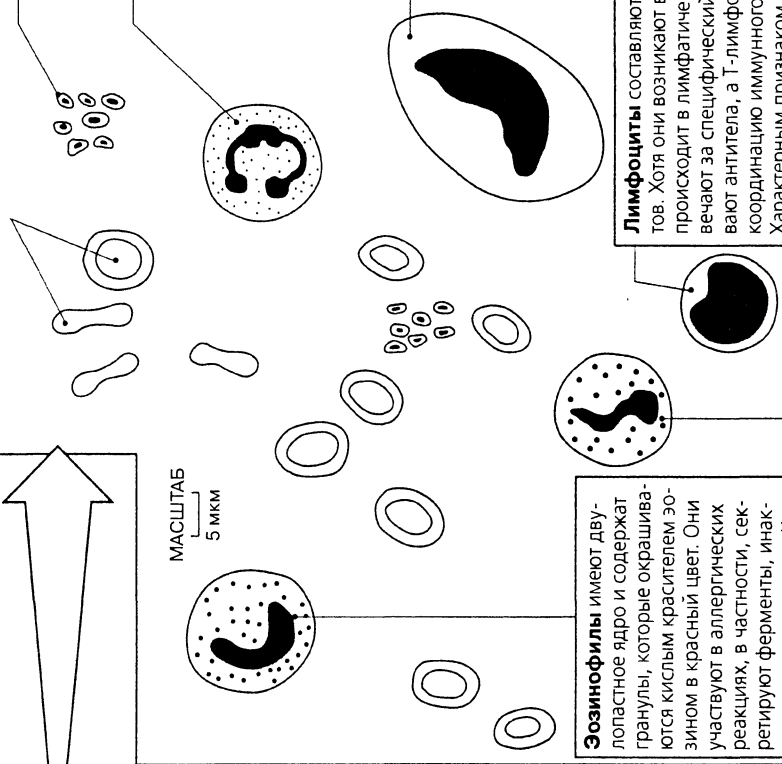
Тромбоциты (красные пластинки) – это фрагменты клеток, участвующие в свертывании крови (при их разрушении высвобождается тромбопластин).

Нейтрофилы – самый многочисленный тип лейкоцитов (белых кровяных клеток). Они имеют очень короткий срок жизни (12–72 ч), содержат неокрашивающиеся гранулы и отвечают за фагоцитоз микроорганизмов. Нейтрофилы мигрируют из крови в ткани. Скорость их обновления составляет около 100 000 000 000 в день.

Моноциты – самые крупные из лейкоцитов. Они относятся к агранулоцитам (не содержат гранул в цитоплазме) и имеют крупное бобовидное ядро. Моноциты циркулируют в крови в течение 2–3 дней, а затем мигрируют в ткани, где превращаются в макрофаги.

Лимфоциты составляют около 30% от всех циркулирующих лейкоцитов. Хотя они возникают в костном мозге, их развитие и созревание происходит в лимфатических узлах, тимусе и селезенке. Лимфоциты отвечают за специфический иммунный ответ – В-лимфоциты вырабатывают антитела, а Т-лимфоциты выполняют целый ряд функций, включая координацию иммунного ответа и направленное уничтожение клеток. Характерным признаком лимфоцитов является выпуклое, густо окрашенное ядро, окруженное тонким ободком цитоплазмы.

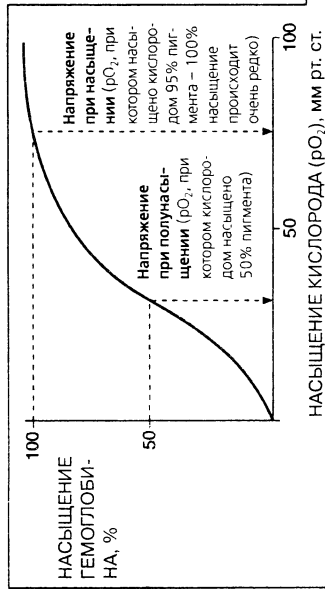
Базофилы имеют S-образное ядро и содержат гранулы, которые окрашиваются основными красителями в синий цвет. Они секретируют в больших количествах гистамин (усиливает воспалительные реакции) и гепарин (помогает сохранять баланс между свертыванием и несвертыванием крови).



Эозинофилы имеют двуполостное ядро и содержат гранулы, которые окрашиваются кислым красителем эозином в красный цвет. Они участвуют в аллергических реакциях, в частности, секретируют ферменты, ингибирующие гистамин. Количество эозинофилов возрастает при аллергическом состоянии или при заражении некоторыми паразитами (например, гельминтами и ленточными червями).

Кривая диссоциации оксигемоглобина

показывает взаимосвязь между насыщением гемоглобина кислородом (т.е. долей пигмента, находящейся в форме оксигемоглобина) и парциальным давлением кислорода в среде (pO_2 или напряжение кислорода).

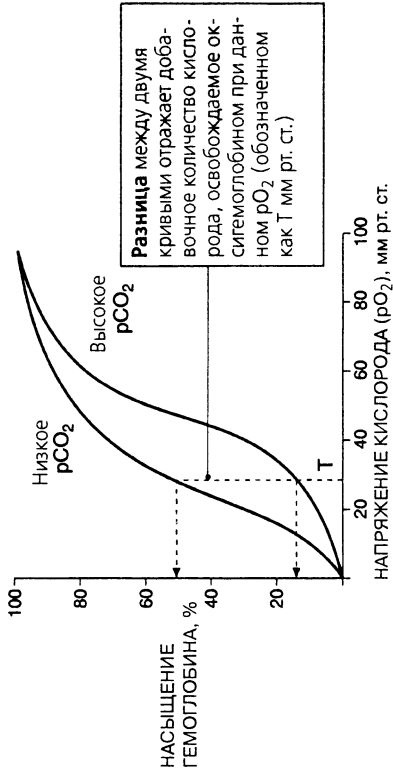


S-образная форма кривой имеет большое значение. Она означает, что при напряжении кислорода, типичном для капилляров, легочной вены, аорты и артерий кислород остается ассоциированным с гемоглобином; в то же время при напряжении кислорода, характерном для дышащих тканей, он очень быстро диссоциирует. В наиболее активно дышащих тканях (т.е. при низком напряжении кислорода) происходит практически полная диссоциация оксигемоглобина. Другими словами, степень диссоциации определяется потребностью тканей в кислороде.

Форма кривой диссоциации объясняется тем, что связывание кислорода с гемоглобином носит кооперативный характер: присоединение первой молекулы кислорода несколько изменяет форму молекулы гемоглобина, так что присоединение последующих молекул кислорода (со второй до четвертой) становится все более легким. Напротив, освобождение первой молекулы кислорода оксигемоглобином осуществляется значительно легче, чем освобождение последующих.

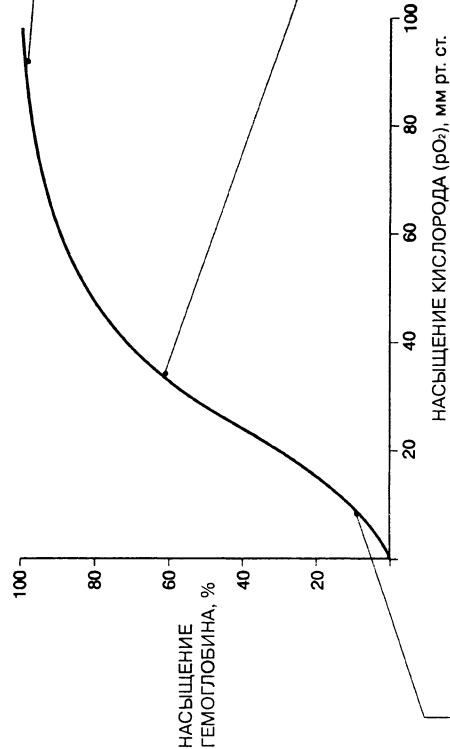
ЭФФЕКТ БОРА

Как было отмечено, диссоциация оксигемоглобина определяется потребностью тканей в кислороде, которая зависит от ряда физиологических условий. Например, при повышении напряжения диоксида углерода, а также при снижении pH, возрастании концентрации лактата и повышении температуры кривая сдвигается вправо и становится круче. Эти изменения являются следствием возрастания дыхательной активности ткани и обеспечивают более быстрое освобождение кислорода оксигемоглобином. Это явление называется эффектом Бора.



Аналогичный сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина **вправо** (т.е. в сторону усиления диссоциации) наблюдается при **снижении pH, возрастании концентрации лактата и повышении температуры**.

Гемоглобин и бисФГК: Бисфосфоглицериновая кислота обнаруживается в эритроцитах во время гликолиза и поэтому является удобным индикатором уровня метаболизма в клетках. Он обратимо связывается с гемоглобином и способствует освобождению кислорода оксигемоглобином.



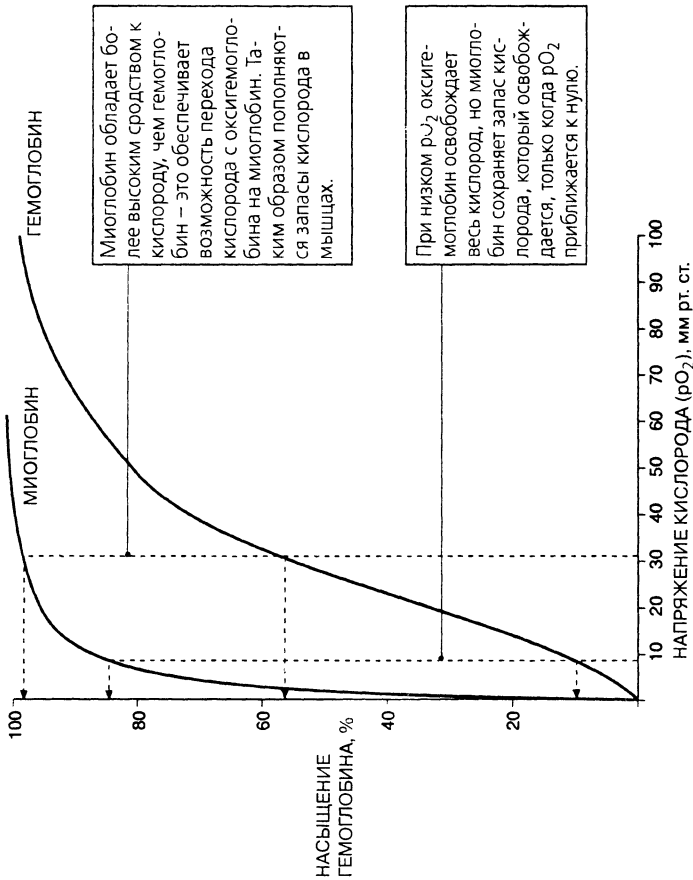
pO_2 , характерное для легких, легочных вен и артерий большого круга: гемоглобин насыщен кислородом; плоский участок кривой означает, что это насыщение сохраняется даже при небольшом снижении количества O_2 - оптимальные условия для транспорта кислорода.

Крутизна кривой отражает облегченные диссоциации оксигемоглобина (т.е. освобождение большого количества O_2) при снижении pO_2 до уровня, характерного для капилляров дышащих тканей.

pO_2 , характерное для дышащих тканей: оксигемоглобин диссоциирует практически полностью

МИОГЛОБИН, МЫШЦЫ И МАРАФОНЫ

Мышечная ткань млекопитающих содержит красный пигмент, называемый миоглобином. Его молекула сходна по структуре с субъединицей гемоглобина. Миоглобин также связывает кислород, однако его молекулы не способны к кооперативному связыванию, поскольку они не образуют тетрамера. В связи с этим кривая диссоциации оксимиоглобина имеет не сигмовидный, а гиперболический характер.

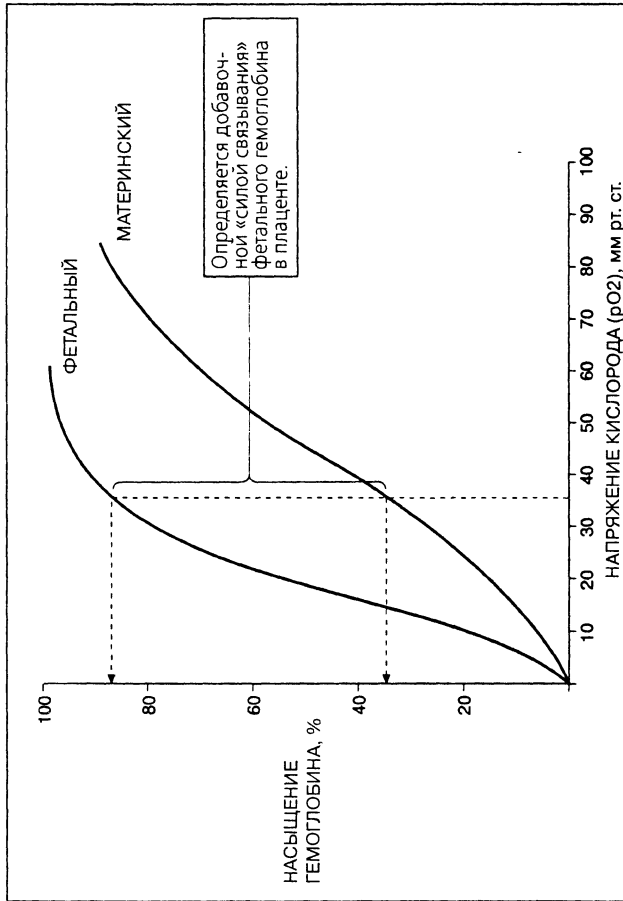


Значение этого состоит в том, что при любом парциальном давлении кислорода сродство к нему у миоглобина выше, чем у гемоглобина. Следовательно, при прохождении крови, содержащей оксигемоглобин, через мышечные ткани кислород переносится на миоглобин. Дальнейший анализ кривой диссоциации оксимиоглобина показывает, что миоглобин начинает освобождать кислород, только когда напряжение кислорода очень низко. Таким образом, миоглобин представляет собой кислородное депо мышцы.

Те мышцы, которые обладают высокой потребностью в кислороде (т.е. подвергаются большому нагружкам) или испытывают влияние низкого напряжения кислорода в циркулирующей крови, обычно имеют особенно большие запасы миоглобина и называются «красными» мышцами. Высокое содержание красных мышц особенно необходимо бегунам-марафонцам, когда их кровь сильно обедняется кислородом.

Миоглобин и фетальный гемоглобин

обладают молекулярными свойствами, способствующими переносу кислорода из циркулирующей крови в скелетные мышцы или в организм плода.

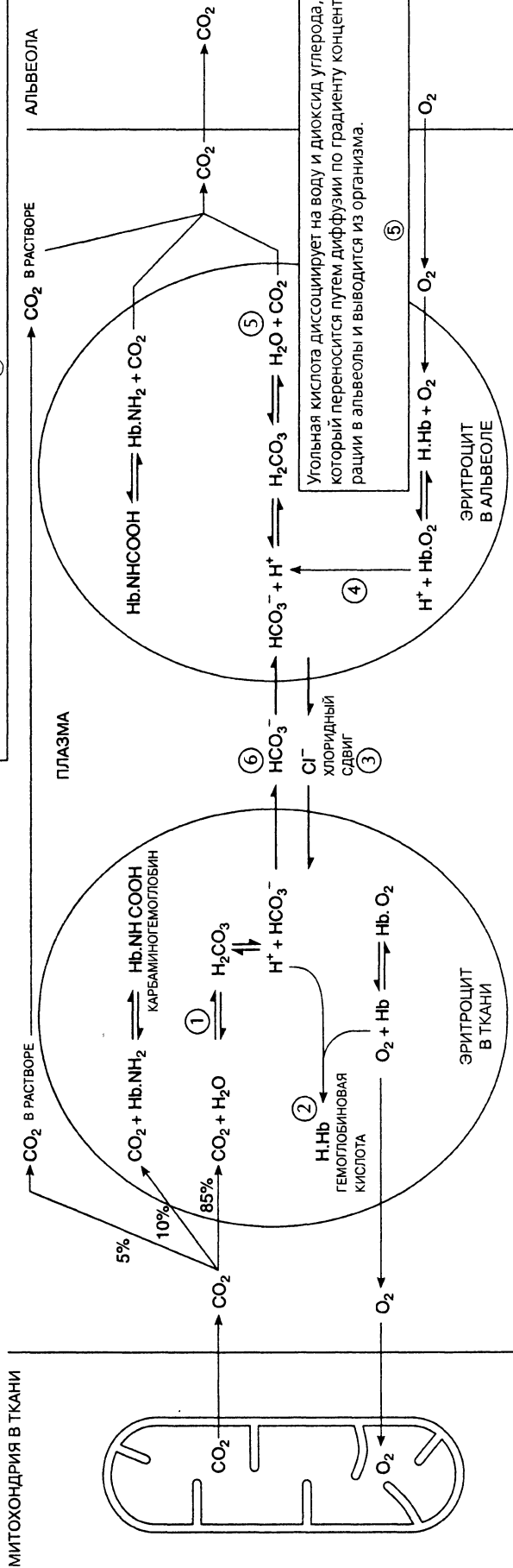


ФЕТАЛЬНЫЙ ГЕМОГЛОБИН У МЛЕКОПИТАЮЩИХ несколько отличается по структуре от материнского. В результате фетальная форма имеет большее сродство к кислороду, что позволяет ему легко перемещаться из материнской крови через плаценту к плоду. С приближением рождения фетальный гемоглобин постепенно замещается взрослой формой.

В ткани: углекислота (диоксид углерода), вырабатываемая в митохондриях, диффундирует из клеток в плазму крови и затем в эритроциты. Здесь она соединяется с водой, образуя при участии фермента карбоангидразы угольную кислоту, H_2CO_3 .

①

МИТОХОНДРИЯ В ТКАНИ



Реакция происходит быстро, поскольку равновесие нарушается быстрым удалением ионов водорода (H^+), которые ассоциируют с гемоглобином, образуя гемоглибиновую кислоту ($HbNH_2$). Акцептируя ионы водорода, гемоглобин действует как буфер – это обеспечивает перенос большого количества угольной кислоты без существенного изменения pH крови.

②

Транспорт углекислоты из тканей в легкие

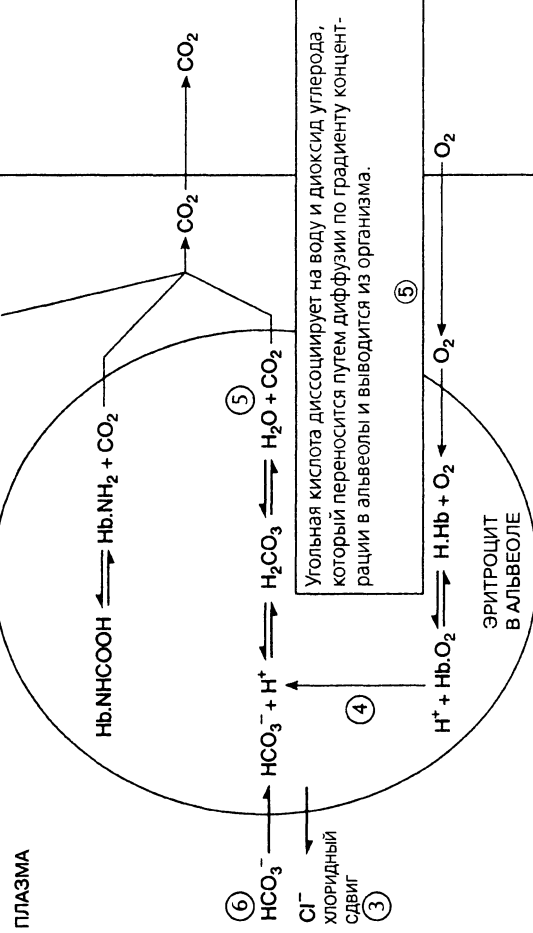
Эритроциты и гемоглобин играют важную роль в этом процессе, как и в транспорте кислорода.

Концентрация гидрокарбоната в эритроцитах падает, больше его ионов поступает из плазмы, и процесс продолжается – выделяется больше диоксида углерода. Нейтральный заряд эритроцита снова поддерживается с помощью хлоридного сдвига, однако на этот раз хлоридные ионы перемещаются в обратном направлении – из клетки в плазму.

③

ПЛАЗМА

АЛЬВЕОЛА



Угольная кислота диссоциирует на воду и диоксид углерода, который переносится путем диффузии по градиенту концентрации в альвеолы и выводится из организма.

④

В легких: происходит обратный процесс. В присутствии кислорода гемоглибиновая кислота диссоциирует и образуется оксигемоглобин (HbO_2). Высвобождающиеся ионы водорода соединяются с гидрокарбонатом в плазме, образуя угольную кислоту.

④

В результате этого процесса в эритроцитах возрастает концентрация гидрокарбоната, и его относительно заряженные ионы диффундируют по градиенту концентрации в плазму. При этом не происходит никакого перемещения положительных ионов, которое должно было бы поддерживать электрический баланс. Это связано с тем, что мембрана эритроцитов непроницаема для ионов натрия и калия. Такая ситуация потенциально опасна, так как положительно заряженные эритроциты не смогли бы выполнять свою функцию переносчиков кислорода. Однако в реальных условиях их нейтральность поддерживается с помощью перемещения хлоридных ионов из плазмы, компенсирующего выход ионов HCO_3^- . Это явление называется **хлоридным смещением**.

③

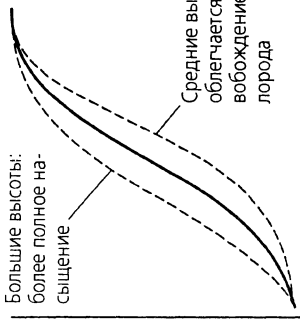
Жизнь на больших высотах

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ГИПОКСИИ (низкого напряжения кислорода)

Возрастает количество эритроцитов в крови: повышение содержания красных кровяных клеток на 20% не является необычным. Контроль над продукцией эритроцитов осуществляет **эритропоэтин**.

Возрастает концентрация гемоглобина в эритроцитах: сердечный выброс = частота сокращения x ударный объем. Возрастание сердечного выброса происходит за счет повышения **частоты сердцебиения**.

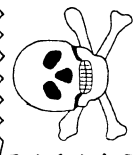
Изменение кривой диссоциации оксигемоглобина



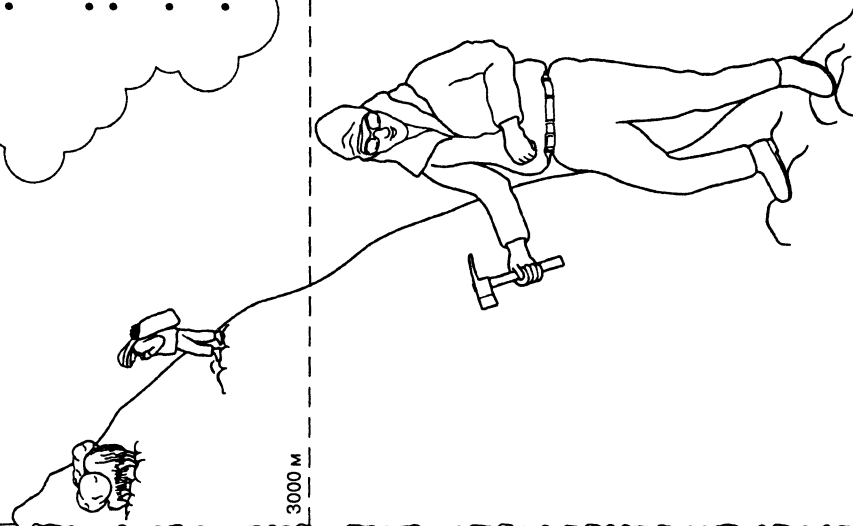
Гипервентиляция и усиление легочной диффузии:

обеспечивает поступление в кровь большего количества O_2 , а также снижает концентрацию CO_2 , которая может влиять на регуляцию дыхания.

Застаивание жидкости: сильная гипоксия → снижение секреции АДГ (антидиуретического гормона) → отеки



Отеки легких и мозга могут привести к смерти.



УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА БОЛЬШИХ ВЫСОТАХ

- **Кислород и гипоксия:** атмосферное давление понижается, следовательно падает напряжение кислорода (pO_2). (N.B. **процентное** содержание кислорода остается постоянным (около 21%), но его **концентрация** снижается).
- **Температура:** снижается примерно на $1^\circ C$ на каждые 150 м подъема.
- **Влажность:** снижается на большой высоте, поэтому легкие и кожа испаряют больше влаги.
- **Скорость ветра:** на большой высоте возрастает, приводя к увеличению потери тепла.
- **Солнечное излучение:** усиливается, может вызывать повреждение кожи и снежную слепоту (повреждение роговицы).

ГОРНАЯ БОЛЕЗНЬ

Ухудшается работа мозга: потеря концентрации, вялость.

Плохое снабжение мозга кислородом: головокружение, головные боли, нарушение сна.

Нарушение дыхания, кашель, боли в груди.

Сильное сердцебиение.

Расстройство желудка, рвота, потеря аппетита.

Нарушение мочеиспускания.

Мышечная слабость и плохая координация.

Отеки ног.

Бегуны на длинные дистанции тренируются на большой высоте для достижения лучших результатов

АККЛИМАТИЗАЦИЯ ИЛИ АДАПТАЦИЯ?

• Люди, оказывающиеся на большой высоте, проходят через акклиматизацию (повышение количества эритроцитов и т.д.).

• Постоянные обитатели высокогорья демонстрируют адаптацию к этим условиям.

Настоящая адаптация должна наследоваться – неясно, так ли это в данном случае. Можно утверждать, что приезжие никогда не достигают такой степени акклиматизации, как жители высокогорья.

Тканевая жидкость (интерстициальная или межклеточная жидкость) непосредственно окружает клетки и представляет собой «внутреннюю среду», описанную Клодом Бернаром в его определении гомеостаза.

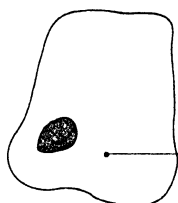
Белки плазмы не могут проникать через эндотелий капилляров и поэтому не переходят из плазмы в тканевую жидкость. Осмотический потенциал плазмы создается в основном за их счет.

Перемещение из тканевой жидкости в плазму
Вода
Диоксид углерода
Азотистые экскреты
Секретируемые вещества
(в том числе гормоны)

Стенка капилляра состоит из одного слоя клеток.

АРТЕРИАЛЬНЫЙ КОНЕЦ КАПИЛЛЯРА

ВЕНОЗНЫЙ КОНЕЦ КАПИЛЛЯРА



Живые клетки обмениваются веществами с кровью через тканевую жидкость.

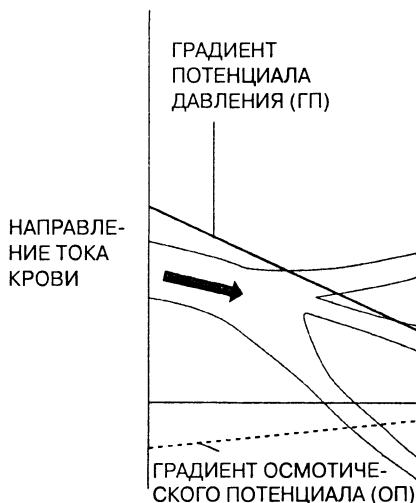
Перемещение из плазмы в тканевую жидкость
Вода
Кислород
Растворимые продукты пищеварения
Гормоны

СИЛЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЕ ТКАНЕВОЙ ЖИДКОСТИ И ЕЕ ВОЗВРАЩЕНИЕ В КРОВЯНОЕ РУСЛО

Потенциал давления (гидростатический потенциал – ГП) – это давление, оказываемое на жидкость ее окружением, например, путем *насосного действия сердца* и *эластического сопротивления артерий*.

Суммарная сила, направляющая движение жидкости в любой точке = градиент потенциала давления – градиент потенциала растворенных веществ

Потенциал растворенного вещества (осмотический потенциал – ОП) – это сила притяжения растворенных веществ, в частности *ионов* и *белков плазмы*, к молекулам воды.



Венозный конец капилляров: градиент ГП падает по мере удаления от сердца и уменьшения объема жидкости в сосудах. Высокая концентрация белков плазмы означает, что кровь обладает высоким осмотическим потенциалом.

$$\text{ГРАДИЕНТ ОП} > \text{ГРАДИЕНТ ГП}$$

В результате вода движется из тканей в плазму.

Низкая концентрация растворенных веществ в крови (например, при голодании) снижает градиент ОП, таким образом, жидкость стремится остаться в тканях. В результате развивается **отек** – набухание тканей.

Артериальный конец капилляров: создается высокий градиент ГП между плазмой и тканевой жидкостью за счет насосного действия сердца и упругости стенок артерий.

$$\text{ГРАДИЕНТ ГП} > \text{ГРАДИЕНТ ОП}$$

В результате вода движется из плазмы в тканевую жидкость.

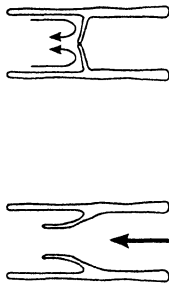
В большинстве капилляров суммарный ток жидкости направлен из крови в тканевую жидкость. Это связано с образованием градиентов гидростатического и осмотического потенциала между плазмой крови и тканевой жидкостью. Поскольку ГП снижается по мере прохождения крови через капилляры, а ОП остается постоянной величиной, на конце с высоким давлением вода стремится покинуть капилляры, а на конце с низким давлением – стремится попасть в капилляры. Остальная часть воды поступает в сосуды лимфатической системы.

Сердце млекопитающих: структура и функции

Легочный (полулунный) клапан:

состоит из трех соединительнотканых карманов, которые смыкаются, когда давление в легочной артерии выше, чем в правом желудочке. Таким образом, предотвращается обратный ток крови в сердце.

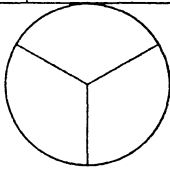
$P_{\text{в желудочке}} > P_{\text{в артерии}}$



$P_{\text{в желудочке}} < P_{\text{в артерии}}$

Трехстворчатый (правый атриовентрикулярный) клапан:

состоит из трех створок с заостренными концами, направленными в сторону желудочка. Когда давление в желудочке выше, чем в предсердии, створки смыкаются, и кровь проходит мимо внутреннего края клапана в легочную артерию, не попадая обратно в предсердие.



Передняя (верхняя) полая вена: приносит дезоксигенированную кровь в правое предсердие. Как и другие вены, имеет тонкие стенки с небольшим количеством эластических волокон и гладких мышц. В отличие от вен, несущих кровь из нижней части тела, не имеет клапанов, так как ток крови обеспечивается гравитацией.

Контроль сердцебиения

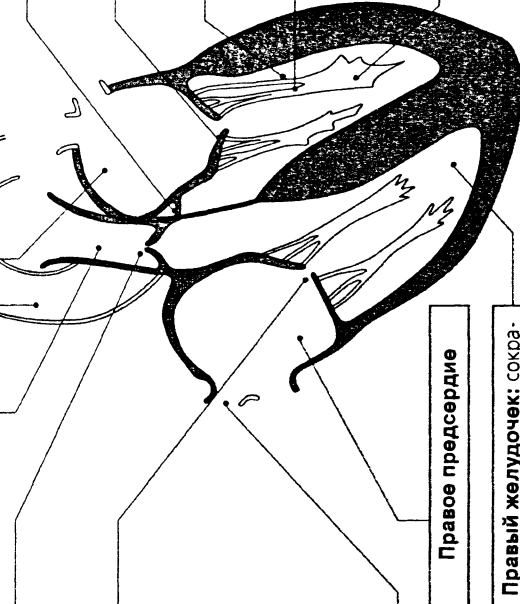
1. Сокращение инициируется **синавтриальным узлом** (особый участок стенки правого предсердия).
 2. **Собственный** ритм сокращений сердца составляет около 78 ударов в минуту.
 3. **Внешние** факторы, изменяющие частоту сердцебиения:
 - а) **блуждающий** (парасимпатический) нерв замедляет сердечный ритм;
 - б) **симпатический нерв** ускоряет сердечный ритм;
 - в) **адреналин** и **тироксин** увеличивают частоту сокращений.
- Вагусный тон** (сердечный ритм в состоянии покоя) составляет 70 ударов в минуту.

Такие лекарственные препараты, как **бета-блокаторы**, предотвращают связывание адреналина с **бета-рецепторами**; они могут предписываться для контроля сердцебиения в стрессовых ситуациях, например, во время экзаменов.

Аорта: переносит оксигенированную кровь из левого желудочка в системный круг. Это крупная артерия с толстыми стенками, содержащими больше эластичных волокон, чем мускулатуры. Это позволяет регулировать просвет аорты в зависимости от фазы сердечного цикла – когда желудочки сокращаются, артерия расширяется, а когда они расслабляются, стенки артерии сокращаются, проталкивая кровь вперед.

Легочные артерии

Левое предсердие



Правое предсердие

Правый желудочек: сокращаясь, выталкивает дезоксигенированную кровь в легочный круг.

Миокард образован сердечной мускулатурой. Мышечные волокна разделены вставочными дисками, укрепляющими мышечную ткань и участвующими в проведении нервного импульса; анастомозы между волокнами способствуют быстрому распространению импульса по всему миокарду; многочисленные митохондрии обеспечивают аэробное дыхание. Сердечная мышца обладает митогенной способностью (т.е. может генерировать возбуждающий импульс). Кроме того, для нее характерен длинный рефракторный период (интервал между двумя эффективными возбуждающими импульсами), что позволяет ей не испытывать утомления.

Давление, создающееся в левом желудочке, выше, чем в правом, поскольку он снабжает кровью системный круг (т.е. все тело).
В предсердиях создается более низкое давление, чем в желудочках, так как расстояние от предсердий до желудочков меньше, чем от желудочков до сосудов.

Объем: через обе половины сердца проходит равный объем крови, таким образом, объемы циркулирующей крови в большом и малом кругах равны.

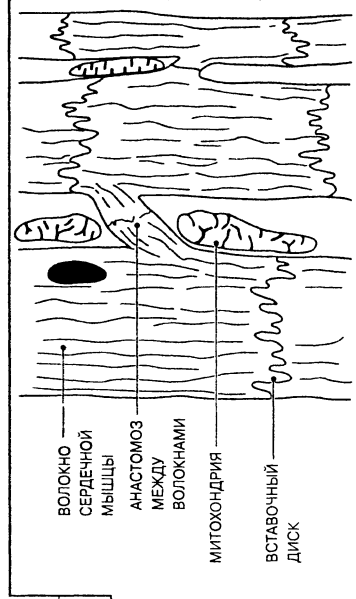
Полулунный клапан аорты: предотвращает обратный ток крови из аорты в левый желудочек.

Двустворчатый (левый атриовентрикулярный) клапан: обеспечивает ток крови из левого желудочка в дугу аорты.

Левый желудочек: сокращаясь, выталкивает кровь в системный круг.

Сухожильные нити: короткие нерастяжимые волокна, состоящие главным образом из коллагена, прикрепляются к атриовентрикулярным клапанам со стороны желудочков и предотвращают выворачивание клапанов при сокращении желудочков.

Папиллярные мышцы: сокращаются в момент распространения возбуждающего импульса по миокарду желудочков (т.е. чуть раньше, чем сами желудочки), натягивая сухожильные нити.



ВОЛОКНО
СЕРДЕЧНОЙ
МЫШЦЫ
АНАСТОМОЗ
МЕЖДУ
ВОЛОКНАМИ
МИТОХОНДРИЯ
ВСТАВОЧНЫЙ
ДИСК

Прохождение крови через сердце контролируется двумя механизмами: открыванием и закрыванием клапанов и сокращением и расслаблением миокарда. Оба процесса не нуждаются в непосредственной стимуляции нервной системой; состояние клапанов зависит от изменений давления в данной камере сердца, а сокращение сердечной мышцы стимулируется ее собственной проводящей системой.

Импульс, распространяющийся проводящей системой по всему сердцу, создает электрические токи, записи которых составляют **электрокардиограмму (ЭКГ)**.

QRS-волна соответствует **деполяризации желудочков**; она настолько сильна, что перекрывает реполяризацию предсердий.

P-волна соответствует **деполяризации предсердий**, т.е. распространению возбуждения от синоатриального узла по обоим предсердиям. Она слабее, чем QRS-волна, поскольку предсердия менее массивны, чем желудочки.

Когда давление в желудочках становится выше, чем в предсердиях, **полулунные клапаны** открываются, пропуская кровь из желудочков в артерии.

Сокращение желудочков, не сопровождающееся их опустошением (заметьте, что объем желудочков не уменьшается), вызывает в них резкий подъем давления.

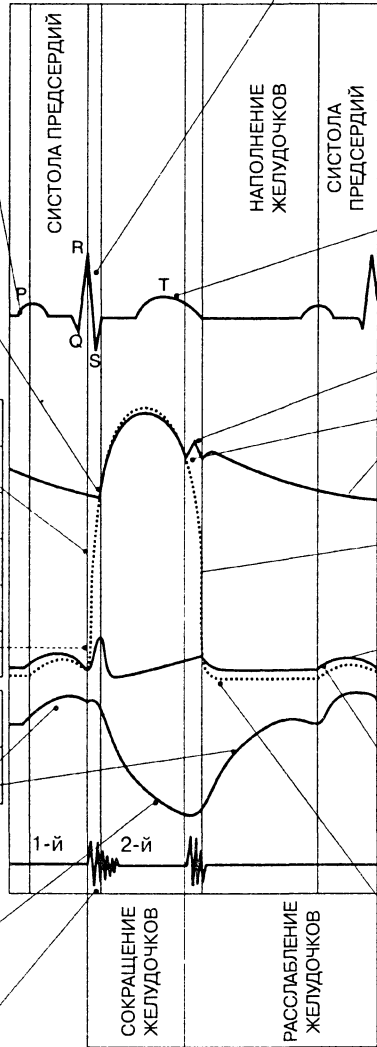
ДАВЛЕНИЕ (мм рт. ст.)

Вследствие того, что давление в желудочках выше, чем в предсердиях, **двустворчатый и трехстворчатый клапаны** закрываются, предотвращая обратный ток крови в предсердия.

ОБЪЕМ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА (см³)

Объем желудочков возрастает по мере поступления крови из предсердий (пассивно и за счет сокращения предсердий).

Объем желудочков снижается за счет их сокращения, и полулунные клапаны открываются, пропуская кровь в артерии.



T-волна отражает **реполяризацию желудочков** (начало диастолы).

Зубец отражает небольшое повышение давления, происходящее при закрывании полулунных клапанов за счет сопротивления стенок артерий.

Когда давление в желудочках становится ниже, чем в артериях, **полулунные клапаны** смыкаются, предотвращая обратный ток крови из артерий в желудочки.

Артериальное давление

Давление в левом желудочке

Давление в левом предсердии

По мере того, как желудочки расслабляются (т.е. кровь перестает поступать в артерии) и ток крови направляется в системный и легочный круги, кровяное давление в артериях снижается.

Около 70% крови перемещается из предсердий в желудочки пассивным образом. Для того, чтобы вытолкнуть оставшиеся 30%, необходим подъем давления во время систолы предсердий.

Тоны сердца возникают в результате ударов потока крови о закрытые клапаны. Первый тон («лаб») вызывается закрытием атриовентрикулярных клапанов вскоре после начала систолы желудочков; второй тон («дап») – закрытием полулунных клапанов после окончания систолы желудочков. Пауза между вторым и первым тонами следующего цикла примерно в два раза больше, чем между двумя тонами одного цикла. Поэтому полный сердечный цикл звучит как «лаб, дап, пауза; лаб, дап, пауза; лаб, дап, пауза».

В то время как давление в предсердиях растет за счет их наполнения, давление в желудочках падает вследствие расслабления мышц. Когда давление в желудочках становится ниже давления в предсердиях, **двустворчатый и трехстворчатый клапаны** открываются, позволяя крови поступать (вначале пассивно) из предсердий в желудочки.

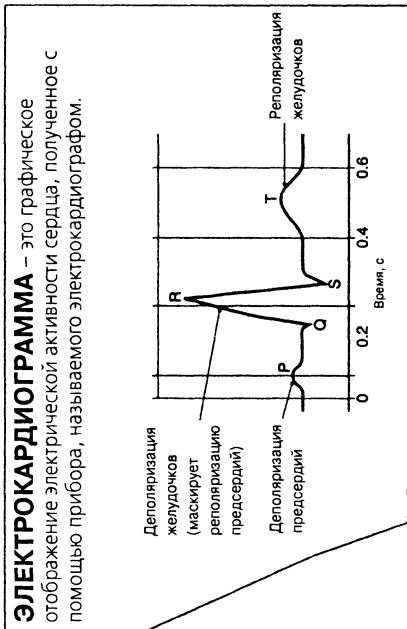
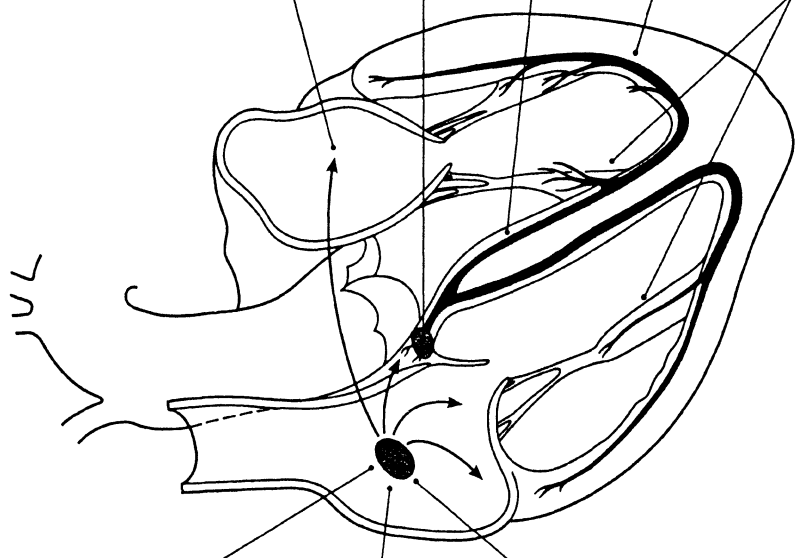
Ток крови направлен из области с высоким давлением в область с более низким. Диаграмма отражает изменения давления при сокращении левой половины сердца; в правой половине происходят те же процессы, хотя давление в ней ниже.

Регуляция сердечного ритма

ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА может влиять на длительность сердечного цикла (сокращения). Волокна **блуждающего нерва (парасимпатического)** подходят к синоатриальному (с.-а.) узлу, и поступающие по ним импульсы снижают частоту сердечных сокращений; в то же время волокна **сердечного нерва (симпатического)** передают импульсы, ускоряющие сердцебиение. Типичная частота сокращений в покое (70 ударов в минуту) называется **вагусным тоном** (доминирует активность блуждающего нерва).

ГОРМОНЫ, например, тироксин и адреналин, могут повышать частоту сокращений, инициируемых с.-а. узлом. Такие **лекарства**, как **бета-блокаторы**, препятствуют связыванию адреналина с **β-рецепторами** и, соответственно, могут применяться для контроля сердцебиения в стрессовой ситуации, например, во время экзаменов.

СИНОАТРИАЛЬНЫЙ УЗЕЛ: клетки этого участка миокарда правого предсердия имеют **миогенную природу** – они могут самостоятельно генерировать ритмичные импульсы. Мембраны клеток с.-а. узла обладают повышенной проницаемостью для ионов Na^+ и легче деполяризируются. Деполяризацию индуцирует растяжение клеток вследствие притока крови из системного круга через полую вену. Частота деполяризации и реполяризации, присущая клеткам с.-а. узла, составляет около 78 циклов в минуту – это больше, чем у всех остальных клеток миокарда. В результате синоатриальный узел задает темп сокращения всему сердцу, т.е. является пейсмейкером.



Волна возбуждения распространяется из с.-а. узла через оба предсердия, вызывая их синхронное сокращение и деполяризацию с.-а. узла.

Атриовентрикулярный узел несколько задерживает распространение волны деполяризации, т.к. для сокращения более массивных желудочков деполяризация должна быть более сильной.

Атриовентрикулярный пучок (пучок Гиса) передает волну деполяризации через межжелудочковую перегородку по направлению к верхушке сердца.

Волокна Пуркинье – проводящая система, распределяющая потенциал действия по всему миокарду.

Папиллярные мышцы сокращаются во время систолы желудочков, натягивая сухожильные волокна; таким образом предотвращается обратный ток крови в предсердия.

Краткое изложение
Ритмическое сокращение сердца контролируется как **внутренними** (самовозбуждение с.-а. узла), так и **внешними** (вегетативная нервная система и гормоны) механизмами.

Заболевания сердца

поражают 1 из 4 человек в возрасте от 30 до 60 лет.

Факторы высокого риска:

1. Высокий уровень холестерина в крови
2. Курение
3. Лишний вес
4. Стресс
5. Отсутствие регулярной физической нагрузки

Врожденные аномалии:

Сужение аорты – один из сегментов аорты оказывается слишком узким, в результате чего ухудшается кровоснабжение организма оксигенированной кровью.

Артериальный (боталлов) проток должен закрыться при рождении; если этого не происходит, сохраняется сообщение между аортой и легочной артерией. В результате снижается объем крови, поступающей в **системный** круг, и перегружается **легочный** круг кровообращения. Дефект перегородки чаще всего возникает вследствие неполного закрытия овального отверстия при рождении, что позволяет крови попадать из одного предсердия в другое. При этом уменьшается объем оксигенированной крови, или (что более опасно) поднимается правостороннее кровяное давление.

Ревматический полиартрит (в настоящее время встречается редко) – аутоиммунное заболевание, развивающееся через 2–4 недели после заражения *Streptococcus pyogenes* (инфицирует глотку). Антитела, вырабатываемые в ответ на инфекцию, неустойчивым пока способом повреждают сердце.

Эффекты:

1. развитие фиброзных узелков на митральных клапанах и клапанах аорты (изредка на трехстворчатом и легочных клапанах);
2. фиброзные изменения соединительной ткани миокарда;
3. накопление жидкости в перикардиальной полости – в тяжелых случаях полость заполняется жидкостью, что сильно затрудняет расширение сердца во время диастолы.

Перикардит и миокардит – воспалительные заболевания перикарда или миокарда. Воспаление может быть результатом бактериальной инфекции (например, после удаления зуба или респираторного заболевания) или подавления иммунитета, вызванного воздействием химиотерапии или радиотерапии.

Повреждение клапанов:

стеноз (сужение) развивается в результате фиброза клапана, которому предшествует воспаление. **Недостаточность клапанов** – это функциональный дефект, причиной которого является неспособность клапана полностью закрываться. В результате при расслаблении желудочка кровь возвращается в него из сосудов.

Ишемическая болезнь

сердца характеризуется сужением или перекрытием одного или нескольких ветвей коронарных артерий. Причиной является появление атероматозных бляшек, которое может сопровождаться тромбозом.

Стенокардия

– заболевание, при котором физическая нагрузка вызывает сильную ишемическую боль. В состоянии покоя и при умеренных нагрузках суженный сосуд способен обеспечить сердечную мышцу достаточным количеством кислорода и питательных веществ; однако при большой физической нагрузке он не способен расширяться, чтобы пропускать возрастающий объем крови. Лечение включает комбинацию анальгетиков (обезболивающих) с сосудорасширяющими средствами.

Инфаркт миокарда означает отмирание участка ткани в результате нарушения кровоснабжения. Погибшая мышца замещается несократимой тканью, в результате сердце теряет часть своей рабочей мощности. При **ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА** происходит множество микроинфарктов, постепенно ослабляющих миокард. В случае **ОСТРОЙ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА** перекрытие крупной артерии приводит к поражению большого участка миокарда. Это может привести к смерти, поскольку:

- 1) развивается острая сердечная недостаточность;
- 2) нарушение проводящей системы приводит к сильной аритмии;
- 3) часто в первые две недели после инфаркта происходит разрыв стенки желудочка.

Недавние исследования показали, что наибольшее повреждение ткани происходит не при **прерывании** кровотока, а при его **восстановлении**. Когда ток крови приостановлен, в пораженной ткани выделяется фермент КСАНТОКСИДАЗА; после восстановления кровотока он реагирует с кислородом, содержащимся в крови, образуя **СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ КИСЛОРОДА**. Эти радикалы наносят существенный вред ткани, окисляя белки. Для предотвращения образования свободных радикалов используют такие препараты, как СУПЕРОКСИД-ДИСМУТАЗА и АЛЛОПУРИНОЛ.

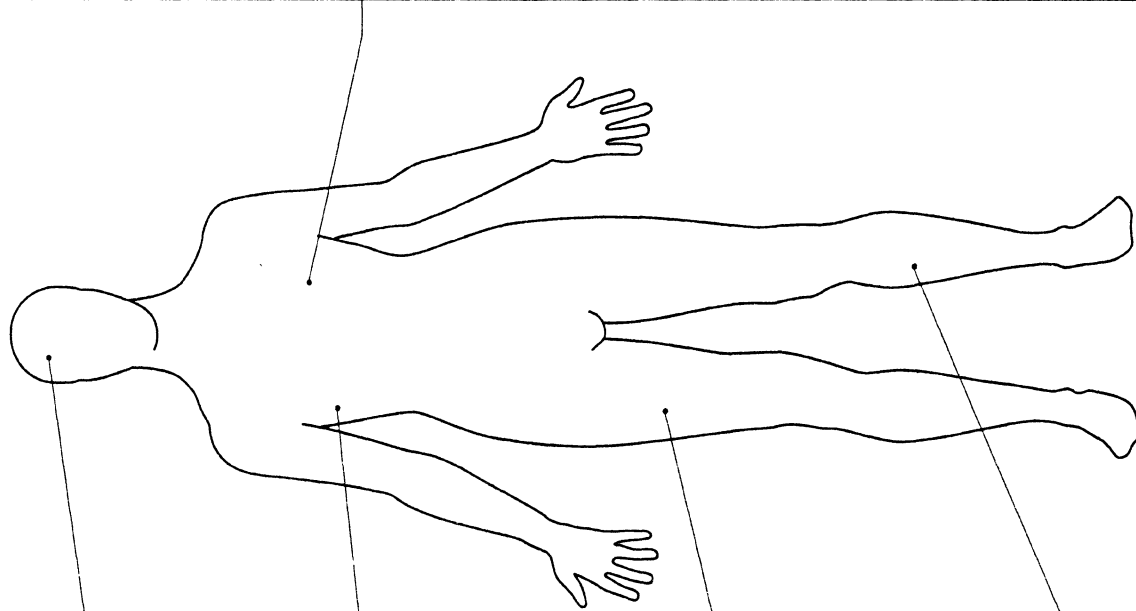
Нарушения кровообращения

Аневризма – это тонкий ослабленный участок стенки артерии или вены, выпячивающийся наподобие воздушного шарика. Аневризмы могут быть врожденными или возникать вследствие атеросклероза, сифилиса или травмы. Сосуд может стать настолько тонким, что лопается – в результате возникает массивное кровотечение, боль и серьезное повреждение тканей. Непрорвавшиеся аневризмы оказывают давление на соседние ткани, например, аневризма аорты может сдавливать пищевод, затрудняя глотание.

Гипертония (высокое кровяное давление) – самое распространенное нарушение кровообращения. Нормальное кровяное давление составляет 120/80, величина более 140/90 означает гипертонию, а 160/95 считается опасным. Неконтролируемая гипертония может приводить к нарушениям в работе сердца (увеличивается его размер и возрастает потребность в кислороде), мозга (инсульт – повреждение мозговых артерий) и почек (артериолы клубочков сужаются и переносят меньше крови). Лечение включает снижение веса у тучных пациентов, ограничение поступления Na^{+} , увеличение поступления Ca^{2+}/K^{+} и отказ от курения. Широко используются сосудорасширяющие средства, бета-блокаторы и диуретики.

Варикоз – вены расширяются до такой степени, что клапаны не могут сомкнуться и перекрывать обратный ток крови. Вены теряют эластичность и переполняются. Факторы predisposing: женности: возраст, наследственность, тучность, сдавливание вен соседними структурами. Обычные места развития варикоза: ноги (где плохая циркуляция может привести к венозному или появлению язв на коже, не обеспеченной питательными веществами), ректально-анальное соединение (геморрой) может сопровождаться кровотечением и небольшой анемией), пищевод (вызывается циррозом печени или правосторонней сердечной недостаточностью – может привести к кровотечению и смерти) и семенной канатик (уменьшается сперматогенез).

Эмболия – это блокирование кровеносного сосуда какой-либо массой материала (эмболом), например, ступком крови, фрагментом кости или пузырьком воздуха. Эмболия может возникать в коронарных сосудах, легких или печени, приводя к нарушению кровоснабжения и, иногда, к смерти.

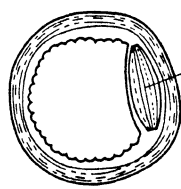


Атеросклероз – это процесс откладывания жиров на стенках артерий, развивающийся в ответ на определенные стимулы. Одна из возможных последовательностей событий:

СО, выделяющийся при курении, и/или гипертония, и/или высокий уровень холестерина → повреждение эндотелия артерий → внедрение моноцитов в артериальную стенку

гладкомышечные клетки + макрофаги забирают холестерол из липопротеинов с низкой плотностью → атерома или бляшка

поперечный срез артерии

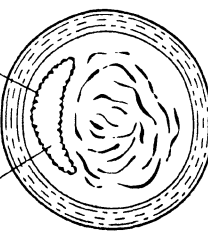


АТЕРОМА ИЛИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКАЯ БЛЯШКА

поврежденная поверхность индуцирует выделение тромбocyтами фактора роста (стимулирует деление клеток соединительной ткани)

суженный просвет поврежденный эндотелий

вытеснение гладкомышечных клеток

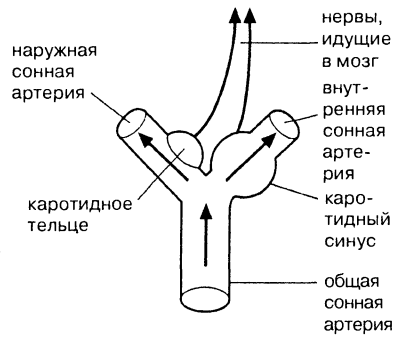


утолщение бляшки (часто укрепляется отложением Ca^{2+})

Сужение артерии может вызвать **ишемию** – боль в сердечной мышце связана с **развитием стенокардии**, а в нижних конечностях – с **перемежающейся хромотой**.

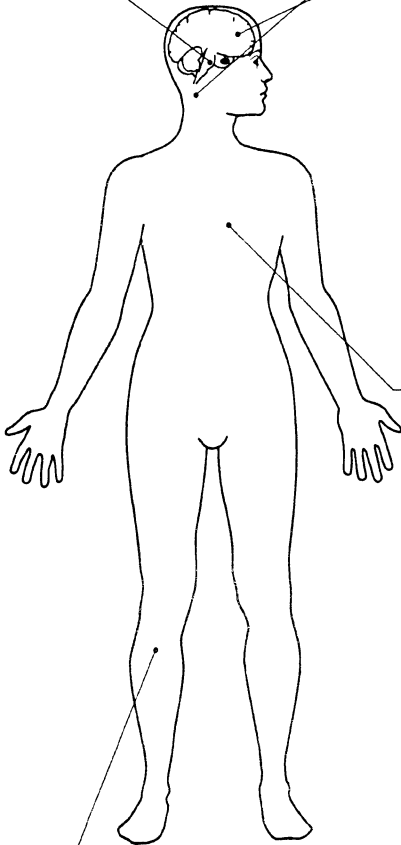
Вазомоторный центр является **интегратором** в цепочке, контролирующей кровообращение. Он находится в **мозговом веществе, получает импульсы** от коры мозга и барорецепторов и **посылает сигналы** в сердце, прекапиллярные сфинктеры и железы, вырабатывающие адреналин.

Изменения кровяного давления: в основании *внутренней сонной артерии* имеется вздутие – каротидный синус, содержащий рецепторы растяжения. Подъем кровяного давления стимулирует эти рецепторы, импульсы от которых поступают в сердечно-сосудистый центр головного мозга. В ответ из мозга к сердцу и периферическим артериолам посылаются двигательные импульсы, приводящие к снижению частоты сокращений сердца и расширению сосудов. В результате кровяное давление снижается.



В головном мозге располагаются и другие центры, влияющие на кровообращение. В моменты возбуждения (например, ожидание экзамена) или потрясения (получение результатов экзамена) из коры головного мозга поступают импульсы в железы, вырабатывающие адреналин. В результате этот гормон выбрасывается в кровяное русло и вызывает повышение частоты сердечных сокращений и сужение периферических альвеол. Сходный эффект, повышающий кровяное давление, вызывается стимуляцией сердечно-сосудистого центра. Несмотря на схожесть эффектов, в работе нервной и гормональной систем регуляции есть важное различие. Нервная система (сердечно-сосудистый центр) приспособливает организм к **уже произошедшим** изменениям. Гормональная система (кора мозга/адреналин) приспособливает организм к изменениям, **которые должны произойти**, т.е. осуществляет подготовку к действиям на случай возможной опасности.

Изменение сердечного выброса: секреция адреналина и активность симпатической нервной системы повышают объем сердечного выброса. Это достигается за счет одновременного увеличения частоты сердечных сокращений и ударного объема.



Система кровообращения в действии:

приспособление к физической нагрузке

Система циркуляции должна отвечать меняющимся потребностям тканей, которые она снабжает кровью. При этом она действует не изолированно, и изменения в циркуляции часто сопровождаются регулировкой дыхания и тонуса мышц.

Ответ на физическую нагрузку включает:

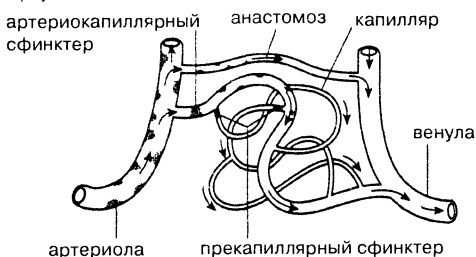
1. Изменение объема сердечного выброса
2. Изменение распределения крови
3. Изменение кровяного давления
4. Изменение газообмена

Типичный механизм поддержания гомеостаза



ВОЗВРАЩЕНИЕ К НОРМЕ

Изменения в распределении крови: адреналин и симпатическая нервная система воздействуют на гладкомышечные волокна в стенках артерий. В результате кровеносные сосуды в коже и органах брюшной полости сужаются, при этом кровь, обычно «хранящаяся» в этих органах, выводится в активную циркуляцию. В то же время путем расширения сосудов достигается усиление кровотока через коронарные сосуды и скелетную мускулатуру. Если бы все сосуды одновременно находились в расширенном состоянии, всего объема крови в системе циркуляции не хватило бы для их наполнения.



Местный контроль кровотока

Существует также локальный контроль тока и распределения крови. Он осуществляется сфинктерами, расположенными на входе в капилляры и в артерио-венозных шунтах, и обладающими чувствительностью к концентрации CO_2 и лактата. Во время физической нагрузки возрастание содержания этих веществ вызывает расслабление капилляров в мышцах. В результате через мышцы проходит больше крови, удаляющей эти продукты. Когда их уровень возвращается к нормальному, сфинктеры снова сокращаются.

Капилляры реагируют также на изменение температуры тела. Когда работающая скелетная мышца генерирует тепло, капилляры расширяются, позволяя «нагретой» крови быстрее перемещаться к поверхности тела.

Лимфатическая система

Миндалины – это агрегаты лимфатических узлов, окруженные слизистой мембраной. К ним относятся два парных образования – *небные* и *язычные* миндалины – и непарная *глочная миндалина (аденоид)*. Вместе они образуют кольцо в области соединения ротовой полости с глоткой. Миндалины содержат фагоциты и лимфоциты, защищающие организм от проникновения инородных веществ через рот.

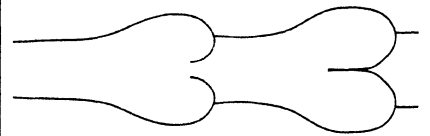
Правый лимфатический проток собирает лимфатическую жидкость с правой стороны головы и туловища и от правой руки и выводит ее в системный круг кровообращения в месте соединения правой подключичной и правой яремной вен.

Подмышечные узлы

Тимус – это парная железа, наиболее развитая у детей. Он играет важную роль в обеспечении иммунного ответа: здесь образуются Т-лимфоциты, выполняющие ряд функций в иммунной системе.

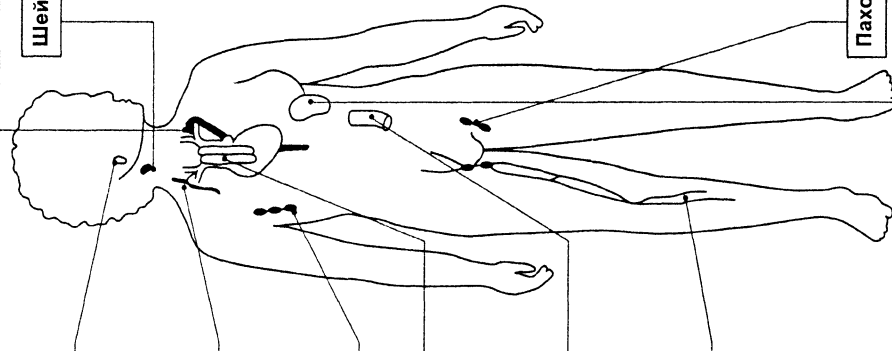
Пейеровы бляшки – это агрегаты лимфоузлов в стенках подвздошной кишки. Это расположение идеально подходит для обеспечения защиты от проникновения патогенов или токсинов из содержимого кишечника.

Лимфатические сосуды формируют систему для возврата лимфатической жидкости в кровяное русло. Поскольку в системе поддерживается низкое давление, для обеспечения тока жидкости в одном направлении (к сердцу) вполне достаточно полуплунных клапанов.



Грудной проток собирает лимфатическую жидкость от всех остальных участков тела и возвращает ее в кровеносную систему в месте соединения левой яремной и левой подключичной вен.

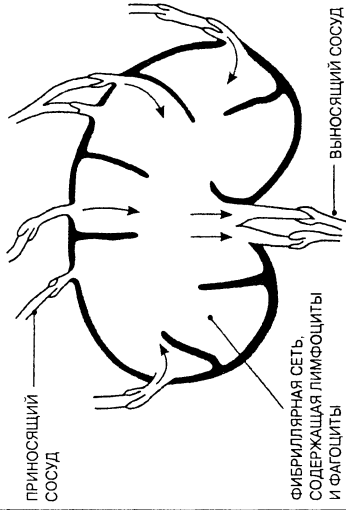
Шейные узлы



Паховые узлы

Селезенка содержит самую большую массу лимфоидной ткани в организме. Ее роль состоит в фильтрации **крови** (а не лимфы, как у остальных лимфатических узлов). В случае обнаружения патогенов лимфоциты способны начать выработку соответствующих антител. Другие функции селезенки – фагоцитоз бактерий и «изношенных» эритроцитов, хранение запаса крови и производство эритроцитов в эмбриональном периоде.

Лимфатические узлы располагаются вдоль лимфатических сосудов, чаще всего группами, некоторые из них находятся вблизи поверхности (они легко обнаруживаются во время развития инфекции), другие – более глубоко. По мере прохождения лимфы через лимфоузлы содержащиеся в ней инородные субстанции задерживаются фибриллярной сетью и затем фагоцитируются макрофагами или разрушаются с участием Т-клеток. Лимфатические узлы содержат также В-лимфоциты, которые могут вырабатывать антитела или же перемещаться в другие части организма с током крови.

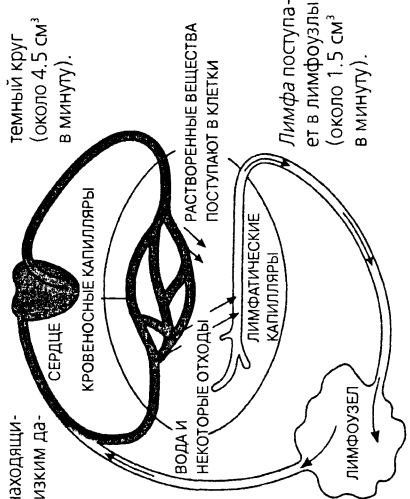


принносящий сосуд
ФИБРИЛЛЯРНАЯ СЕТЬ, СОДЕРЖАЩАЯ ЛИМФОЦИТЫ И ФАГОЦИТЫ
ВЫНОСЯЩИЙ СОСУД

Взаимосвязь между лимфатической и кровеносной системами

Лимфа возвращается в кровеносные сосуды, находящиеся под низким давлением.

Кровь направляется в системный круг (около 4,5 см³ в минуту).



Лимфа поступает в лимфоузлы (около 1,5 см³ в минуту).

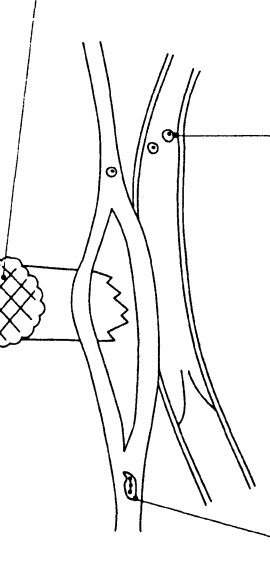
В лимфоузлах фагоциты удаляют **токсины**, а **В-лимфоциты** секретируют антитела.

Защитные системы организма

предотвращают инфицирование и развитие болезни.

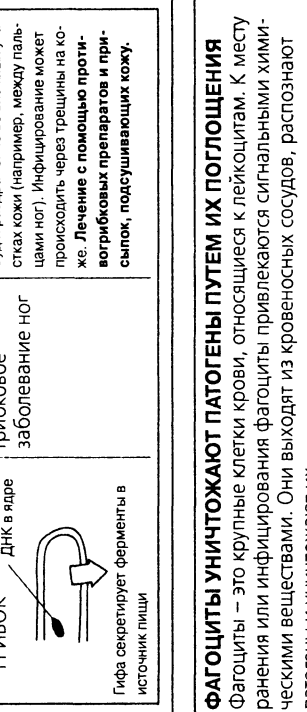
Отверстие	Функция	Защита
Рот	Поступление пищи	Соляная кислота в желудке
Глаза	Поступление света	Лизоцим в слезной жидкости
Уши	Поступление звука	Ушная сера

КОЖА – ЭТО ПЕРВЫЙ БАРЬЕР: наружные слои кожи (**эпидермис**) непроницаемы для воды и для патогенов (при этом многие микроорганизмы могут обитать на ее поверхности). В местах естественных «отверстий» кожа защищена особыми секретами, предотвращающими проникновение патогенов. Примеры:



СВЕРТЫВАНИЕ КРОВИ – это защитный механизм, осуществляемый белками крови и тромбоцитами. С его помощью блокируются любые разрывы кожных покровов.

- предотвращает кровопотерю
- препятствует проникновению патогенов



ЛИМФОЦИТЫ ВЫРАБАТЫВАЮТ ЗАЩИТНЫЕ ТЕЛА

Эта часть молекулы антитела служит сигналом для фагоцитов убивать патогена

Раздвоенный конец молекулы распознает поверхностный белок патогена

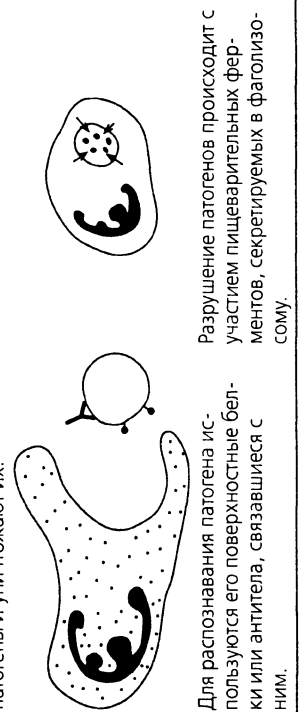
Лимфоциты – это белые кровяные клетки, обнаруживающиеся как в кровяном русле, так и в лимфоузлах (структурных элементах лимфатической системы). Присутствие патогенов стимулирует лимфоциты к производству и выделению особых белков, называемых **антителами**. Антитела могут распознавать патогены, связываться с ними и помогать в их уничтожении.

ПАТОГЕНЫ ВЫЗЫВАЮТ ЗАБОЛЕВАНИЯ. Тело человека является подходящим «жилищем» для многих организмов – оно может обеспечивать их пищей, влагой и теплом. При этом «гости» конкурируют с клетками: «хозяевами» за питательные вещества, а также выделяют продукты, токсичные для человеческих клеток. В результате нарушается нормальное функционирование организма, т.е. развивается болезнь. Существует три основных типа патогенов:

Тип патогена	Заболевание	Симптомы
ВИРУС Белковая оболочка Нуклеиновая кислота	Грипп	Жар (повышение температуры тела). Боли в суставах. Нарушение дыхания. Лечение с помощью болеутоляющих средств, покоя и потребления большого количества жидкости.
БАКТЕРИЯ Слизистый слой Капсула Клеточная стенка	Гонорея	Болезненное мочеиспускание, желтые выделения из половых органов. Затушенная форма может привести к непроходимости семявыводящих протоков или яйцеводов, т.е. к бесплодию. Лечение с помощью антибиотиков.
ГРИБОК ДНК в ядре Гифа секретирует ферменты в источник пищи	Грибковое заболевание ног	Зуд и раздражение во влажных участках кожи (например, между пальцами ног). Инфицирование может происходить через трещины на коже. Лечение с помощью противогрибковых препаратов и присыпок, подсушивающих кожу.

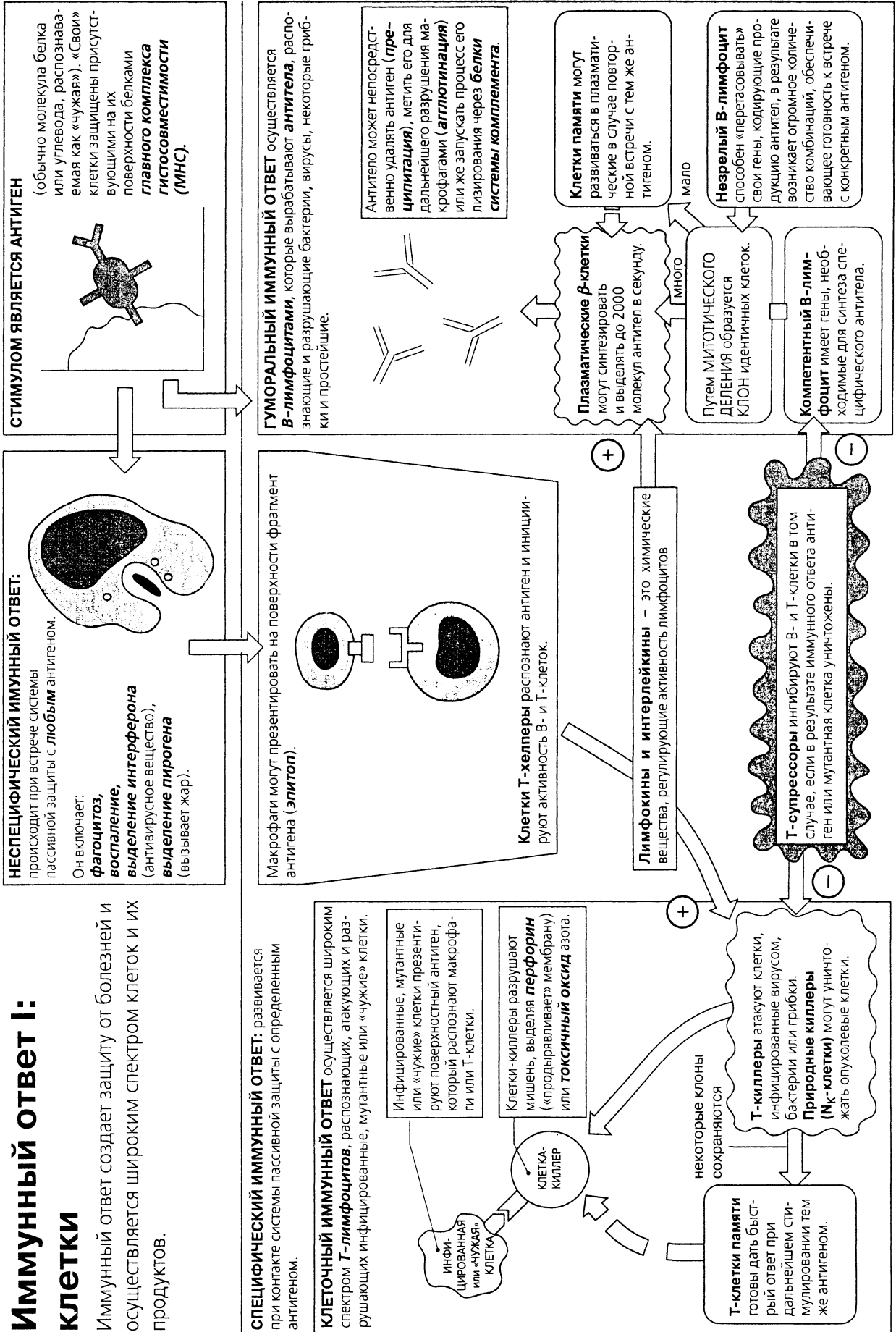
ФАГОЦИТЫ УНИЧТОЖАЮТ ПАТОГЕНЫ ПУТЕМ ИХ ПОГЛОЩЕНИЯ

Фагоциты – это крупные клетки крови, относящиеся к лейкоцитам. К месту ранения или инфицирования фагоциты привлекаются сигнальными химическими веществами. Они выходят из кровеносных сосудов, распознают патогены и уничтожают их.



Иммунный ответ I: Клетки

Иммунный ответ создает защиту от болезней и осуществляется широким спектром клеток и их продуктов.



Иммунный ответ II: антитела, иммунитет и вакцинация

ИММУНИТЕТ МОЖЕТ БЫТЬ УСИЛЕН

Активный иммунитет: организм человека **вырабатывает собственные антитела.**

а) **естественный**



После контакта с возбудителем заболевания производятся антитела и образуются специфические клетки памяти



Иммунизированный взрослый

(Инфицирование патогеном)

б) **искусственный**



Производство антител и клеток памяти стимулируется с помощью инъекции



Иммунизированный взрослый

(Ослабленный патоген (вакцина))

Пассивный иммунитет: защита осуществляется **поступающими в организм преобразованными антителами.**

а) **естественный**



Антитела матери поступают к плоду через плаценту, а к новорожденному передаются с молоком



Временно иммунизированный ребенок (не имеет клеток памяти)

Иммунизированная женщина

б) **искусственный**



Иммунизированное лабораторное животное

Из забранной крови выделяются антитела, из которых производится вакцина

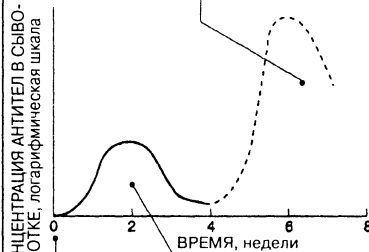


Временно иммунизированный взрослый

ИММУНИЗАЦИЯ/ ВАКЦИНАЦИЯ

стимулирует производство В- и Т-клеток памяти, отвечающих за защиту организма при повторном контакте с тем же антигеном.

Вторичный ответ: описывается более крутой кривой, с более высоким пиком (обычно в 1000 раз выше, чем при первичном ответе), **благодаря наличию В-клеток памяти** лаг-период практически отсутствует. Доминируют антитела типа IgG, которые более стабильны и имеют более высокую аффинность к антигену.



1-й КОНТАКТ С ВАКЦИНОЙ, т.е. с «ИСКУССТВЕННЫМ» АНТИГЕНОМ

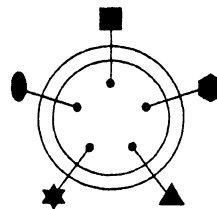
2-й КОНТАКТ С ТЕМ ЖЕ АНТИГЕНОМ

Первичный ответ: типичный лаг-период составляет 3 дня, пик приходится на 11–14 день. Доминирующий тип антител – IgM.

ТРИ ТИПА ВАКЦИН

	«УБИТЫЕ» – вводятся мертвые возбудители	«ЖИВЫЕ» – вводятся ослабленные возбудители	ИНАКТИВИРОВАННЫЙ ТОКСИН (АНАТОКСИН)
ПРЕИМУЩЕСТВА	Вызывают иммунный ответ, поскольку поверхностные антигены сохраняются.	Низкая доза, т.к. происходит размножение возбудителей; обеспечивают длительную защиту.	Хороший ответ. Безопасны в использовании.
НЕДОСТАТКИ	Требуется вводить большое количество вакцины в несколько приемов.	Возбудители могут мутировать. Вакцины должны храниться охлажденными.	Затратное производство. Применяются только к возбудителям, выделяющим токсины.
ПРИМЕР	Вакцина против полиомиелита	Вакцина против полиомиелита (оральная)	Антидифтерийная и противостолбнячная вакцины.

ВАКЦИНА БУДУЩЕГО: ОДНА ПРОТИВ ВСЕХ БОЛЕЗНЕЙ



Используя вирус *Vaccinia*, можно было бы «нагрузить» его антигенами всех распространенных болезней: кори, столбняка, дифтерии, полиомиелита.

Проблемы, связанные с иммунным ответом

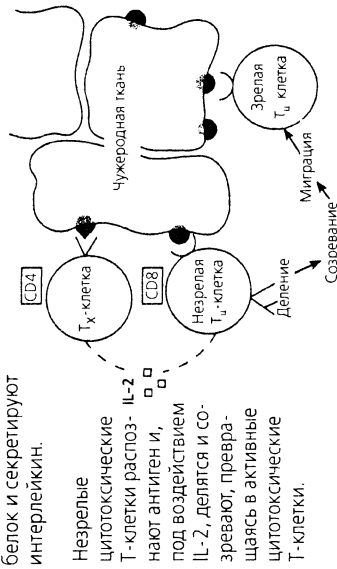
Аллергия – это слишком сильный ответ иммунной системы на обычный фактор окружающей среды, например, домашнюю пыль или пыльца растений.

- может сопровождаться набуханием слизистых оболочек, чиханием, слезотечением, чесоткой и, в острых случаях, нарушениями дыхания.
- аллергии вырабатывают избыток антител типа IgE помимо обычных IgG.
- связывание антигена с IgG на поверхности большинства клеток приводит к выделению **гистамина** и развитию воспаления.

Гиперчувствительность – это быстрая сильная аллергическая реакция. В наиболее тяжелых случаях может развиться **анафилактический шок**: расширение сосудов, просачивание крови из капилляров и вызванное этим снижение кровяного давления могут даже привести к смерти.

Отторжение трансплантата происходит, если Т-лимфоциты распознают чужеродные ткани и разрушают их.

Клетки Т-хелперы распознают «чужой» белок и секретируют интерлейкин.



Зрелые цитотоксические Т-клетки внедряются в ткань и разрушают клетки, несущие чужеродный белок. Разрушение ткани приводит к нарушению функционирования пересаженного органа.

Предосторожности, снижающие риск отторжения:

- подбор наиболее совместимого донора;
- облучение костного мозга и лимфатической ткани снижает производство лимфоцитов и, следовательно, уменьшает вероятность отторжения;
- иммуносупрессия – количество цитотоксических Т-клеток снижается под воздействием циклоспорина В.

Переливание крови может вызвать **агглютинацию** эритроцитов. Агглютинированная кровь блокирует капилляры, приводя к недостатку кислорода и глюкозы в тканях. Для предотвращения агглютинации необходимо подбирать доноров, **совместимых** по группе крови с реципиентами.

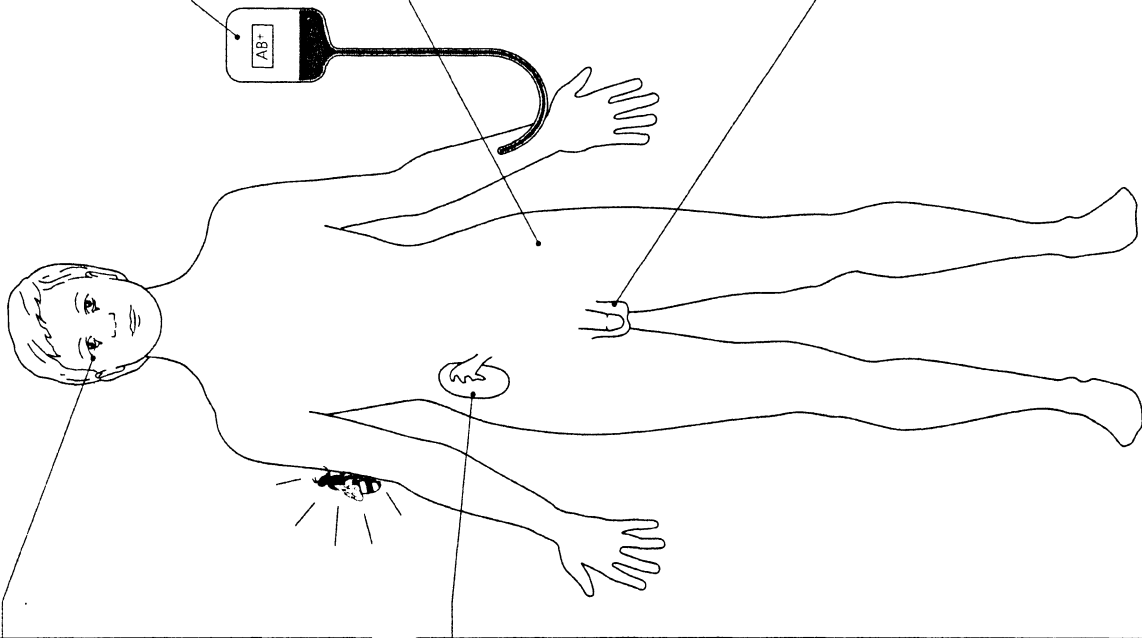
Аутоиммунные заболевания развиваются в условиях, когда иммунная система не различает «свои» и «чужие» клетки и атакует собственные клетки организма.

- могут затрагивать один орган (органоспецифические, например, пернициозная анемия) или несколько органов (системные, например, системная красная волчанка)
- причины в основном неизвестны, однако к ним можно отнести генетические нарушения, вирусы и факторы окружающей среды
- например: ревматоидный артрит, диабет I типа (инсулин-зависимый), множественный склероз, гемолитическая анемия.

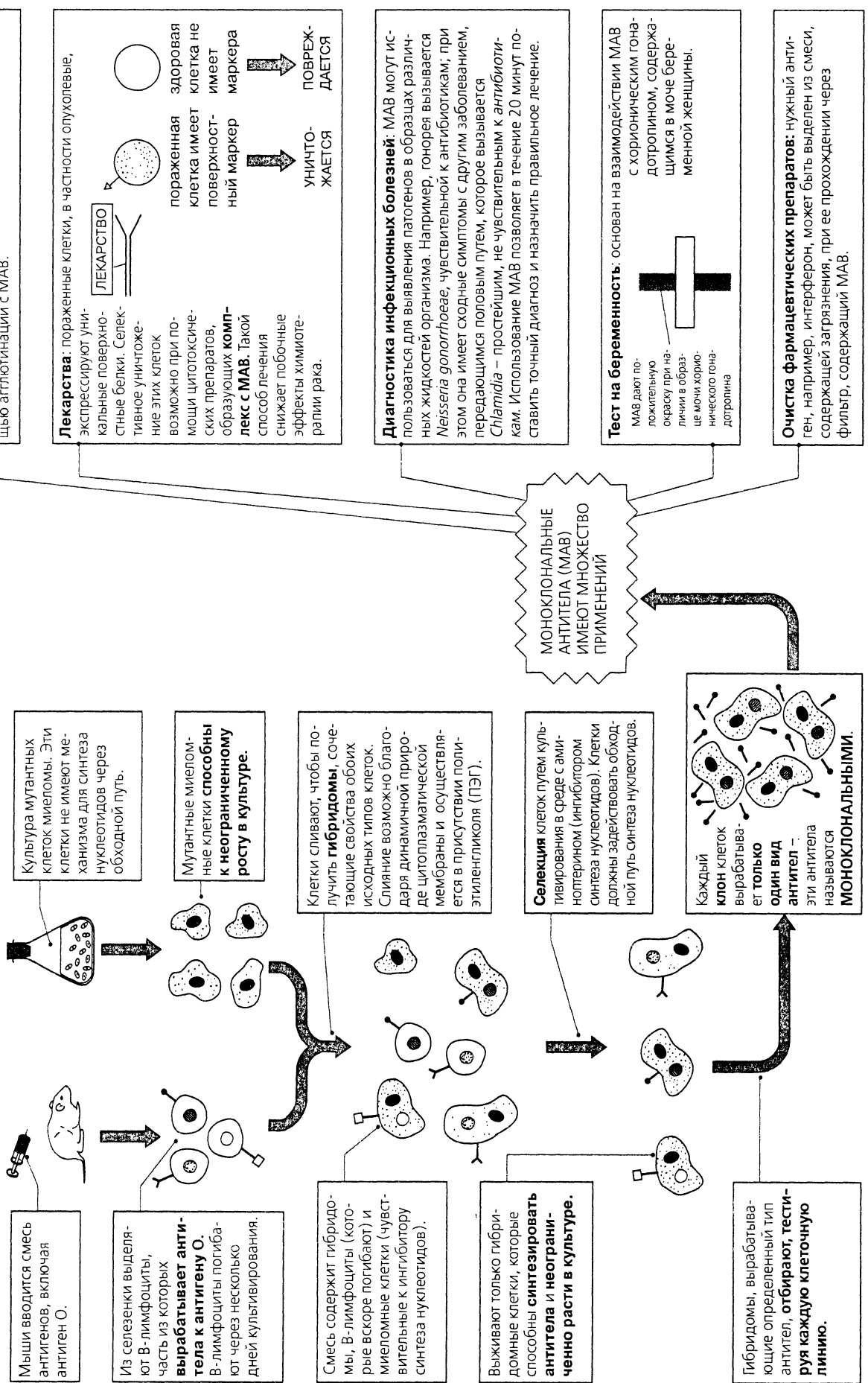
«Маскировка» от иммунной системы необходима ряду органов и структур:

- Сперматозоиды гаплоидны, поэтому они воспринимаются как чужеродные клетки; в семенных канальцах они «спрятаны» между клетками Сертоли.
- Плод несет некоторые из антигенов отца, поэтому он защищен плацентой от воздействия иммунной системы матери.

При вакцинации/иммунизации неправильная дозировка или повышенная чувствительность к антигену могут вызвать аллергическую реакцию.


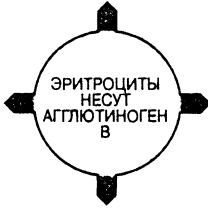







Моноклональные антитела: получение и применение



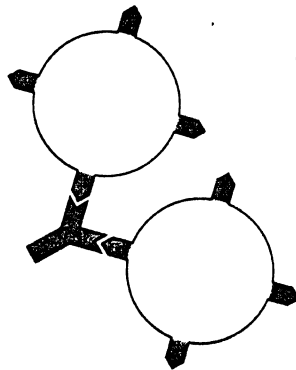
Группы крови и переливание крови

Система групп крови ABO основана на существовании двух **агглютиногенов**, обозначаемых **A** и **B**, и двух **агглютининов**, обозначаемых **анти-A** и **анти-B**. Агглютиногены представляют собой углеводные молекулы, располагающиеся на внешней стороне мембраны эритроцитов; агглютинины содержатся в плазме крови.

 <p>ЭРИТРОЦИТЫ НЕСУТ АГГЛЮТИНОГЕН A</p>	 <p>ЭРИТРОЦИТЫ НЕСУТ АГГЛЮТИНОГЕН B</p>	 <p>ЭРИТРОЦИТЫ НЕСУТ A И B</p>	 <p>ЭРИТРОЦИТЫ НЕ НЕСУТ НИ A, НИ B</p>
 <p>В ПЛАЗМЕ СОДЕРЖИТСЯ АНТИ-B</p>	 <p>В ПЛАЗМЕ СОДЕРЖИТСЯ АНТИ-A</p>	<p>В ПЛАЗМЕ НЕ СОДЕРЖИТСЯ НИ АНТИ-A, НИ АНТИ-B</p>	 <p>В ПЛАЗМЕ СОДЕРЖИТСЯ И АНТИ-A, И АНТИ-B</p>
ГРУППА A	ГРУППА B	ГРУППА AB	ГРУППА O

Переливание крови бывает необходимо для восполнения объема крови после кровотечения или в ходе хирургической операции. Переливать можно только кровь, **совместимую** с кровью пациента, иначе может произойти **агглютинация** и **гемолиз**. Агглютинированные клетки могут заблокировать капилляры и вызвать повреждение почек или мозга или даже смерть.

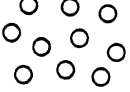
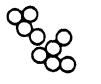
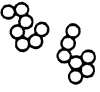
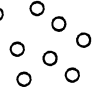
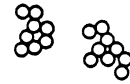
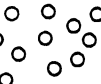


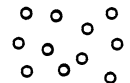







Несовместимость при переливании:



Агглютинин анти-B, содержащийся в плазме крови группы A, связывает эритроциты из крови группы B.

Приблизительно у 80% людей антигены группы ABO содержатся в слюне и семени. Это используется для криминалистической экспертизы.

Фермент **α-галактозидаза**, выделенный из зеленых кофейных зерен, можно использовать для преобразования крови группы B в кровь группы O, наиболее подходящую для переливания.

РЕЦИПИЕНТ	ДОНОР			
	A	B	AB	O
A (анти-B)				
B (анти-A)				
AB (ни одного)				
O (оба)				







N.B. Наличие агглютининов в плазме крови донора не имеет значения, поскольку их концентрации слишком малы, чтобы причинить существенный вред.

Человек с группой крови AB является **универсальным реципиентом**, поскольку его плазма не содержит агглютининов.

Человек с группой крови O является **универсальным донором**, поскольку его эритроциты не несут агглютиногенов.

Заблевание может быть вызвано рядом причин

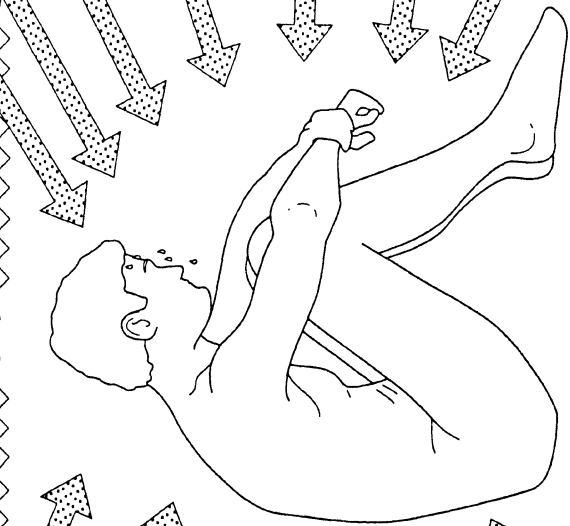
ИНФЕКЦИОННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ ВЫЗЫВАЮТСЯ ПАТОГЕНАМИ, распространяющимися различными способами:

 <p>в каплях, содержащихся в воздухе например, вирус гриппа</p>	 <p>через зараженную пищу например, бактерия <i>Salmonella</i></p>	 <p>через зараженную воду например, бактерия <i>Cholera</i></p>	 <p>через прямой контакт (контагиозные возбудители) например, грибок</p>	 <p>через жидкости организма например, вирус гепатита В</p>	 <p>через животных-переносчиков например, <i>Plasmodium protozoan</i> (возбудитель малярии) – через комара <i>Anopheles</i></p>
---	--	---	--	--	---

Во время болезни показатели жизнедеятельности организма отклоняются от нормального уровня, причем это отклонение не может быть нейтрализовано с помощью обычного механизма поддержания гомеостаза.

Типичные симптомы болезни:

- **потливость/жар** из-за перестройки внутреннего «термостата» на более высокую температуру;
- **рвота/понос** как попытка очистить кишечник от раздражителей;
- **боль** в результате выделения токсинов патогенами.



ЧАСТЬ БОЛЕЗНЕЙ НЕ ЯВЛЯЮТСЯ ИНФЕКЦИОННЫМИ, т.е. вызываются не патогенами. Среди них можно выделить:

- Дегенеративные болезни:** органы и ткани с возрастом начинают работать хуже. Полагают, что это связано с изменением химического состава организма под влиянием **свободных радикалов**. Примеры: болезни сердца, катаракта.
- Болезни, связанные с нехваткой определенных веществ:** Пример: цинга (отсутствие витамина С).
- Аллергические заболевания:** чувствительность к какому-либо факторам окружающей среды (сенная лихорадка).
- Болезни, вызываемые факторами окружающей среды:** определенный фактор может запустить патологический процесс в организме. Пример: избыточное облучение ультрафиолетом может вызвать развитие рака кожи.
- Врожденные нарушения метаболизма:** затрагивают определенные химические реакции в организме. Пример: серповидно-клеточная анемия (дефектный гемоглобин), кистозный фиброз (выделение густой слизи), диабет (недостаточная выработка инсулина). Эти заболевания обусловлены генетическими изменениями.
- Психические заболевания:** некоторые изменения в работе мозга могут привести к аномалиям в поведении. Примеры: шизофрения, депрессия.
- Болезни, спровоцированные неправильным образом жизни.** Примеры: курение может приводить к развитию рака легких, злоупотребление алкоголем вызывает цирроз печени.

ИНФЕКЦИОННЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ МОЖНО КОНТРОЛИРОВАТЬ:

- Профилактика** (т.е. предотвращение контакта с возбудителем):
- Контроль за санитарным состоянием водных источников;
 - Контроль за здоровьем разводимых животных для предотвращения заражения пищевой продукции;
 - Соблюдение гигиены для предотвращения распространения заразных болезней. Использование **антисептиков**, убивающих патогены прежде, чем они попадут в организм;
 - Уничтожение переносчиков, например, комаров – с помощью инсектицидов;
 - Вакцинация.

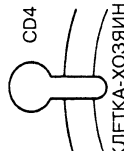
Лечение:

- **Антибиотики**, уничтожающие бактерии;
- **Пассивная иммунизация** для снабжения готовыми антителами;
- **Специфические препараты**, уничтожающие аномальные клетки;
- **Обезболивающие**, снижающие дискомфорт и усоряющие выздоровление;
- **Радиотерапия**, предотвращающая деление аномальных клеток.

Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)

подавляет иммунный ответ организма.

Гликопротеиновые «шипы» протыкают липидный бислой наружной мембраны. Они обеспечивают связывание вирусной частицы с рецепторами CD4, расположенными на поверхности чувствительной клетки. К этим клеткам относятся Т-хелперы (лимфоциты), макрофаги, клетки микроглии мозга и дендритные клетки. Могут быть инфицированы и другие клетки (по крайней мере, в лабораторных условиях), по-видимому, CD4 – единственный рецептор вируса.



КЛЕТКА-ХОЗЯИН

Синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД) вызывается подавлением иммунного ответа.

Может происходить в результате ВИЧ-инфицирования дендритных (антиген-презентирующих) клеток или Т-хелперов, координирующих действия лимфоцитов.

Приводит к поражению организма агентами, которые в обычных условиях не наносят вреда, например:
Pneumocystis carinii → пневмония
Candida albicans → молочница
 Цитомегаловирус → поражение сетчатки и других органов

Фермент протеаза расщепляет крупные белковые молекулы на субъединицы, используемые для сборки вирусной оболочки.

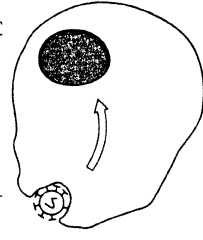
Сборка вирусной оболочки протезируется ингибиторами протеазы.

РНК двуцепочечная, как у большинства ретровирусов.

Белковая оболочка окружает РНК и ферменты вируса.

Мембранная оболочка представляет собой липидный бислой, который:

- закоривает гликопротеин gp41;
- сливается с мембраной клетки-хозяина, обеспечивая проникновение вирусной частицы.



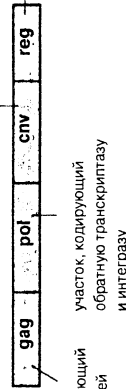
ВИЧ проникает в клетку – вирусная РНК транскрибируется в вирусную ДНК, которая встраивается в ДНК хозяина.

Новые вирусные частицы собираются из белков, синтезированных на основе ДНК вируса.

Ингибирование репликации вируса – это самая распространенная стратегия для предотвращения инфекции; например, **зидовудин (AZT)** – ингибитор обратной транскриптазы.

Обратная транскриптаза – это фермент, характерный для ретровирусов. Он транскрибирует молекулу РНК вируса с образованием отрезка ДНК, который может быть встроена в ДНК клетки-хозяина. В этом случае ДНК защищена от иммунной системы хозяина. Состав ДНК:

участок, кодирующий гликопротеины gp41 и gp120



Блокирование проникновения вируса возможно с помощью предотвращения связывания gp120–CD4.

Растворимый CD4 (иммуноадгезин) связывается с вирусными частицами.

Анти-CD4 связывается с молекулами CD4.

Интеграза – это фермент, необходимый для встраивания ДНК вируса в хозяйскую ДНК. К другим ее функциям относится сборка полного генома вируса из отдельных фрагментов.

Один из возможных механизмов лечения состоит в использовании ингибитора, предотвращающего сборку вирусного генома.

НЕКОТОРЫЕ МЕСТА ПРОНИКНОВЕНИЯ БАКТЕРИЙ

НЕРВНАЯ СИСТЕМА: **ботулизм** вызывается *Clostridium botulinum*, которая выделяет мощный нейротоксин. В результате развивается тошнота, расплывчатость зрения и прогрессирующий паралич.
Менингит (воспаление мозговых оболочек) вызывается *Neisseria meningitidis*. Симптомами являются жар, тошнота, светобоязнь и невозможность повернуть шею. У детей такое состояние чаще всего вызывается *Haemophilus influenzae*.

НОСОГЛОТКА: может поражаться *Streptococcus diptheriae*, вызывающей **дифтерию**. Эта инфекция может приводить как к локальному воспалению слизистых оболочек, так и к системному поражению, связанному с действием бактериального эндотоксина.

СЕРДЦЕ: может инфицироваться различными стрептококками или *H. influenzae* (развивается **перикардит** или **миокардит**).

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ПОПАДАНИЕ В КРОВЬ: может быть следствием ранения. Типичные инфекции: **столбняк** (вызывается *Clostridium tetani*, выделяющий мощный токсин тетанолизамин, действие которого приводит к мышечным спазмам) и **газовая гангрена** (вызывается *Clostridium perfringens*, сопровождается отеком конечностей и утратой их функций).

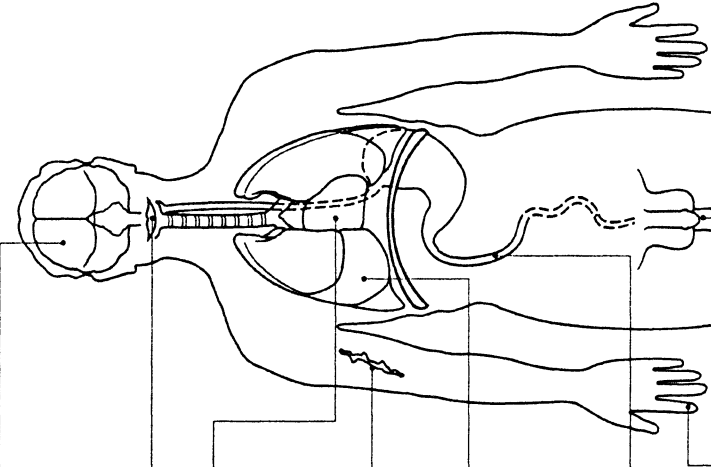
ЛЕГКИЕ: особенно подвержены инфекциям из-за частого попадания бактерий вместе с воздухом. К опасным инфекциям относится **пневмония** (чаще всего вызывается *Streptococcus pneumoniae*), так называемая **болезнь легионеров** (*Legionella pneumophila*) и **туберкулез** (*Mycobacterium tuberculosis*).

КИШЕЧНИК: часто инфицируется бактериями, попадающими в организм с неправильно приготовленной пищей. Встречаются **пищевые отравления** (*Staphylococcus aureus* – выделяет термостабильные энтеротоксины, **холера** (*Vibrio cholerae*), **диарея** (разные причины, включая *Escherichia coli*, выделяющую энтеротоксин) и **дизентерия** (*Shigella dysenteriae*). Многие кишечные инфекции приводят к сильному обезвоживанию организма.

КОЖА: появление **импетиго** (кожной сыпи) может быть связано с инфицированием стафилококками и/или стрептококками. **Волчанка** (туберкулез кожи) – это редкая инфекция, вызываемая туберкулезной микобактерией. Гнойное воспаление волосных фолликулов может развиваться при заражении *S. aureus*. **Проксаза** (лепра) вызывается *Mycobacterium leprae*.

Патогенные бактерии

Большинство бактерий безвредны для человека. Многие из потенциально опасных видов не могут проникнуть в организм, поскольку кожа выполняет функцию барьера. Часто развитие болезни связано с нарушением этого барьера патогенными видами – они могут попасть в организм как через естественные отверстия, так и через поврежденные участки кожи.



МОЧЕПОЛОВАЯ СИСТЕМА: **гонорея** вызывается *Neisseria gonorrhoeae* и может распространиться из уретры на семенники или влагалище, а также на прямую кишку.
Chlamidia trachomatis является главной причиной развития негонорейных уретритов.
Сифилис вызывается *Treponema pallidum* и в запущенном состоянии может распространиться по всему организму.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ИНФЕКЦИЙ

Патогенные бактерии обладают рядом характерных способностей:
 1. **Прикрепление к слизистым оболочкам** – необходимо, чтобы удерживаться в потоке слизи, пищи или мочи. Иногда процесс присоединения связан со специфическими взаимодействиями между адгезином и рецепторами, как в случае *E. coli*, пили которой взаимодействуют с поверхностными полисахаридами эпителиальных клеток кишечника у новорожденных.

2. **Проникновение сквозь слизистые оболочки** – необходимо в том случае, когда бактерии должны попасть «вглубь» организма. Может включать выработку поверхностных белков, которые способствуют захвату бактерий эпителиальными клетками и их переносу в следующие клеточные слои (например, *Shigella sp.*).

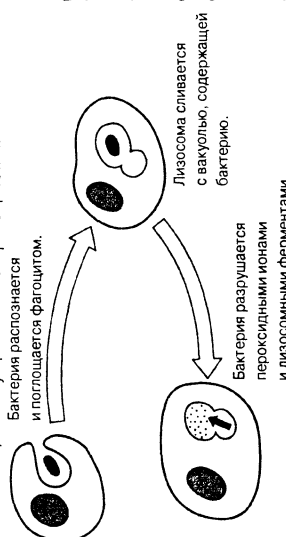
3. **Размножение в тканях хозяина** – обеспечивает нарастание количества клеток, необходимых для распространения инфекции в организме. Сопровождается потреблением питательных веществ из тканей хозяина – часто при этом микроорганизм не хватает железа, которое может абсорбировать специфические бактериальные белки (сидерофоры).

4. **Уклонение от защитной системы хозяина** – примерами являются полисахаридные капсулы пневмококков и менингококков и белковые молекулы на поверхности стрептококков. Таким образом маскируются антигенные молекулы на поверхности бактерий, которые служат мишенями для молекул комплемента, антител и для фагоцитов.

5. **Причинение вреда хозяину** – происходит путем выделения токсинов (например, нейротоксин *C. tetani* или ингибитор белкового синтеза, вырабатывающийся дифтерийными бактериями) или путем повышения активности иммунной системы (например, при туберкулезе скопление фагоцитов в легких приводит к их повреждению).

ЗАЩИТА ОТ БАКТЕРИЙ

Включает **систему комплемента** – сложную последовательность (каскад) реакций, приводящую к быстрому возрастанию концентрации специфических белков в местах развития инфекции. На заключительных стадиях каскада бактерии уничтожаются с участием **лизоцима**, разрушающего их клеточные стенки. Основной механизм клеточной защиты осуществляется фагоцитами:



Бактерия разрушается пероксидами ионами и лизоцимными ферментами.

Рост популяции бактерий

ПОСТУЛАТЫ КОХА: доказательство того, что данный возбудитель отвечает за развитие данного заболевания

- необходимо показать, что предполагаемый возбудитель присутствует в организме во всех случаях заболевания;
- возбудитель должен быть выделен из организма больного и выращен в культуре, содержащей только данный вид;
- бактерии, выращенные в культуре, должны вызывать развитие болезни после введения их в здоровый организм;
- бактерии должны быть выделены из организма экспериментально инфицированного хозяина, выращены в культуре и сопоставлены с возбудителями из первоначальной культуры.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ:

- **Инфекционная:** растущая популяция повреждает ткани, конкурируя с ними за кислород и питательные вещества.
- **Токсическая:** бактериальные клетки выделяют ядовитые вещества (**токсины**), которые раздражают или повреждают клетки хозяина.

Популяция стабильна, т.е. процессы гибели клеток и их размножения сбалансированы. Часто именно во время этой фазы вырабатываются и выделяются **энтеротоксины**.

ВОДА

Скорость размножения Бактерии

80 90 100 % Влажность окружающей среды

- требуется для проведения реакций гидролиза и для увеличения объема клетки.
- ▲ размножение бактерий — тех клеток можно контролировать, ограничивая доступность воды (высушивание или вакуумная упаковка).

pH

Скорость размножения

5 7 9 11 pH

- бактерии приспосабливаются к широкому спектру pH благодаря стойким ферментам.
- ▲ низкий pH (кислая среда) ограничивает рост популяции бактерий, например, в желудке (HCl), в маринованных продуктах.

ТЕМПЕРАТУРА

Скорость размножения

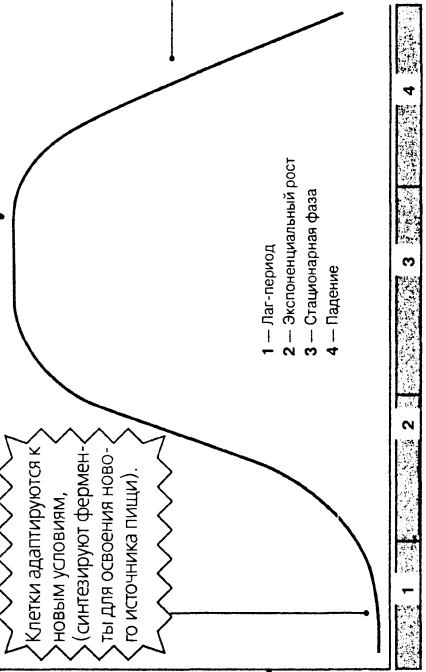
20 30 40 50 Температура, °C

- влияет на активность ферментов, текучесть мембран, растворимость молекул, выделение энергии при дыхании.
- ▲ воздействие низкой температуры используется для сохранения продуктов; развитие инфекции сопровождается повышением температуры тела.

Количество клеток бактерий

Количество настолько велико, что для его отображения по оси используется логарифмическая шкала.

Клетки адаптируются к новым условиям, (синтезируют ферменты для освоения нового источника пищи).



Количество гибнущих клеток > количества рождающихся.

- все питательные вещества использованы
- токсины направляются на убивание клетки
- кислорода недостаточно для аэробных видов.

Полный цикл может составлять всего несколько часов.

Во время этой фазы популяция удваивается за каждую единицу времени — 1 клетка → 2 → 4 → 8 → 16 → 32 → 64 → 128

время удвоения может составлять всего 20 минут — при такой скорости одна бактериальная клетка даст за 24 ч 8000 кт!

Технологии сохранения пищи позволяют удерживать популяцию бактерий в начале этой фазы, **ограничивая доступность факторов, необходимых для роста.**

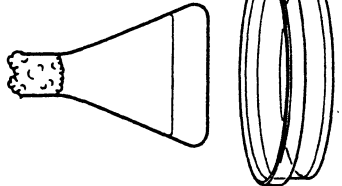
СНАБЖЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

- **Углерод** — необходим для получения энергии, **азот** — для белкового синтеза, **минеральные ионы** — являются кофакторами.

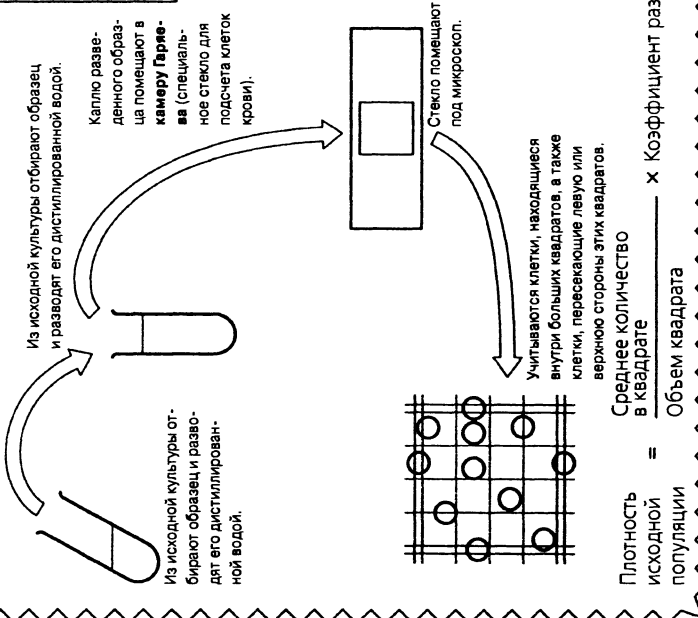
АТМОСФЕРА

- многим бактериям необходим кислород для осуществления аэробного дыхания, а некоторые виды полностью анаэробны.
- ▲ размножение бактерий можно контролировать, изменяя состав атмосферы (при консервировании пищи используется атмосфера, обогащенная азотом).

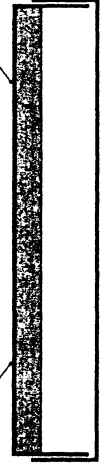
Бактерии можно выращивать в **культуральной среде**, содержащей **питательные вещества, буфер**, поддерживающий оптимальный уровень pH, и, при необходимости, **кислород**. Среда и сосуды, в которых выращивается культура, необходимо **стерилизовать**, чтобы предотвратить заражение другими бактериями. Среда может быть **жидкой** или **гелеобразной** (смешанной с **агаром**); в последнем случае она наносится на дно **чашки Петри**.



ПОДСЧЕТ ПОПУЛЯЦИИ БАКТЕРИЙ
Подсчет общего количества: учитываются все клетки (и способные к размножению, и мертвые).



Все пометки следует наносить на дно чашки Петри, на случай если крышки перепутаются!

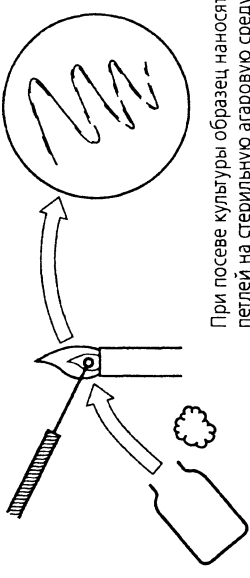


Чашку необходимо:
 • заклеить пластырем;
 • перевернуть вверх дном (чтобы конденсат не капал с крышки на агар).

В инкубаторе поддерживается температура 25 °C, подходящая для роста многих бактерий, но не тех, которые обитают в организме человека.

Методы стерилизации

- минимизируют опасность для человека,
 - минимизируют заражение лабораторных культур.
- Образцы микробов могут быть взяты из любого источника:
- из пищевых продуктов, например, из молока,
 - из воды,
 - с кожи,
 - чистую культуру, полученную из микробиологической лаборатории, помещают в новую стерильную чашку Петри с агаром.



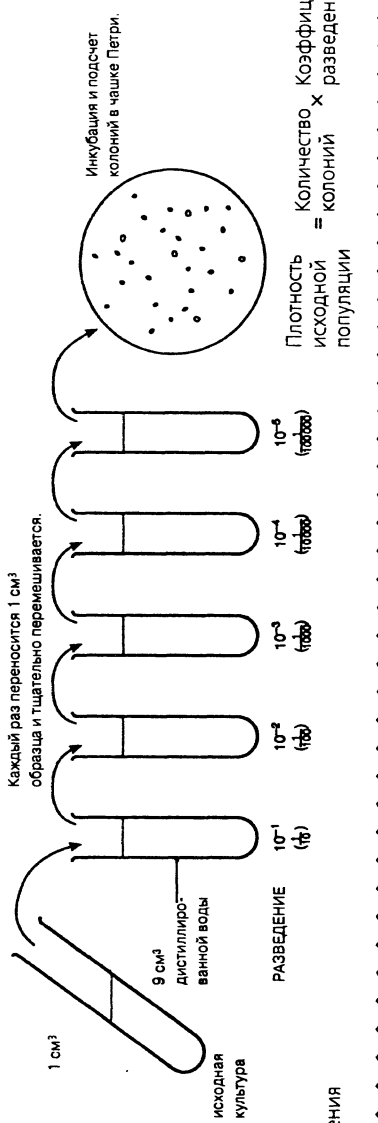
При посеве культуры образец наносят петлей на стерильную агаровую среду, проводя **зигзагообразную линию**. Крышку чашки Петри открывают на как можно меньшее время, чтобы снизить риск заражения культуры микробами, содержащимися в воздухе.

Петля и верхняя часть сосуда для выращивания культуры стерилизуются в пламени газовой горелки.

ПОСЕВ БАКТЕРИЙ: производится с помощью **проволочной петли**, закрепленной на металлическом стержне.

Подсчет живых клеток: учитываются только те клетки, которые **способны размножаться**.

Путем **последовательного разведения** достигается возможность учета индивидуальных клеток, которые делятся и формируют колонии на агаровой среде.



Малярия

погубила больше людей, чем любая другая болезнь.

Для контроля необходимо знать возбудителя болезни (*Plasmodium*) и его переносчика (*Anopheles*).

Инфицированный комар переносит паразитов в организм здорового человека. *Plasmodium* выходит из слюнных желез комара и перемещается в его ротовой аппарат.

Методы контроля включают:

- использование москитных сеток во время сна, чтобы избежать комариных укусов;
- нанесение на кожу инсектицидных средств;
- ношение закрытой одежды в вечернее время (период высокой активности комаров).

Плазмодий – это простейшее, вызывающее развитие малярии.

Он может размножаться половым путем в организме комара. Возникающая при этом изменчивость затрудняет создание эффективных вакцин против малярии.

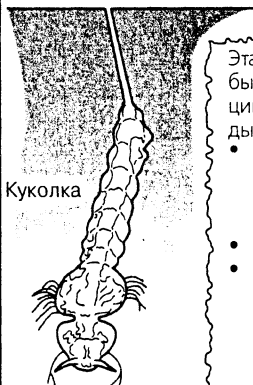
Паразиты быстро размножаются в печени и выходят в кровяное русло.

Такие лекарства, как палудрин и лариум, препятствуют попаданию плазмодия в печень и подавляют его размножение.



В джине содержится **хинин** – эффективное средство от малярии. Не стоит осуждать прежних колонизаторов малярийных областей за их любовь к этому напитку!

Комары размножаются в стоячей воде, например, в прудах и болотах. Из отложенных яиц выводятся личинки, из них – куколки, которые держатся у самой поверхности воды, получая кислород через короткую воздушную трубочку.



Эта стадия является «слабым звеном» в жизненном цикле переносчика; методы контроля включают:

- нанесение на поверхность воды масляной пленки, блокирующей дыхание личинок;
- осушение болот;
- заселение водоемов гамбузией («москитной рыбой»), которая питается личинками и куколками комаров.

Комар *Anopheles* является **переносчиком** патогенного **плазмодия**. *Плазмодий* размножается в стенках желудка комара, а затем мигрирует в слюнные железы.

Популяцию взрослых комаров можно контролировать с помощью инсектицидов, распыляемых в местах их обитания. Однако такое воздействие способствует возникновению форм, **невосприимчивых к пестицидам**.

Паразиты попадают в организм комара вместе с кровью инфицированного человека.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАКЦИН ОГРАНИЧЕНА

- паразит «прячется» от иммунной системы в печени и внутри эритроцитов.
- поверхностные антигены паразита видоизменяются, так что антитела не могут их распознать.

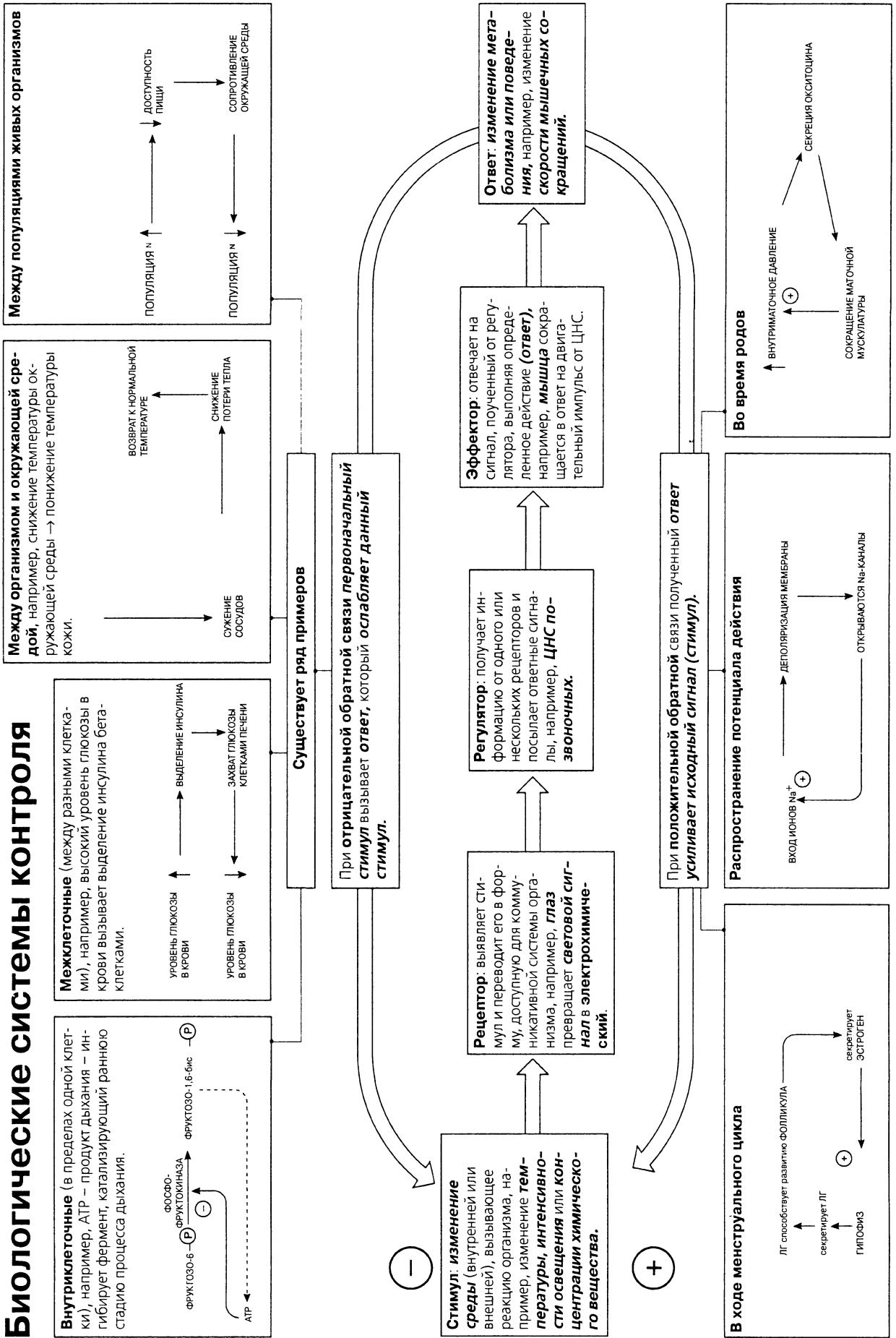
Плазмодии, покинувшие печень, вторгаются в эритроциты, где они потребляют гемоглобин и размножаются путем **множественного деления**. Эритроциты, наполненные паразитами, лопаются, в результате плазмодии попадают в кровь.

Многие симптомы малярии связаны с повреждением эритроцитов:

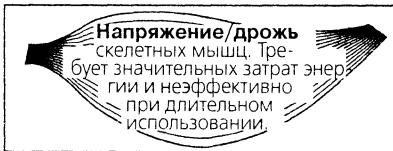
- усталость, вызванная снижением поступления кислорода в ткани (меньше эритроцитов);
- лихорадка, вызванная разрушением эритроцитов.

Люди, страдающие серповидно-клеточной анемией, защищены от малярии: дефектные эритроциты не обеспечивают плазмодии достаточным питанием.

Биологические системы контроля



Контроль температуры тела у млекопитающих



ВЫСОКАЯ ВНЕШНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА

НИЗКАЯ ВНЕШНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА

ВЫСОКАЯ ВНЕШНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА

Избыток жидкости выступает на поверхность

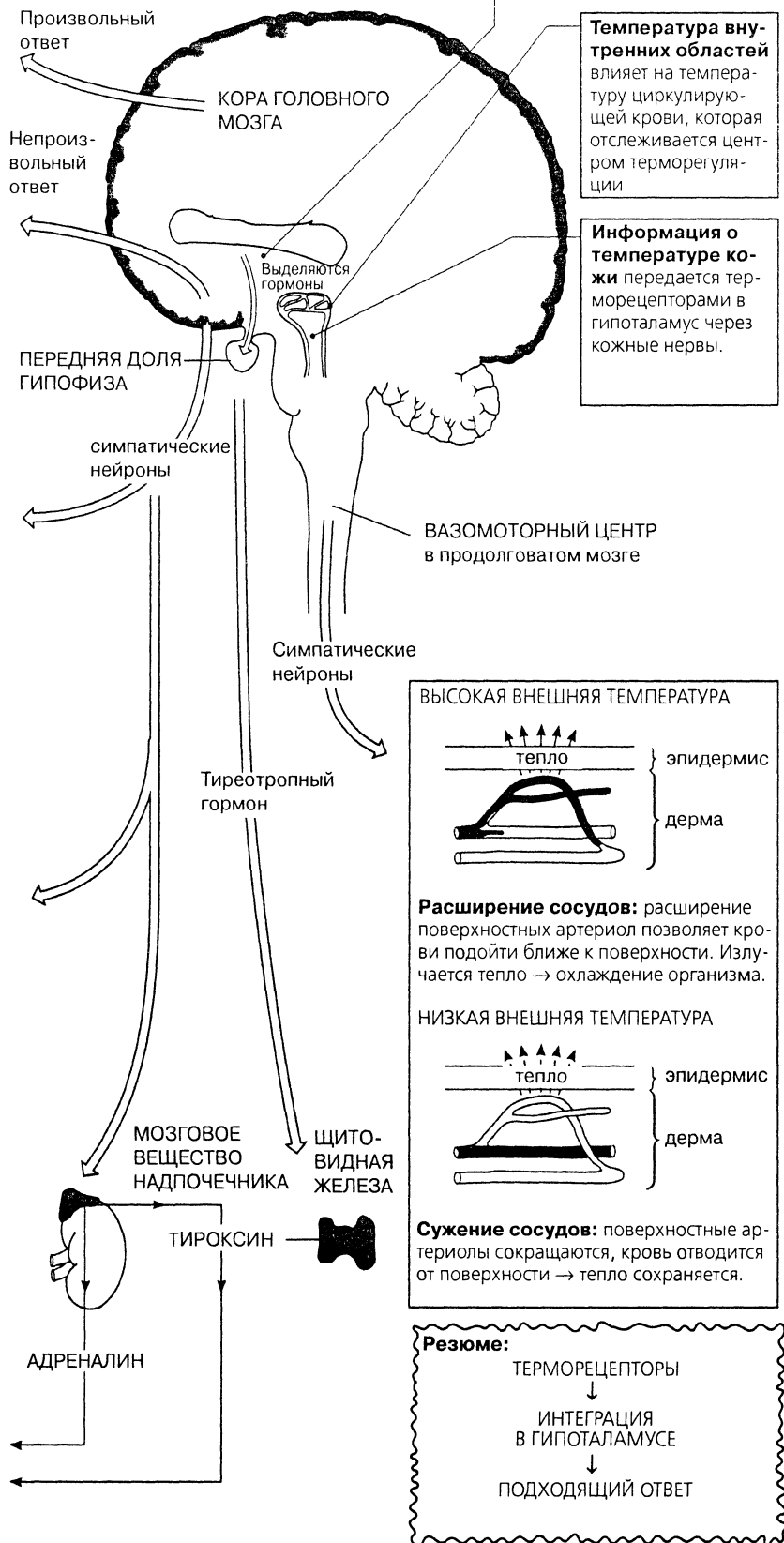
Пот испаряется, выводя тепло из организма (около 2.5 кДж на каждый грамм испаряемой жидкости). Потовые железы забирают большое количество жидкости из крови.

НИЗКАЯ ВНЕШНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА

Повышение интенсивности метаболизма особенно заметно на примере **бурой жировой ткани** у новорожденных и животных, приспособившихся к холоду. У взрослых в нем участвует также и **печень**.

Изменения в поведении

В гипоталамусе расположен терморегуляторный центр, где сигналы от рецепторов сопоставляются с заданным уровнем температуры организма. Регуляция осуществляется через эффекторы. Установленное значение температуры во время болезни может быть повышено веществами-пирогенами.

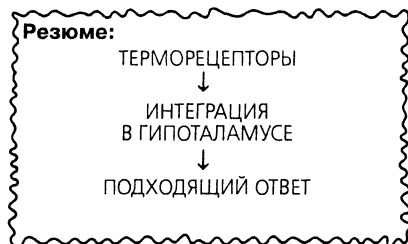


ВЫСОКАЯ ВНЕШНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА

Расширение сосудов: расширение поверхностных артериол позволяет крови подойти ближе к поверхности. Излучается тепло → охлаждение организма.

НИЗКАЯ ВНЕШНЯЯ ТЕМПЕРАТУРА

Сужение сосудов: поверхностные артериолы сокращаются, кровь отводится от поверхности → тепло сохраняется.

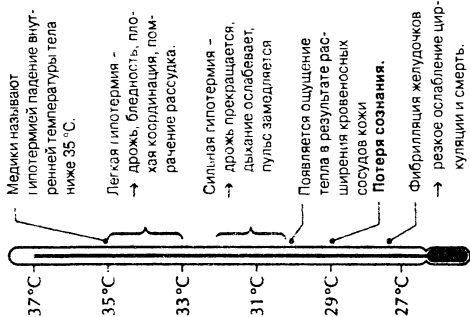


Влияние экстремальных температур

АККЛИМАТИЗАЦИЯ – это временное приспособление организма при попадании в новые условия окружающей среды. Оно связано с **уменьшением НКТ** или с **повышением ВКТ** и может также включать изменение уровня физической активности и аппетита.

Адаптация – это возникновение постоянных физических отличий у организмов, живущих в суровых природных условиях, например, уменьшение волосаного покрова у обитателей жарких районов. Человек не столько адаптируется к экстремальным температурам, сколько использует **различные варианты одежды и жилища**.

Гипотермия развивается, когда механизмы поддержания гомеостаза перестают справляться с избыточной потерей тепла поверхностью тела.



Признаки гипотермии

Дети легче переносят гипотермию

- У них более высокое соотношение площади поверхности тела с его объемом, поэтому потеря тепла происходит быстрее.
- Быстрая потеря тепла приводит к охлаждению мозга и его инактивации до того, как мозг начнет страдать от недостатка кислорода – в результате восстановление его функций происходит легче.

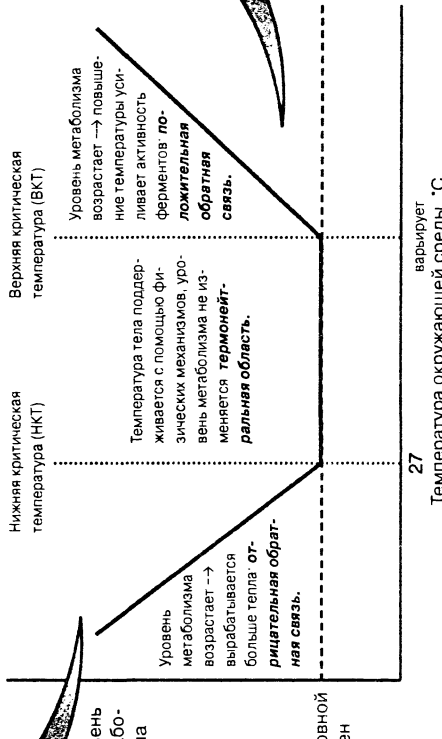
Холодовые повреждения

- это физические повреждения, полученные тканями в результате воздействия низкой температуры.
- Обморожение** – ткани замерзают, образующиеся при этом кристаллы льда разрушают клетки – необратимая утрата функций.
 - «Траншейная стопа»** – развивается при длительном контакте с холодной водой. Повреждаются кожа, мышцы и нервы.

Искусственная гипотермия

применяется во время хирургических операций. Температуру тела снижают примерно до 29 °С – дыхательные замедляются и потребность тканей в кислороде уменьшается. В таких условиях сердце и мозг могут выдерживать короткие периоды ослабления или даже прекращения кровотока.

Приспособление человека к изменениям температуры окружающей среды



Уровень метаболизма возрастает → повышается температура окружающей среды → повышается активность ферментов **ложительная обратная связь**.

Температура тела поддерживается с помощью физиологических механизмов, уровень метаболизма не изменяется **термонейтральная область**.

Уровень метаболизма возрастает → вырабатывается больше тепла **отрицательная обратная связь**.

Верхняя критическая температура (ВКТ)
Нижняя критическая температура (НКТ)

27
Температура окружающей среды, °С

Гипотермия развивается, когда механизмы поддержания гомеостаза перестают справляться с чрезмерно высокой температурой окружающей среды.

Потоотделение – главный способ потери тепла, поэтому способность выдерживать высокую температуру окружающей среды зависит от:

- эффективности механизма пототделения (важную роль играет симпатическая нервная система);
- влажности атмосферы (в сухой пустыне ВКТ может достигать 130 °С).

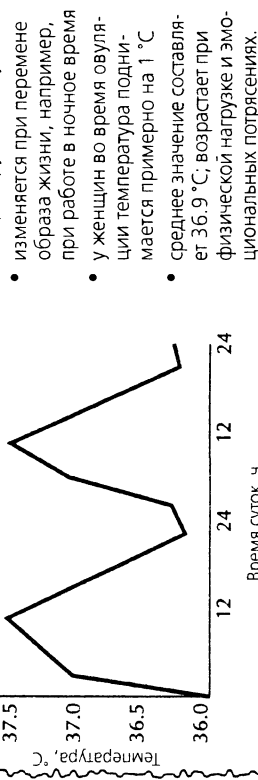


Тепловой удар происходит, когда кровь отводится от внутренних органов к коже (**расширение сосудов**).

Тепловое истощение развивается, когда функционирование тканей нарушается в результате потери воды и хлорида натрия.

Тепловой шок происходит при повышении температуры внутренних органов более 42 °С. При этом система терморегуляции отказывает, и повреждается структура белков и липидов.

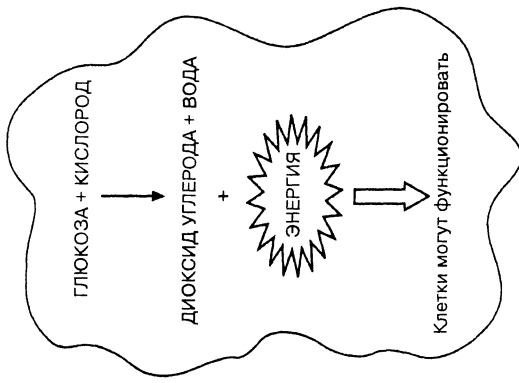
Природный суточный ритм температуры тела



- контролируется **эпифизом**
- изменяется при перемене образа жизни, например, при работе в ночное время
- у женщин во время овуляции температура поднимается примерно на 1 °С
- среднее значение составляет 36,9 °С, возрастает при физической нагрузке и эмоциональных потрясениях.

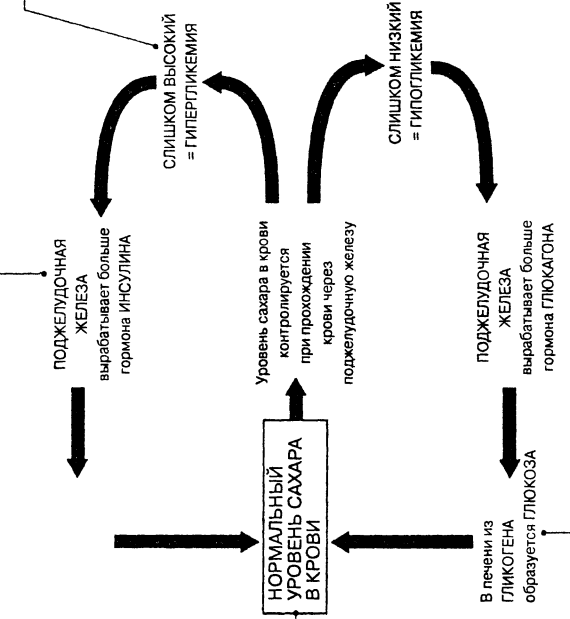
Концентрация глюкозы в крови регулируется по принципу отрицательной обратной связи.

ЧТО ТАКОЕ УРОВЕНЬ САХАРА В КРОВИ?
Глюкоза – главный источник энергии в клетке, поэтому она всегда должна быть доступна...



...в связи с этим в крови постоянно содержится определенное количество глюкозы. Этот показатель называют **уровнем сахара**, обычно он составляет около 1 мг глюкозы на см³ крови.

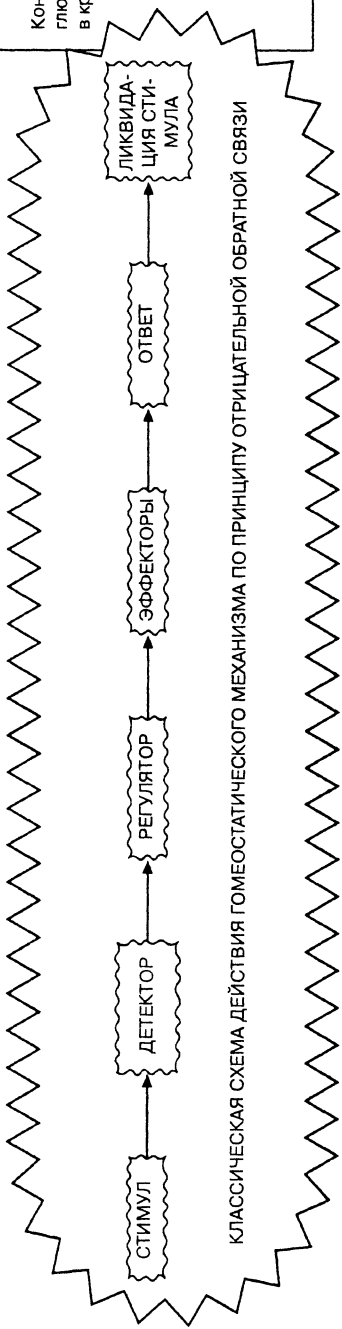
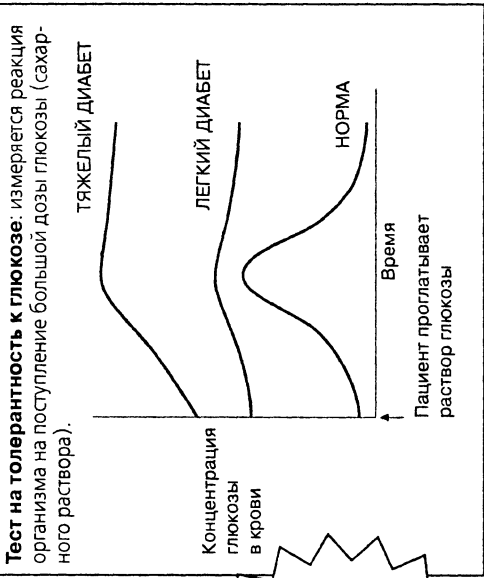
Инсулин а) усиливает поглощение глюкозы клетками печени, мышц и жировой ткани;
б) стимулирует преобразование глюкозы в **гликоген** и **жиры**;
в) подавляет образование глюкозы из гликогена и ее синтез из аминокислот (глюконеогенез).



Это превращение стимулируется также гормоном **адреналином**, который вырабатывается мозговым веществом надпочечников во время стресса.

ЧТО ТАКОЕ ДИАБЕТ?
Диабет – это заболевание, при котором концентрация глюкозы в крови превышает нормальные показатели.

- обычно вызван неспособностью поджелудочной железы вырабатывать достаточно инсулина
- СИМПТОМЫ:**
сильная жажда и чувство голода, повышенное образование мочи; сладкий запах изо рта; высокий уровень глюкозы в моче.
- при хроническом диабете развивается: преждевременное старение; катаракта; атеросклероз; сердечные заболевания.
- лечение включает регулярные инъекции очищенного инсулина (в настоящее время большое количество производится с помощью **генной инженерии**).
- легкую форму диабета можно контролировать, придерживаясь диеты с пониженным содержанием сахара.



Печень – крупнейшая железа,

вес которой составляет от 1.0 до 2.3 кг. Она расположена в верхней части брюшной полости, под диафрагмой, и состоит из четырех долей. **Портальный тракт** печени образован совокупностью различных структур: кровеносными (портальная вена печени, печеночная артерия, печеночная вена) и лимфатическими сосудами, симпатическими и парасимпатическими нервами, а также желчным протоком.

Внутридольковая (центральная) вена – объединяется с другими, образуя **печеночную вену**, которая возвращает «обработанную» кровь в общую циркуляцию.

Междольковая вена – ответвление портальной вены, принимающей от кишечника кровь, содержащую различные растворенные вещества.

Междольковая артерия – ответвление печеночной артерии, снабжающей печень оксигенированной кровью.

Желчные капилляры сливаются в желчный проток, собирающий желчь, которую секретируют гепатоциты.

КРОВΟΣНАБЖЕНИЕ ПЕЧЕНИ

Портальная вена печени приносит кровь от органов пищеварительной системы: желудка, поджелудочной железы, селезенки, подвздошной, ободочной и прямой кишок.

Печеночная вена выносит дезоксигенированную кровь в систему циркуляции.

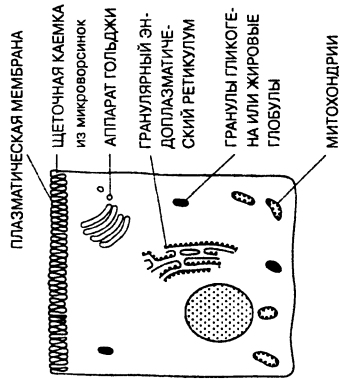
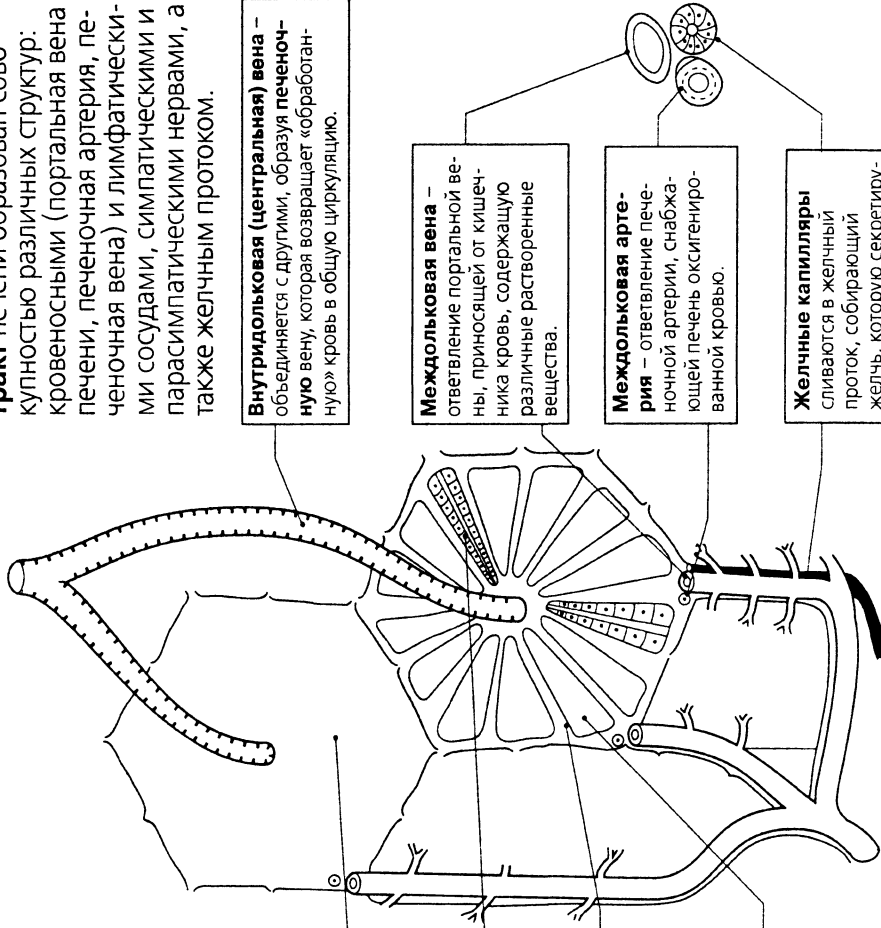
Печеночная артерия приносит оксигенированную кровь, находящуюся под нормальным артериальным давлением. Печень имеет высокую потребность в кислороде для осуществления аэробного дыхания.

Каждая доля состоит из множества мелких **долек**, являющихся функциональными единицами печени.

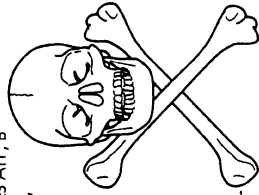
Печеночный тяж (балка), состоящий из гепатоцитов, контактирует с кровью, протекающей через синусоид.

Печеночный синусоид – это кровеносный сосуд, эндотелий которого пронизан порами; это создает возможность прямого контакта крови с гепатоцитами и купферовскими клетками.

Каждая доля образована пластинками **гепатоцитов**, радиально расходящимися от центральной вены. Функциональная единица печени, называемая **ацинусом**, включает группу гепатоцитов и снабжающие их сосуды (кровеносные и лимфатические), а также желчный проток).



Гепатоцит – клетка печени – имеет микроворсинки, увеличивающие площадь поверхности, через которую идет всасывание веществ из крови, поступающей через поры синусоидов. Он также содержит развитый аппарат Гольджи, осуществляющий подготовку клеточных продуктов к секреции; гранулярный ЭПР, отвечающий за синтез и внутриклеточный транспорт ряда белков; гранулы гликогена или жировые глобулы, служащие запасом энергии; многочисленные митохондрии, генерирующие АТФ, необходимые для проведения ряда метаблических реакций. В плазматическую мембрану встроены многочисленные транспортные белки, а также рецепторы инсулина. Хотя все гепатоциты выполняют весь набор функций печени, существует некоторая связь между их локализацией и функционированием. Так, клетки, расположенные ближе всего к портальным капиллярам, наиболее активно осуществляют глюконеогенез и глюконеоз, а также синтез АТФ, в ближайших к центральной вене, наиболее активно идет синтез жиров, гликолиз и метаболизм лекарственных веществ (именно эти клетки сильнее всего страдают от передозировки парацетамола).



Метаболизм белков
Дезаминирование избыточных аминокислот
 Аминокислота + кислород → оксокислота + аммиак
 далее аммиак превращается в **мочевину**
 $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$
Трансаминирование заключается в переносе $-\text{NH}_2$ -группы с аминокислоты на оксокислоту
 Аминокислота I + оксокислота II → аминокислота II + оксокислота I
 У человека таким способом синтезируются все аминокислоты, кроме восьми «незаменимых». **Синтез белков плазмы**, в том числе альбумина, глобулинов, гепарина, фибриногена, протромбина и фактора VIII.

Ветвь воротной вены печени (междольковая вена)
 Растворимые продукты пищеварения в **разных концентрациях**.

Ветвь печеночной артерии (междольковая артерия)
 Принесит оксигенированную кровь под высоким давлением – гепатоциты обладают большой потребностью в кислороде и очень чувствительны к гипоксии. Также доставляет лактат, образующийся в скелетных мышцах при анаэробном дыхании.

Желчный капилляр
 Собирает **желчь**, предназначенную для хранения в желчном пузыре. Желчь на 90% состоит из воды + **соли желчных кислот** (участвуют в образовании эмульсии из липидных капель) + **желчные пигменты** (экскретируются) + **холестерол + соли**. Выделение желчи в двенадцатиперстную кишку стимулирует гормон холецистокинин (панкреозимин).

Структура и функции печени

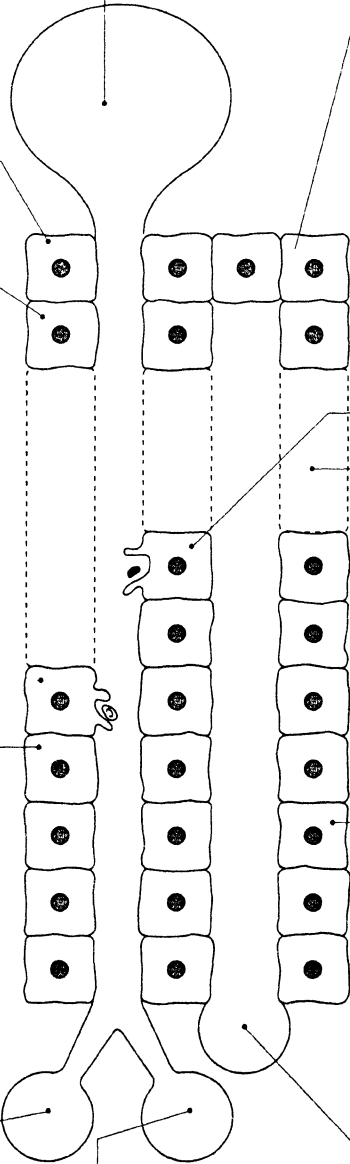
на примере одного ацинуса.

Производство тепла
 Благодаря высокой скорости метаболизма и значительному объему потребляемой энергии печень является главным теплообразующим органом. * Уровень метаболизма и, следовательно, образование тепла контролируется с помощью тироксина.
 * Существует ряд данных, опровергающих это утверждение. Показано, что при обычных температурах печени «термически-нейтральна», хотя при очень сильном охлаждении организма в ней усиливается эскотермический процесс (прим. легей)

Купферовская клетка
 Клетка ретикулоэндотелиальной системы, осуществляющая разрушение старых изношенных эритроцитов. Железо запасается в составе ферритина, глобин разбирается на аминокислоты, а пиррольные кольца экскретируются как желчные пигменты.

Метаболизм липидов
 1) Избыток углеводов превращается в жиры.
 2) Насыщенные запасные жиры перед окислением преобразуются в ненасыщенные.
 3) Синтез/расщепление фосфолипидов и холестерина
 4) Синтез глобулинов, транспортирующих липиды.

Запасание минералов и витаминов
 главным образом **железо** (в виде ферритина), некотором количестве калия, меди и микроэлементов
Витаминные запасы в основном **жирорастворимые витамины A, D, E, K**. **Небольшое количество** В₁₂, С; синтез витамина А из каротина.



Метаболизм углеводов
Гликолиз – стимулируется **инсулином**
Гликогенолиз: – стимулируется **глюкагоном**
Метаболизм лактата: – инициируется **лактатдегидрогеназой**
Глюконеогенез: – стимулируется **кортизоном и адреналином**
 Неуглеводные источники → глюкоза (например, глицерол, аминокислоты)

глюкоза ↔ глюкозо-6-фосфат ↔ глюкозо-1-фосфат ↔ пируват → глюкоза
 гликоген ↔ глюкоза ↔ гликоген
 гликоген ↔ глюкозо-6-фосфат ↔ глюкоза

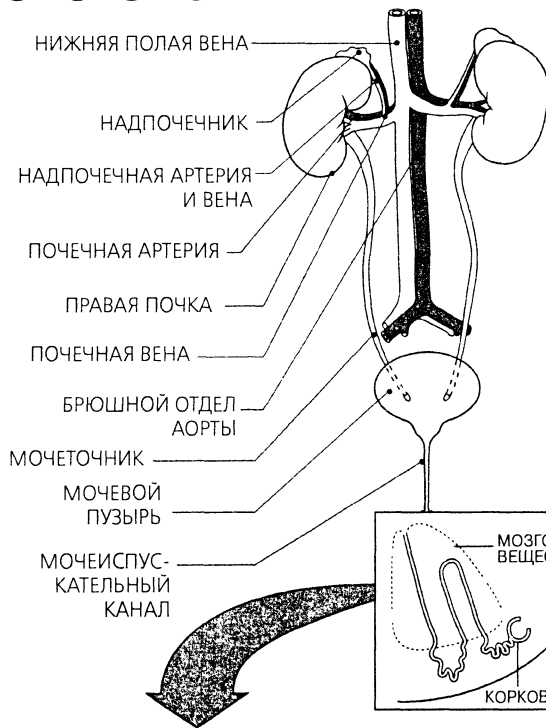
Ветвь печеночной вены (внутридольковая вена)
 Выводит из печени кровь, имеющую **постоянный состав**.

Детоксикация
 Часто происходит путем **окисления** (например, алкоголь → этанол), часто – с помощью белка Р450, иногда путем **восстановления** или **метилирования**. Многие медикаменты, или их промежуточные соединения, например, хлороформ, парацетамол, тетрациклин, алкоголь или анаболические стероиды, повреждают печень. Продукты детоксикации обычно экскретируются, но иногда могут накапливаться (например, ДДТ).

Макрофаг
 Мигрирующие клетки ретикулоэндотелиальной системы, распознающие патогены и уничтожающие их путем фагоцитоза.

Удаление гормонов
 Быстрая инактивация тестостерона и альдостерона. Постепенное разрушение инсулина, глюкагона, тироксина, кортизона, эстрогена и прогестерона.

Выделительная система



Кровоснабжение почки: за минуту через почечные сосуды проходит примерно 1200 см³ крови (около 25% от сердечного выброса).

Междольковая артерия: приносит кровь под высоким давлением в капилляры клубочков.

Междольковая вена: собирает кровь от клубочков, извитых канальцев и петель Генле.

Почечный сосочек: верхушка пирамиды, через которую из концов собирательных трубок выводится моча.

Мозговое вещество: видимая исчерченность образована петлями Генле, собирательными трубками и прямыми сосудами.

Мочеточник: переносит мочу из почечной лоханки в мочевой пузырь.

Почечная пирамида: одна из 5–12 треугольных структур, в совокупности образующих мозговое вещество почки.

Корковое вещество почки: содержит боуменовы капсулы и клубочки, а также проксимальные и дистальные извитые канальцы и сеть кровеносных сосудов.



Отдельный нефрон: сильно увеличен, чтобы показать его расположение относительно мозгового и коркового вещества.

Лоханка: место накопления мочи, поступающей через верхушки пирамид (почечные сосочки).

Ультрафильтрация происходит в почечной капсуле: роль фильтра выполняет **базальная мембрана клубочка**. В фильтрат проходит вода и растворенные вещества с молекулярной массой менее 68 000.

Клубочковый фильтрат: у человека образуется около 125 см³ фильтрата в минуту, (примерно 20% от объема плазмы, проходящей через почки за это время). Он содержит все вещества, присутствующие в крови, за исключением белков и клеток крови, слишком крупных, чтобы проникнуть через базальную мембрану клубочка.

Контролируемое активное всасывание Na⁺ происходит в дистальном извитом канальце. Вследствие этого эквивалентный объем воды переходит по градиенту осмотического потенциала.

Избирательная реабсорбция происходит в проксимальном канальце. Растворенные вещества селективно перемещаются из фильтрата в плазму путем **активного транспорта**, а вода — осмотическим путем. Реабсорбции подвергаются почти все аминокислоты и глюкоза и большое количество ионов (разное в зависимости от условий). Перемещение воды, составляющей около 80% объема фильтрата, в проксимальном канальце не регулируется и называется **облигатной (обязательной) реабсорбцией**.

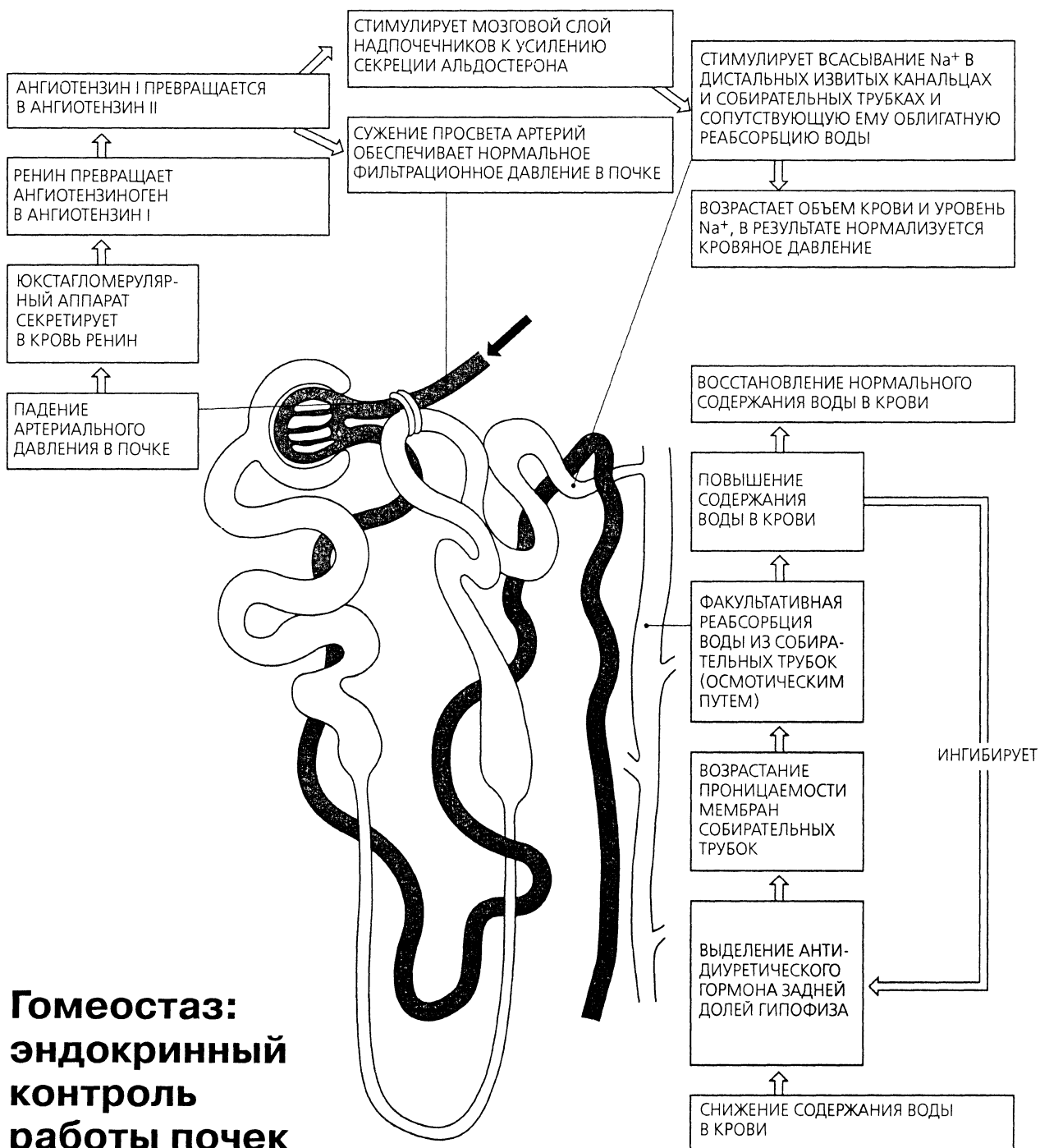
Восходящее и нисходящее колена петли Генле обладают различной проницаемостью и образуют **противоточный концентрирующий механизм**, создающий высокую концентрацию растворенных веществ в тканевой жидкости. Самая высокая концентрация достигается в глубине мозгового вещества.

Прямые сосуды образуют систему **противоточного обмена**. Из-за малой скорости кровотока в этих сосудах растворенные вещества, всасывающиеся из фильтрата, задерживаются в тканевой жидкости. Благодаря этому их высокая концентрация, создающаяся петлей Генле, сохраняется.

Всасывание воды из собирательной трубки регулируется в зависимости от потребностей организма. Оно зависит от (а) поддержания высокой концентрации растворенных веществ в тканевой жидкости и (б) контролируемой проницаемости стенок собирательной трубки.

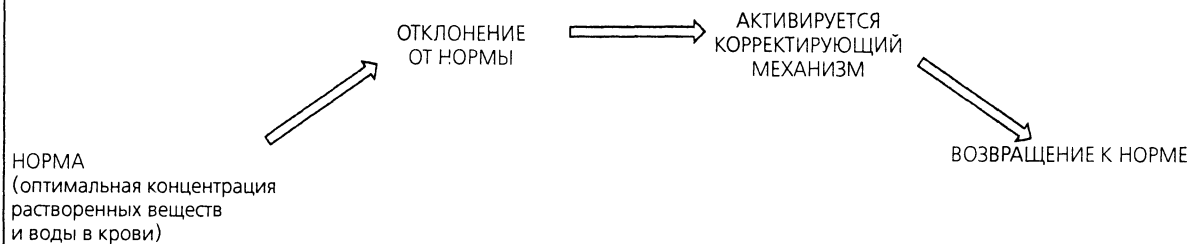
pH крови поддерживается на уровне 7.4 **буферной системой**. В зависимости от условий в дистальном канальце удерживаются или, наоборот, экскретируются ионы H⁺ и HCO₃⁻. В повышении pH участвуют также ионы NH₄⁺, образующиеся в почках.

В почечную лоханку в виде **мочи** поступает около 1% от объема фильтрата. Моча содержит в высоких концентрациях мочевину и креатинин, а также ионы в различных концентрациях. Обычно за день выделяется около 1,5 л мочи.



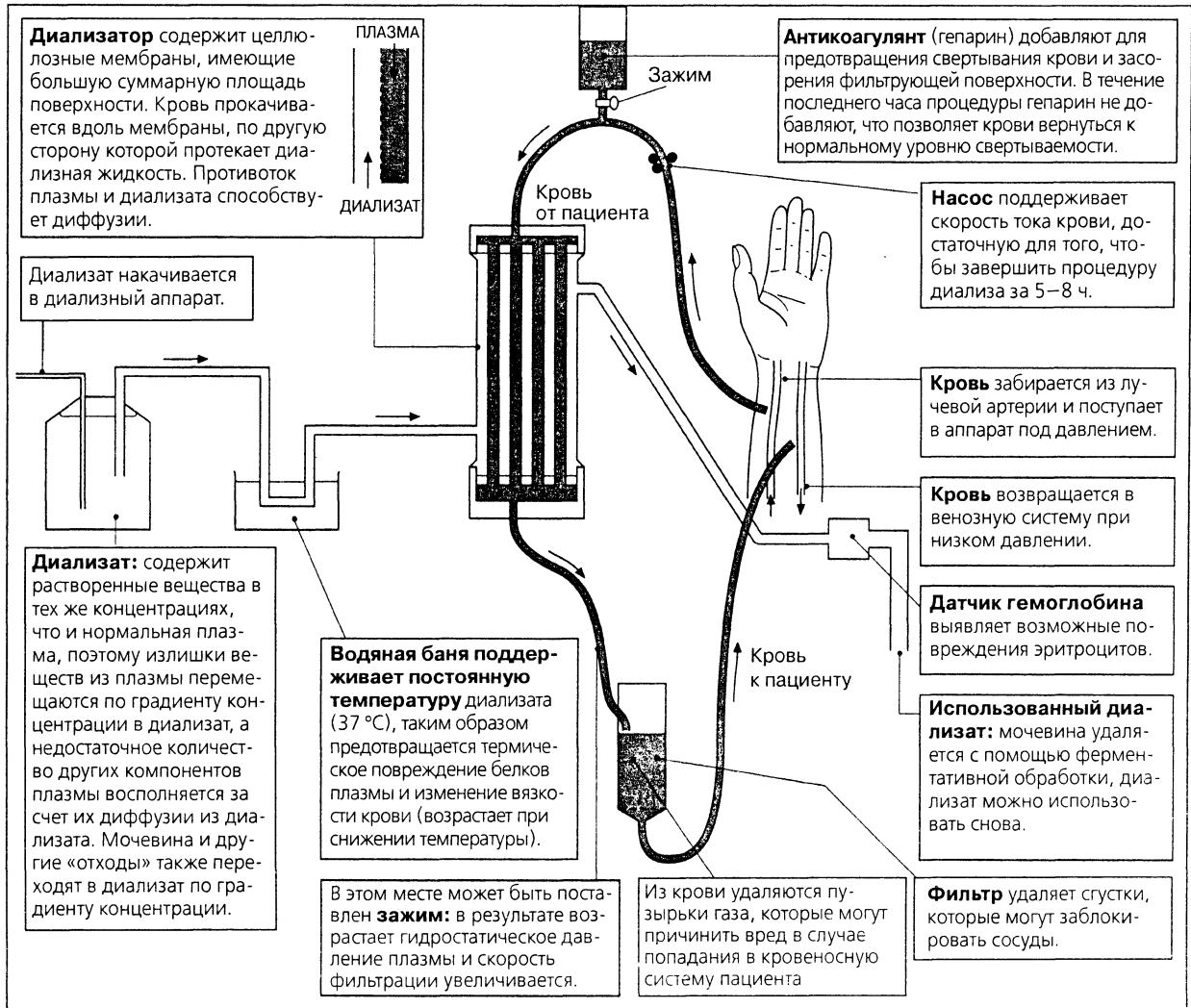
Гомеостаз: эндокринный контроль работы почек

Организация работы нефрона иллюстрирует базовый механизм гомеостаза (отрицательную обратную связь)



При отклонении от нормы запускается корректирующий механизм, который уничтожает это отклонение.

Нарушение работы почек: если одна или обе почки повреждены, для поддержания нормальной концентрации веществ в крови используется диализ или трансплантация.



ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ПОЧКИ

может быть необходима, если диализ не подходит пациенту или слишком дорог для него.

Операции по трансплантации почки имеют большой процент успешности, поскольку:

- 1) соединения между сосудами достаточно просты;
- 2) можно использовать живых доноров, поэтому проще подобрать донора с нужной группой крови;
- 3) благодаря п. 2 возникает меньше проблем, связанных с отторжением новой почки иммунной системой организма.

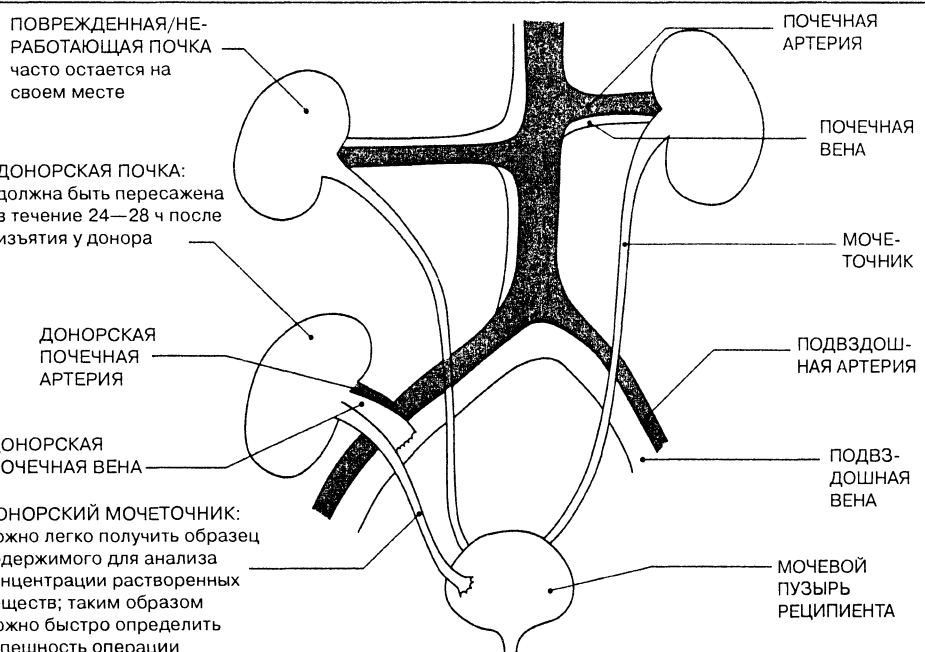
ПОВРЕЖДЕННАЯ/НЕРАБОТАЮЩАЯ ПОЧКА часто остается на своем месте

ДОНОРСКАЯ ПОЧКА: должна быть пересажена в течение 24–28 ч после изъятия у донора

ДОНОРСКАЯ ПОЧЕЧНАЯ АРТЕРИЯ

ДОНОРСКАЯ ПОЧЕЧНАЯ ВЕНА

ДОНОРСКИЙ МОЧЕТОЧНИК: можно легко получить образец содержимого для анализа концентрации растворенных веществ; таким образом можно быстро определить успешность операции.



Нейроны: состоят из тела клетки и отростков – дендритов и аксона – оканчивающихся синаптическими бляшками.

Дендриты – это цитоплазматические отростки, содержащие типичные клеточные органеллы. Они служат для получения информации, которая затем передается в тело клетки. Мембрана содержит большое количество **ионных каналов**, необходимых для передачи импульса.

МОТОРНЫЙ НЕЙРОН

Тело клетки содержит хорошо развитое ядро, ядрышко и большое количество митохондрий и лизосом. У нейронов, возраст которых больше 6 месяцев, отсутствуют **центриоли**, поэтому они не способны к делению (хотя способны к регенерации – см. ниже).

Аксональный холмик – участок **мембраны нейрона**, в котором возникает **потенциал действия**.

Перехваты Ранвье – это немиелинизированные участки мембраны нейрона. В этих участках может происходить перемещение ионов через мембрану, в результате чего потенциал действия «перескакивает» с одного перехвата на следующий (**сальтаторное проведение**).

Аксон – это нервное волокно, соединяющее тело клетки с синаптическими окончаниями.

Шванновские клетки, образующие оболочку аксона, относятся к клеткам глии. Когда шванновская клетка окружает аксон, ее ядро и цитоплазма вытесняются во внешний слой формирующейся оболочки.

Неврилемма – это мембрана, окружающая аксоны сенсорных и моторных нейронов, относящихся к периферической нервной системе. Она играет роль в регенерации поврежденных нервов, формируя оболочку вокруг нарушенного участка (в ЦНС это происходит очень редко).

Окончания аксона

Миелиновая оболочка образована 20–30 слоями мембран шванновских клеток. Высокое содержание фосфолипидов обеспечивает электрическую изоляцию → **сальтаторное проведение импульса**. Образование завершается в позднем детстве, поэтому у маленьких детей часто наблюдается плохая координация и замедленные реакции. Некоторые аксоны не миелинизированы, и шванновские клетки окружают их не полностью.

Концевые (синаптические) бляшки – осуществляют передачу нервного импульса от одного нейрона к другому или от нейрона к эффектору. Содержат пузырьки, наполненные **нейромедиатором**.



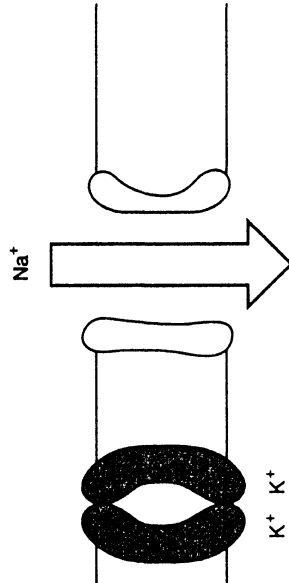
СЕНСОРНЫЙ НЕЙРОН

Потенциал действия: изменение мембранного потенциала, составляющее около 110 мВ, происходит в результате **входа ионов Na^+** .

Деполаризация: потенциалозависимые натриевые каналы открываются, и ионы Na^+ входят в аксон.

а) Вниз по градиенту концентрации Na^+

б) Вниз по электрохимическому градиенту



Перемещение ионов Na^+ во время деполаризации регулируется по принципу **положительной обратной связи**. По мере входа ионов Na^+ в аксон деполаризация мембраны возрастает, вследствие этого открывается больше натриевых каналов; через них поступают все новые ионы, приводящие к дальнейшей деполаризации и т.д.

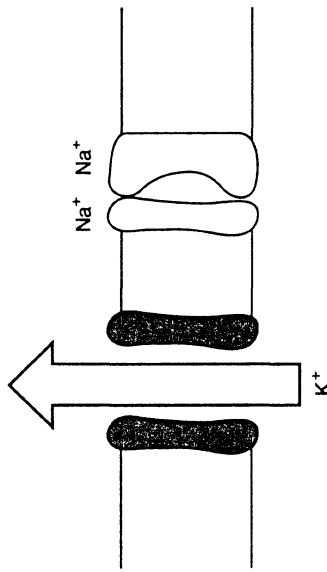
Восстановление потенциала покоя: хотя возникновение потенциала действия сопровождается перемещением ионов Na^+ и K^+ , изменения концентрации ионов очень малы (перемещается, вероятно, не более 10^7 от общего количества ионов). Благодаря работе натрий-калиевого насоса, быстро восстанавливающего исходный уровень градиентов ионов, множество потенциалов действия может быть проведено без существенного изменения этих градиентов.

Потенциал действия представляет собой цикл деполаризации-поляризации мембраны нейрона. Он запускается стимулом, достигающим пороговой величины. Амплитуда действия зависит от величины трансмембранных градиентов концентрации ионов и от того, насколько долго ионные каналы остаются открытыми. Поскольку оба эти фактора имеют постоянное значение, **амплитуда потенциала действия для каждого нейрона также постоянна**. Таким образом, нервные клетки подчиняются **закону «все или ничего»**: увеличение силы или частоты стимуляции не влияет на проведение импульса.

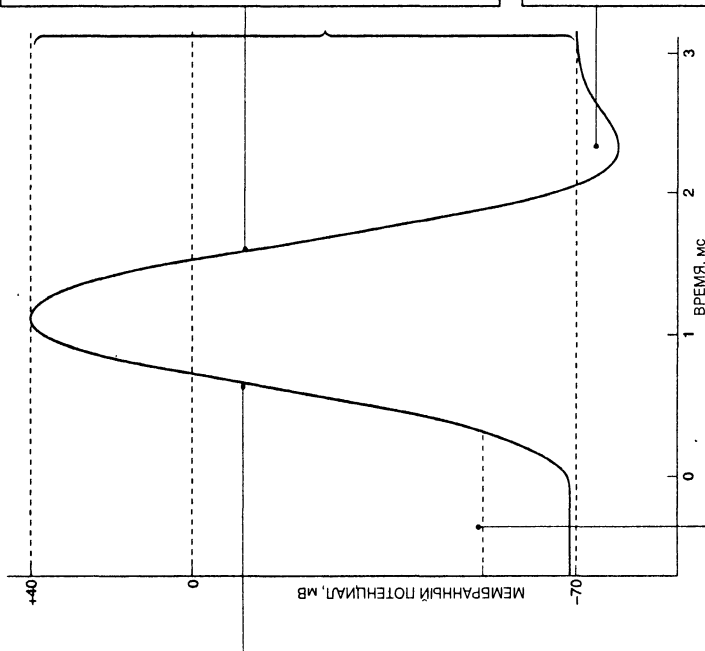
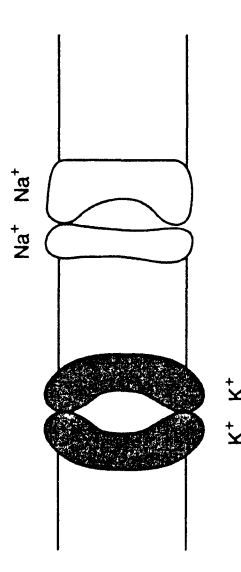
Реполаризация: натриевые каналы закрыты; в то же время калиевые каналы открыты, так что ионы K^+ могут выходить из аксона.

а) вниз по градиенту концентрации K^+

б) вниз по электрохимическому градиенту



Гиперполяризация и период рефрактерности: калиевые каналы закрыты; одновременно конформационные изменения белков, образующих натриевые каналы, приводят к их кратковременной **инактивации**. В результате мембрана нейрона становится неспособной реагировать на стимул, который в другое время вызвал бы потенциал действия.



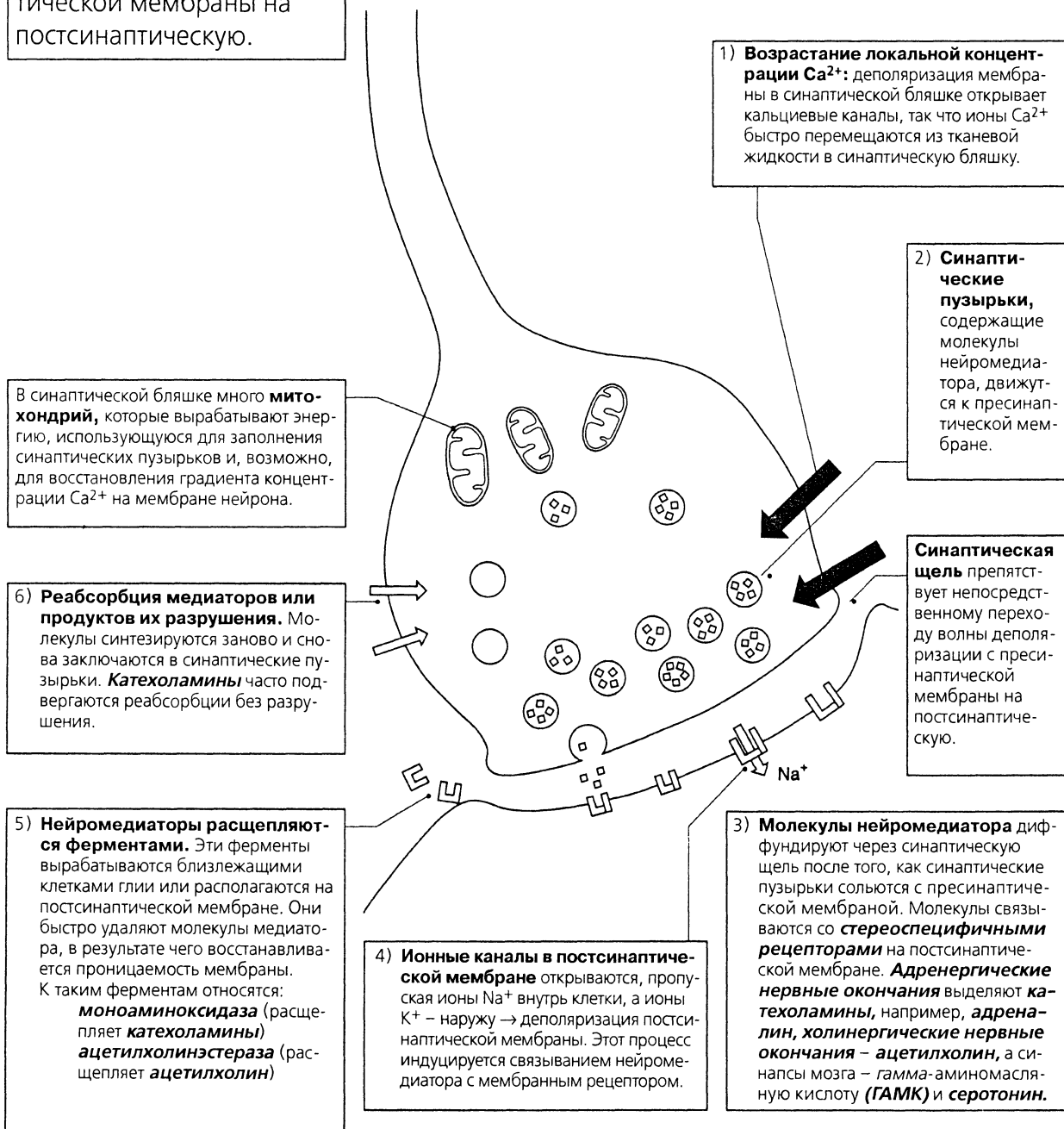
Пороговая величина: стимул, достаточно сильный для того, чтобы инициировать импульс, называется **пороговым стимулом**. Он запускает деполаризацию мембраны нейрона, а затем механизм положительной обратной связи обеспечивает ее продолжение. Стимулы, не достигающие пороговой величины, называются **подпороговыми**. Отдельный подпороговый стимул неспособен вызвать потенциал действия, однако серия таких стимулов **может** обладать кумулятивным эффектом, что приведет к возникновению импульса. Этот феномен называется **суммацией импульсов**.

Синапс: структура и функции

Передача потенциала действия через химический синапс происходит с помощью одностороннего переноса молекул нейромедиатора с пресинаптической мембраны на постсинаптическую.

Медикаменты и ядовитые вещества могут влиять на синаптическую передачу:

- 1) **Воспроизводят действия нейромедиаторов**, например, **никотин** воспроизводит действие ацетилхолина и норадреналина.
- 2) **Препятствуют разрушению медиаторов**, например, **кокаин** ингибирует реабсорбцию норадреналина.
- 3) **Блокируют рецепторы**, например, **бета-блокаторы** участвуют в регуляции сердцебиения, блокируя рецепторы в сердечной мышце. Эти бета-рецепторы в норме чувствительны к адреналину.
- 4) **Снижают выделение нейромедиаторов**, например, **алкоголь** влияет на сон, уменьшая выработку серотонина.

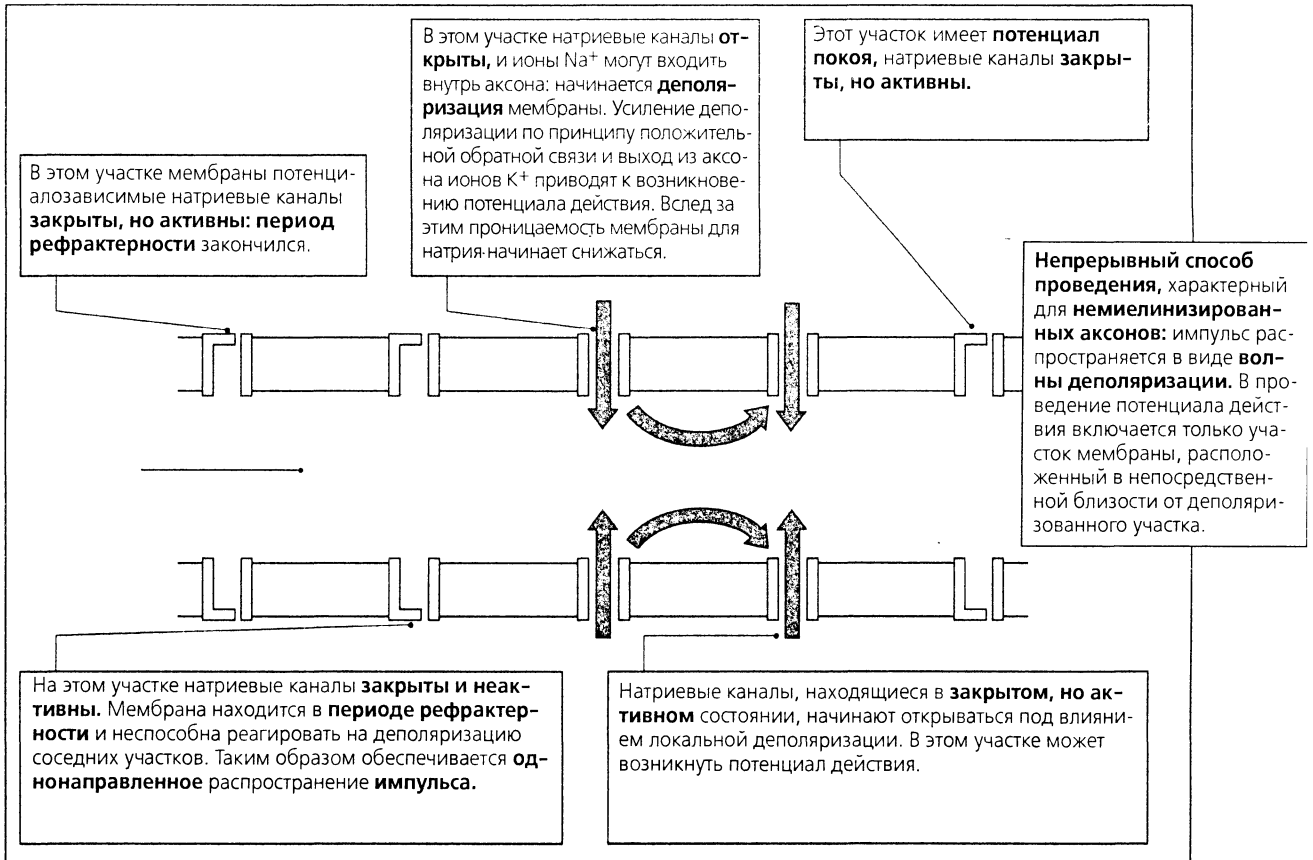


Возбудительный постсинаптический потенциал возникает, когда при связывании медиаторов с рецепторами на постсинаптической мембране **открываются** ионные каналы, в результате чего повышается **вероятность деполяризации**.

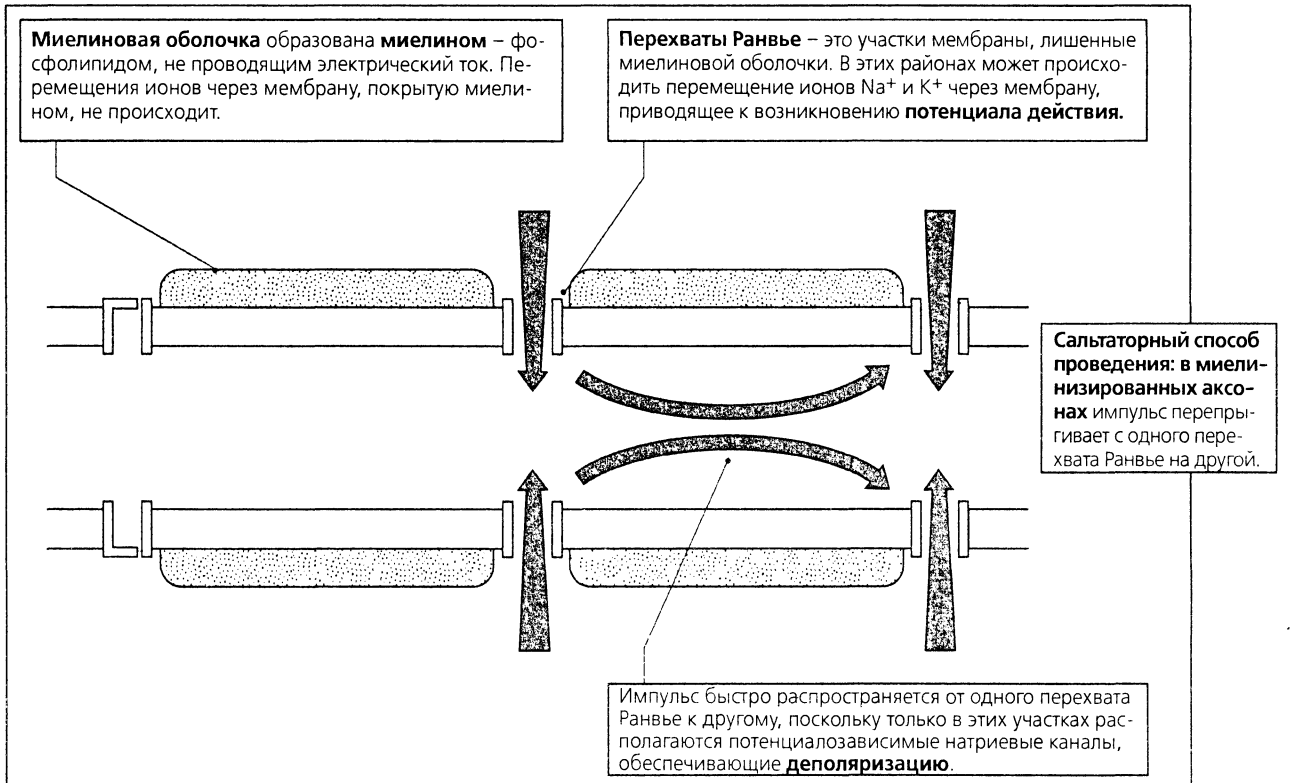
Тормозный постсинаптический потенциал возникает, когда при связывании медиатора с рецепторами на постсинаптической мембране ионные каналы **остаются закрытыми***, вызывая **гиперполяризацию** и снижая вероятность **деполяризации**.

* По другим данным, в этом случае открываются каналы для ионов K^+ и Cl^- , перемещение которых вызывает гиперполяризацию мембраны (прим. перев.)

Распространение потенциала действия



Направление распространения потенциала действия.



Сенсорные клетки превращают стимулы в электрические импульсы.

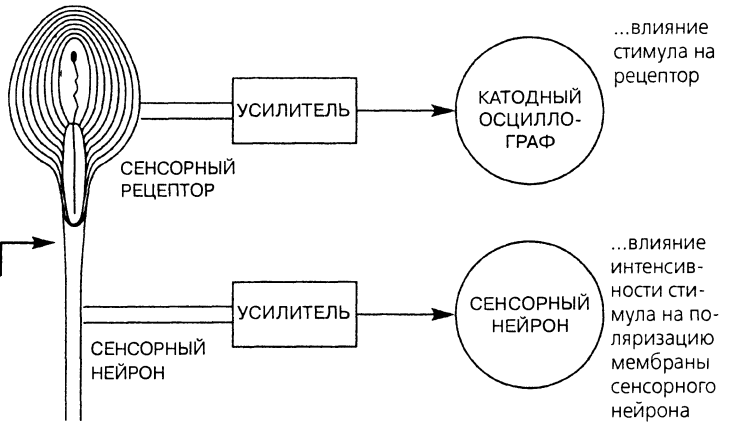
ТЕЛЬЦА ПАЧИНИ

- расположены в коже (слой *дермы*)
- **мультимембранные** (состоят из многих слоев)
- **инкапсулированы** (отгорожены от окружающих тканей)

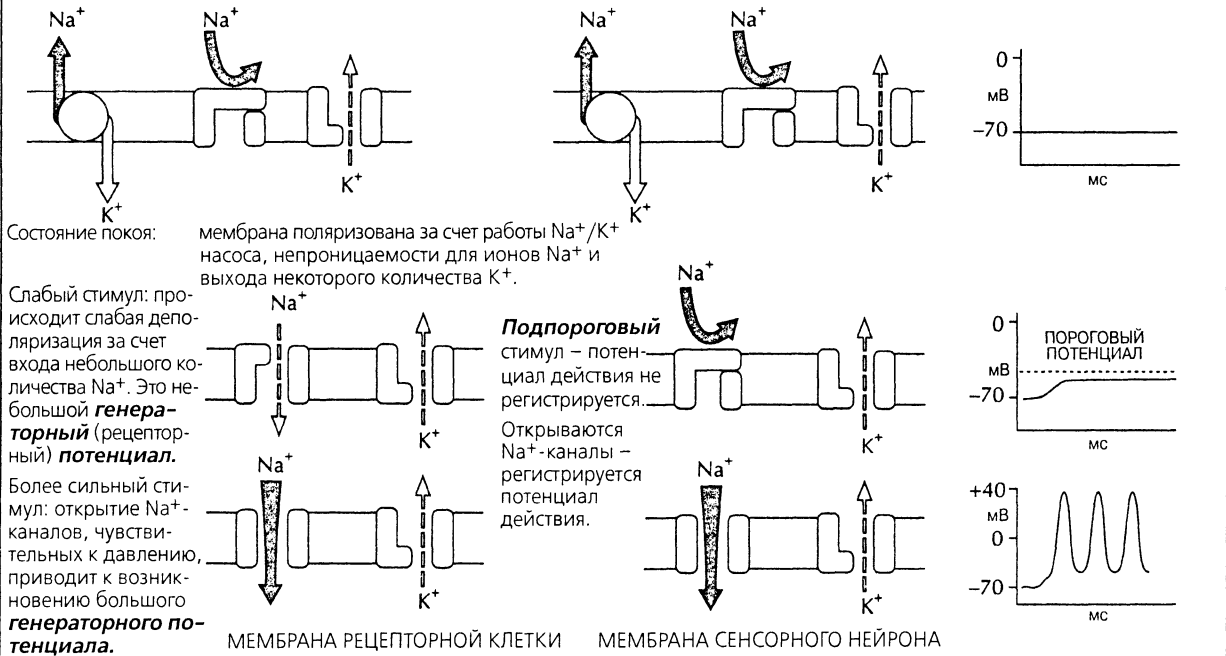
Их легко исследовать, поскольку они

- имеют крупный размер
- могут быть легко отделены от других тканей.

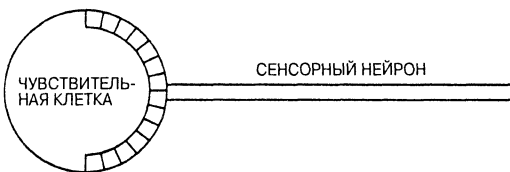
Используя тельца Пачини, можно измерить...



ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СЕНСОРНОГО РЕЦЕПТОРА



РЕЗЮМЕ:



Возрастание интенсивности стимула → усиление деполяризации, т.е. **генераторный (рецепторный) потенциал модулируется по амплитуде**.

Возрастание интенсивности стимула → более частые **потенциалы** действия с той же амплитудой, т.е. **потенциал действия модулируется по частоте**.

ОЩУЩЕНИЕ (восприятие) – это осознание внешнего или внутреннего стимула. **Разнообразие ощущений** вызывается:

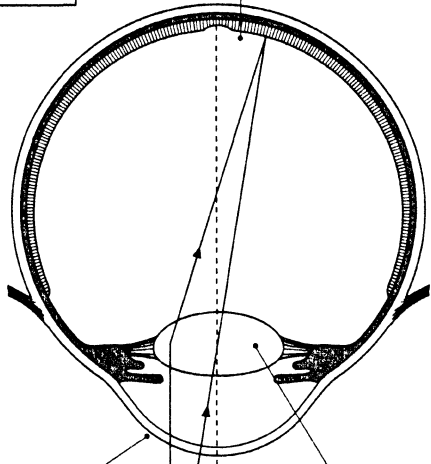
- более частыми потенциалами действия;
- более обильными связями в чувствительных областях мозга;
- стимуляцией большого количества сенсорных нейронов.



Чрезмерная стимуляция какого-либо рецептора может вызвать **болевые ощущения**.

Функции глаза: четкое изображение при ярком свете и в сумерках.

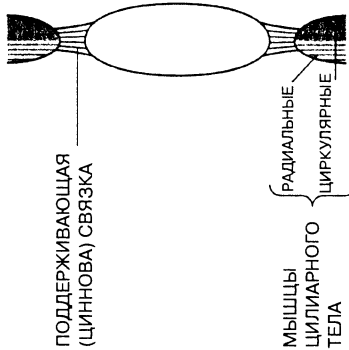
РОГОВИЦА/ВОДЯНИСТАЯ ВЛАГА: дает **максимальное**, но **не изменяющееся** схождение световых лучей благодаря большой разнице с воздухом в коэффициентах преломления.



ОБЪЕКТ

СЕТЧАТКА: содержит фоточувствительные клетки. Здесь формируется **ПЕРЕВЕРНУТОЕ УМЕНЬШЕННОЕ** изображение.

ХРУСТАЛИК: позволяет осуществлять тонкую регулировку схождения (чтобы обеспечить четкое изображение на сетчатке), поскольку по обе стороны от хрусталика (в водянистой и стекловидной влаге) коэффициент преломления почти одинаков.



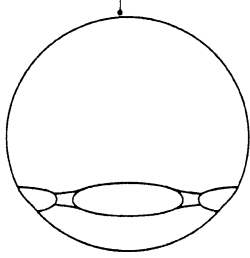
ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ (ЦИННОВА) СВЯЗКА

МЫШЦЫ ЦИЛИАРНОГО ТЕЛА
 { РАДИАЛЬНЫЕ
 ЦИРКУЛЯРНЫЕ

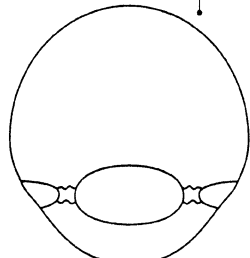
АККОММОДАЦИЯ – изменение формы хрусталика, обеспечивающее точную фокусировку световых лучей на сетчатке

РАСПЛАБЛЕННЫЕ/СОСННЫЕ ГЛАЗА – настроены на наблюдение за далекими объектами, поэтому изображение близких объектов расплывается.

СТРУКТУРА СОСТОЯНИЕ
 Радиальные мышцы Напряжены
 Циркулярные мышцы Расслаблены
 Циннова связка Натянута
 Хрусталик Вытянутый, плоский

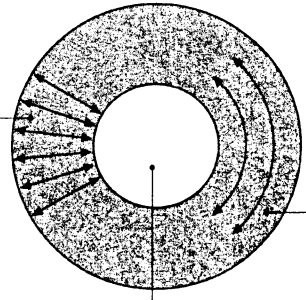


ДАЛЕКИЕ ОБЪЕКТЫ: МИНИМАЛЬНОЕ СХОЖДЕНИЕ
 Радиальные мышцы Расслаблены
 Циркулярные мышцы Напряжены
 Поддерживающая связка Расслаблена
 Хрусталик Становится более выпуклым



ЧРЕЗМЕРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ГЛАЗА – вызывается длительным сокращением циркулярных мышц цилиарного тела, противостоящим давлению влаги

РАДИАЛЬНЫЕ МЫШЦЫ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ: сокращаются – диаметр зрачка увеличивается – **В ГЛАЗ ПОПАДАЕТ БОЛЬШЕ СВЕТА.**



ЗРАЧОК: пропускает свет внутрь глаза

ЦИРКУЛЯРНЫЕ МЫШЦЫ РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ: сокращаются – диаметр зрачка уменьшается – **В ГЛАЗ ПОПАДАЕТ МЕНЬШЕ СВЕТА.**

ЗРАЧКОВЫЙ РЕФЛЕКС – предотвращает обесценивание сетчатки, контролируя интенсивность света, проникающего внутрь глаза.



ЗРАЧОК УМЕНЬШАЕТСЯ В ДИАМЕТРЕ ← ЦИРКУЛЯРНЫЕ МЫШЦЫ СОКРАЩАЮТСЯ, РАДИАЛЬНЫЕ МЫШЦЫ РАССЛАБЛЯЮТСЯ

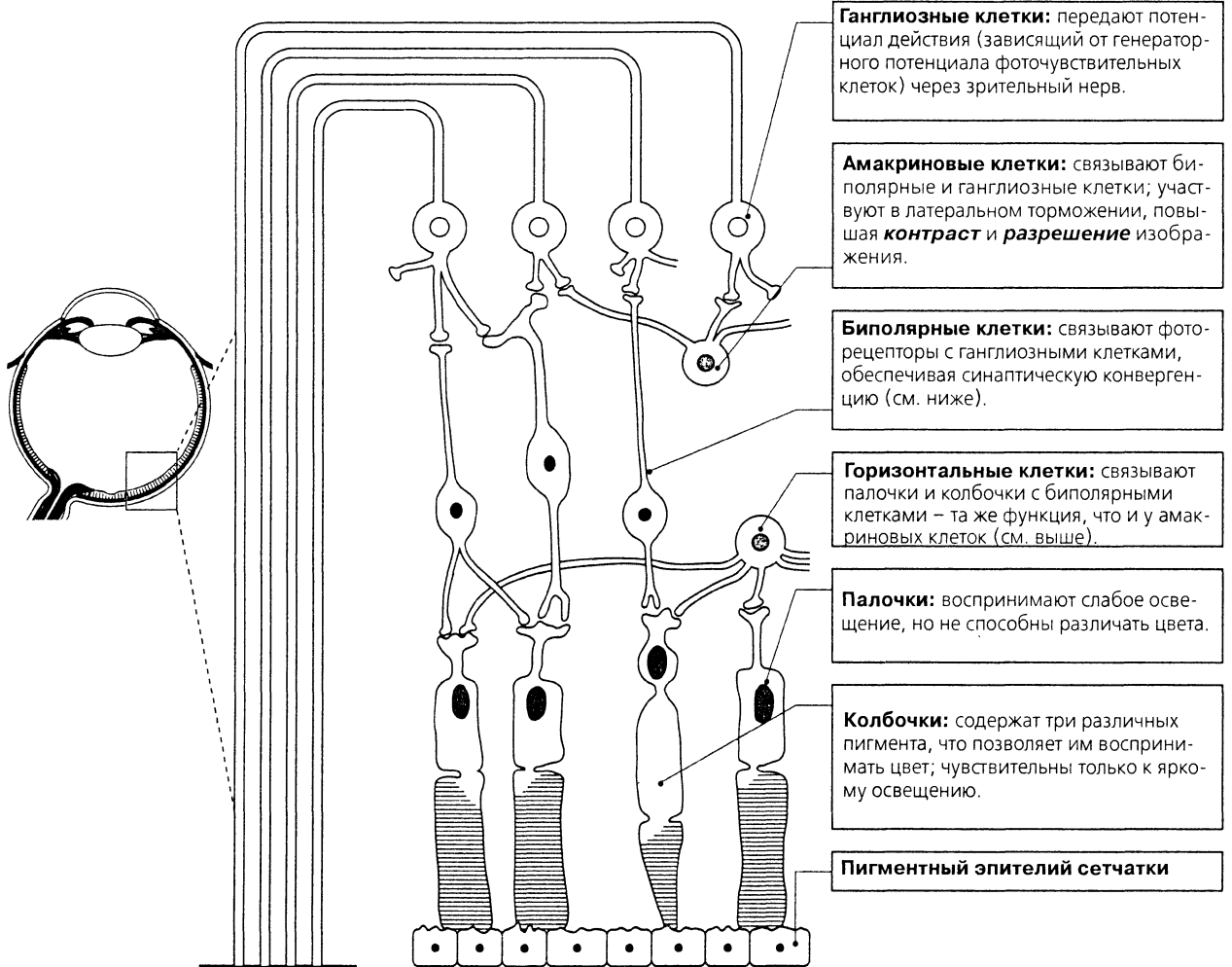
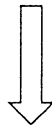
ВЕЩЕСТВА, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЗРАЧКОВЫЙ РЕФЛЕКС
 • АТРОПИН – блокирует ацетилхолин → РАСШИРЕНИЕ ЗРАЧКА
 • ГЕРОИН – повторяет действие парасимпатической нервной системы → СОКРАЩЕНИЕ ЗРАЧКА

АДРЕНАЛИН (ГОРМОН СТРЕССА) оказывает то же действие, что и симпатическая нервная система – РАСШИРЕНИЕ ЗРАЧКА



Строение и функция сетчатки

НАПРАВЛЕНИЕ ЛУЧЕЙ СВЕТА



ЗРИТЕЛЬНЫЙ НЕРВ

ЗРИТЕЛЬНЫЙ ПЕРЕКРЕСТ (ХИАЗМ) В ТАЛАМУСЕ

ЗРИТЕЛЬНАЯ СЕНСОРНАЯ ЗОНА КОРЫ

ЗРИТЕЛЬНАЯ АССОЦИАТИВНАЯ ЗОНА КОРЫ

ПАЛОЧКИ И СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Сигналы от множества палочек могут суммироваться с помощью биполярных клеток, каждая из которых образует синапсы с несколькими палочками и с единственной ганглиозной клеткой. **Синаптическая конвергенция** обеспечивает высокую **светочувствительность**, поэтому именно палочки отвечают за **ночное зрение**. Поскольку в области центральной ямки содержится мало палочек, в темноте предметы видны более четко, если не смотреть прямо на них.

КОЛБОЧКИ И ОСТРОТА ЗРЕНИЯ

Каждая колбочка связана через биполярную клетку с единственной ганглиозной клеткой. Поскольку колбочки расположены очень плотно, особенно в области центральной ямки, они способны разделять близкие световые стимулы – сетчатка может различить два источника света, сигналы от которых воспринимаются соседними колбочками, разделенными всего одной клеткой. **В отсутствие синаптической конвергенции** достигается **высокая острота зрения**, но **светочувствительность при этом снижена**.

СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИЯ ПАЛОЧКИ

ВНЕШНИЙ СЕГМЕНТ

содержит многочисленные мембранные диски, на которых располагаются молекулы светочувствительного пигмента **родопсина**. Под воздействием света белковая часть молекулы пигмента меняет конфигурацию; в результате этого запускается каскад реакций, приводящий (с использованием гидролиза циклического GMP) к гиперполяризации мембраны палочки.

ПЕРЕТЯЖКА

содержит пару видоизмененных ресничек и соединяет метаболический центр, расположенный во внутреннем сегменте, со светочувствительной областью.

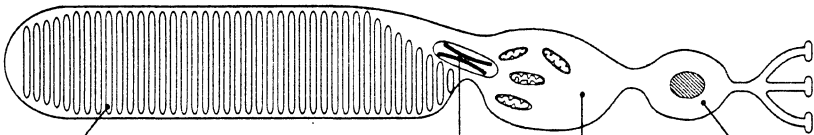
ВНУТРЕННИЙ СЕГМЕНТ

содержит многочисленные митохондрии (АТФ для активного транспорта ионов Na^+), рибосомы (синтез опсина) и эндоплазматический ретикулум (хранение Ca^{2+} и сборка мембран).

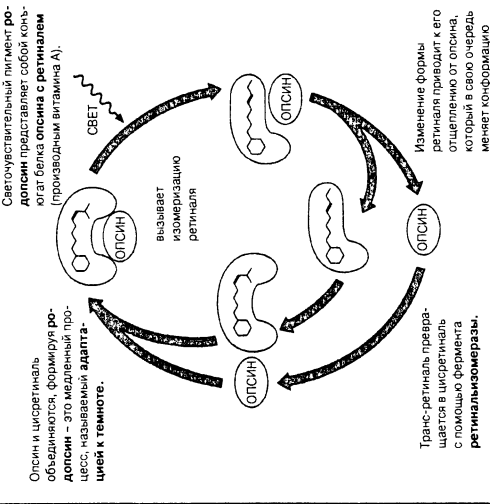
ТЕЛО КЛЕТКИ с ядром

СИНАПТИЧЕСКОЕ ОКОНЧАНИЕ

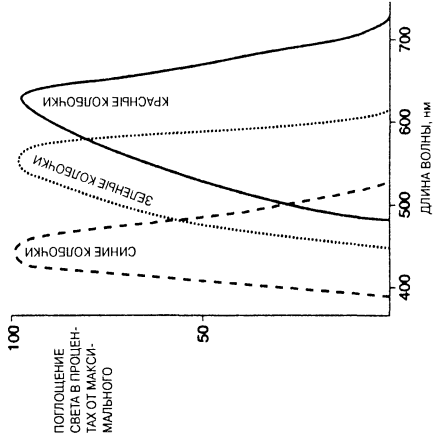
выделяет нейромедиатор. Максимальное количество выделяется в **темноте**.



МЕХАНИЗМ ФОТОРЕЦЕПЦИИ



Согласно **трихроматической теории зрения**, существует три формы йодопсина. Каждая из них чувствительна к определенной длине волны света, соответствующей одному из трех основных цветов: **красному, синему или зеленому**.



Каждая колбочка, по-видимому, содержит определенный тип йодопсина; импульс, распознаваемый мозгом, представляет собой комбинацию импульсов от трех типов колбочек.

Фоторецепторы сетчатки: палочки и колбочки.

КОЛБОЧКИ И ЦВЕТНОЕ ЗРЕНИЕ

Механизм фоторецепции колбочек практически тот же, что у палочек, но в качестве компонента светочувствительного пигмента выступает **йодопсин** (или **фотопсин**). Для диссоциации этого пигмента (т.е. для генерации импульса) необходимо большее количество энергии, поэтому колбочки менее чувствительны к слабому освещению.

ТИП СТИМУЛИРУЕМЫХ КОЛБОЧЕК		ЦВЕТ РАЗЛИЧАЕМЫЙ МОЗГОМ
СИНИЕ (440 нм)	ЗЕЛЕННЫЕ (550 нм)	
+	+	БЕЛЫЙ
+		СИНИЙ
	+	ЗЕЛЕНый
		КРАСНЫЙ
+	+	СИНЕ-ЗЕЛЕНый
	+	ОРАНЖЕВый/ЖЕЛТый
+	+	ФИОЛЕТОВый

Трихроматическая теория подтверждается данными исследований с использованием рекомбинантной ДНК: показано, что формы опсина, чувствительные к красному, синему и зеленому свету, кодируются разными генами.

Мозг осуществляет координацию и регуляцию:

он воспринимает информацию от различных источников, сопоставляет ее с предыдущим опытом (процесс научения) и контролирует ответные реакции.

Мозговые оболочки: выстилают череп и покрывают мозг. Участвуют в защите и питании мозга; при поражении вирусом или бактериями развивается смертельно опасное заболевание – **менингит**.

Кора головного мозга: содержит двигательные зоны, контролирующие произвольные движения, сенсорные зоны, в которых интерпретируются ощущения, и ассоциативные зоны, осуществляющие связь между двигательными и сенсорными областями. Отвечает за интеллект, память, речь и сознание.

Лобные доли: здесь располагаются зоны, отвечающие за проявление эмоций; повреждение этой области может привести к развитию агрессии, апатии и других эмоциональных сдвигов.

Гипоталамус: содержит центры, контролирующие чувства голода и жажды и терморегуляцию.

Гипофиз: осуществляет связь между центральной нервной и эндокринной системами. Выделяет ряд гормонов, включая фолликулостимулирующий гормон (регулирует развитие женских гамет) и антидиуретический гормон (контролирует обратное всасывание воды в почках).

Продолговатый мозг: связывает спинной и головной мозг, передавая информацию между этими двумя структурами. Содержит ряд центров рефлекторной регуляции, которые контролируют:

- жизненно важные рефлексы, регулирующие дыхание, сердцебиение и просвет сосудов;
- рефлексы, контролирующие глотание, слюноотделение, кашель и чихание.

Черепная коробка: окружает и защищает мозг.

Зрительная зона: расположена в затылочной области коры головного мозга:

- обрабатывает импульсы, поступающие по зрительному нерву, т.е. отвечает за зрение;
- содержит связывающие нейроны, отвечающие за аккомодацию и зрачковый рефлекс.

Мозжечок: координирует движения, используя сенсорную информацию от рецепторов положения, расположенных в разных участках тела. Помогает поддерживать положение тела, используя информацию от внутреннего уха. Контролирует обучение таким видам активности, как танец, атлетика и игра на музыкальных инструментах.

НЕ ЗАБЫВАЙТЕ

- Мозг не только является центром научения, но и отвечает за **черепные рефлексы**, такие как моргание.
- развитие **условных рефлексов** сопровождается созданием в мозге нервных путей, связывающих стимул с определенным ответом, например, звук обеденного гонга может вызывать выделение слюны.
- эволюционные преимущества млекопитающих отчасти связаны с постоянной температурой их тела, позволяющей мозгу работать в течение более долгого времени – это облегчает процесс обучения.

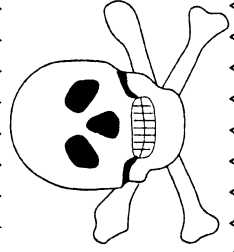
НАРКОТИКИ И ФУНКЦИИ МОЗГА

Алкоголь оказывает прогрессирующее влияние на мозг:

- 1–2 единицы – влияет на эмоциональные центры переднего мозга;
- 5–6 единиц – влияет на координацию движений через моторные области коры мозга;
- 7–8 единиц – вызывает ступор и нечувствительность к боли, нарушая работу сенсорных зон, в том числе зрительного центра;
- более 10 единиц – может быть смертельно, так как сильно тормозится активность продолговатого мозга и гипоталамуса.

Героин может вызывать эйфорию и нечувствительность к боли, поскольку тормозит болевые и эмоциональные центры.

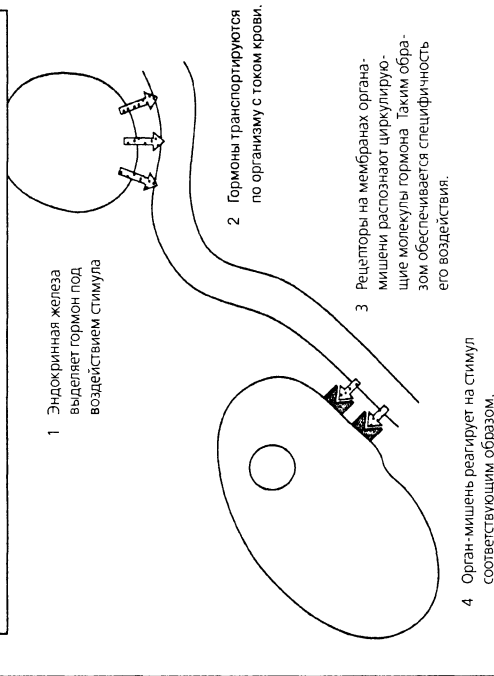
ЛСД может вызывать галлюцинации путем изменения баланса мозговых нейромедиаторов и нарушения функции продолговатого мозга, «фильмующего» информацию, поступающую в кору.



Позвоночный столб: состоит из 33 отдельных позвонков, окружающих и защищающих спинной мозг; между каждыми двумя позвонками проходит пара **спинномозговых (спинальных) нервов**, несущих сенсорную информацию в спинной мозг и моторную информацию из него. Смещение позвонка может привести к сдавливанию спинальных нервов, сопровождающемуся сильной болью, или даже к нарушению спинного мозга, приводящему к параличу.

Эндокринный контроль осуществляется через гормоны, выделяемые секреторными клетками и связывающиеся со специфическими рецепторами клеток-мишеней.

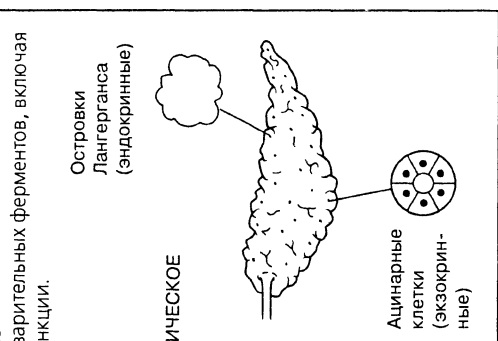
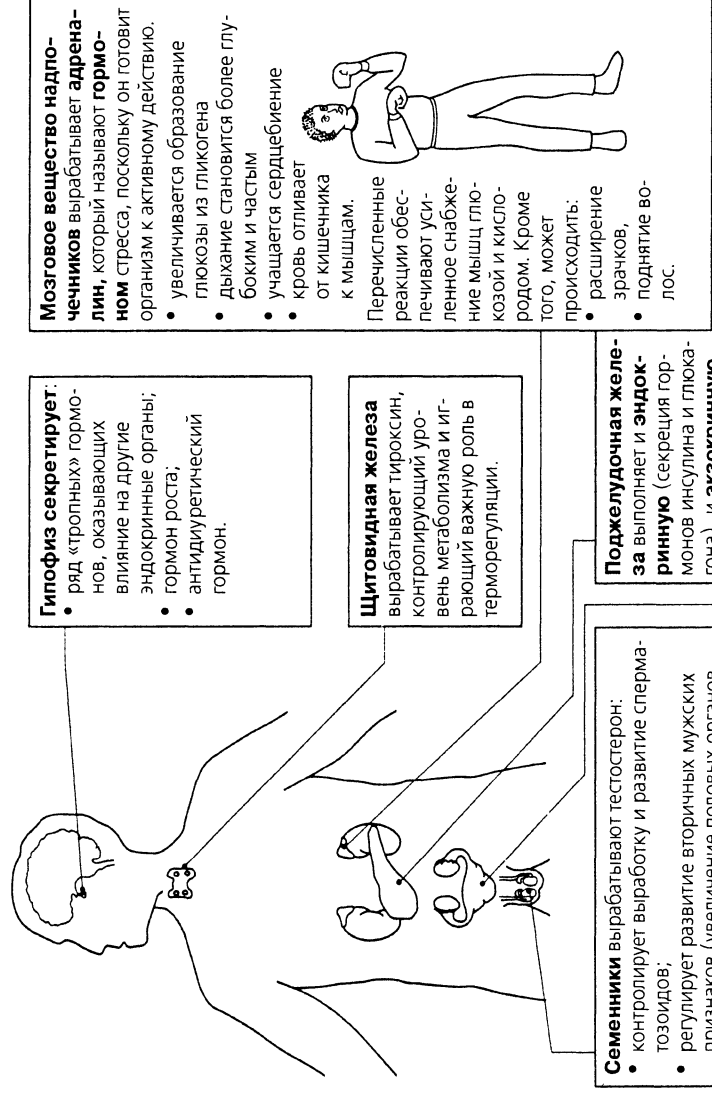
Гормон – это химическое соединение, вырабатывающееся в одном участке организма и транспортирующееся в другой участок, где оно вызывает ответную реакцию клеток-мишеней.



СРАВНЕНИЕ НЕРВНОЙ И ЭНДОКРИННОЙ РЕГУЛЯЦИИ

	НЕРВНАЯ	ЭНДОКРИННАЯ
ТИП СИГНАЛА	Электрохимические импульсы	Химические соединения (гормоны)
СПОСОБ РАСПРОСТРАНЕНИЯ	Специфические нервные клетки	Кровеносная система
ЭФФЕКТ	Быстрый, обычно краткосрочный, например, моргание	Обычно более длительный, но длительный, например, рост

Надо отметить, что гормон **адреналин** дает быстрый, но краткосрочный эффект, что приближает его действие к действию нервной системы.



Спинальный мозг и рефлекторная активность

Рефлекс – это быстрый автоматический ответ на внешний или внутренний стимул, позволяющий организму поддерживать гомеостаз. Рефлексы могут быть **соматическими** или **автономными**, но всегда включают последовательность: РЕЦЕПТОР → СЕНСОРНЫЙ НЕЙРОН → ЦНС → ДВИГАТЕЛЬНЫЙ НЕЙРОН → ЭФФЕКТОР

Восходящее волокно передает импульсы в вышестоящие центры ЦНС (продолговатый мозг, мозжечок и/или кора головного мозга).

Интернейрон (вставочный или промежуточный нейрон) проводит импульс через спинной мозг. Он немиелинизирован, поэтому импульс распространяется относительно медленно. Это дает нервному центру возможность модифицировать рефлекторный ответ; модификация осуществляется через нисходящие волокна. В самых простых рефлекторных дугах, таких как коленный рефлекс, интернейрон отсутствует.

Центральный канал заполнен спинномозговой жидкостью, которая снабжает нервные ткани питательными веществами и поддерживает электролитный баланс в ЦНС.

Серое вещество образовано телами клеток (в основном двигательных нейронов) и немиелинизированными аксонами интернейронов. В нем также расположены **глиальные клетки** (выполняют опорную и питательную функции). Серый цвет связан с отсутствием миелина.

Белое вещество состоит из пучков аксонов двигательных и сенсорных нейронов, относящихся как к восходящим, так и к нисходящим путям. Эти клетки миелинизированы, поэтому вся область имеет светлую окраску.

Двигательный нейрон соматической нервной системы передает импульсы на различные эффекторы, исключая скелетные мышцы. Таким образом один импульс может вызывать несколько ответных реакций.

Двигательный нейрон соматической нервной системы передает импульсы из ЦНС на эффектор (обычно на волокна поперечно-полосатой мускулатуры). Эти нейроны миелинизированы и образуют передний корешок спинального нерва.

Нисходящее волокно передает импульсы из вышестоящих нервных центров. Рефлекторный ответ может быть изменен путем вливания мозговых центров на постсинаптические потенциалы двигательных нейронов. Нисходящие волокна действуют на тормозные (ослабляют рефлекторный ответ) и возбуждающие (усиливают ответ). Импульсы, передающиеся через интернейроны и нисходящие волокна, могут подвергаться пространственной или временной суммации. И восходящие, и нисходящие волокна миелинизированы, поэтому импульсы быстро передаются в мозг и из мозга.

Ганглий дорсального корешка представляет собой вздутие спинального нерва, содержащее скопление сенсорных нейронов.

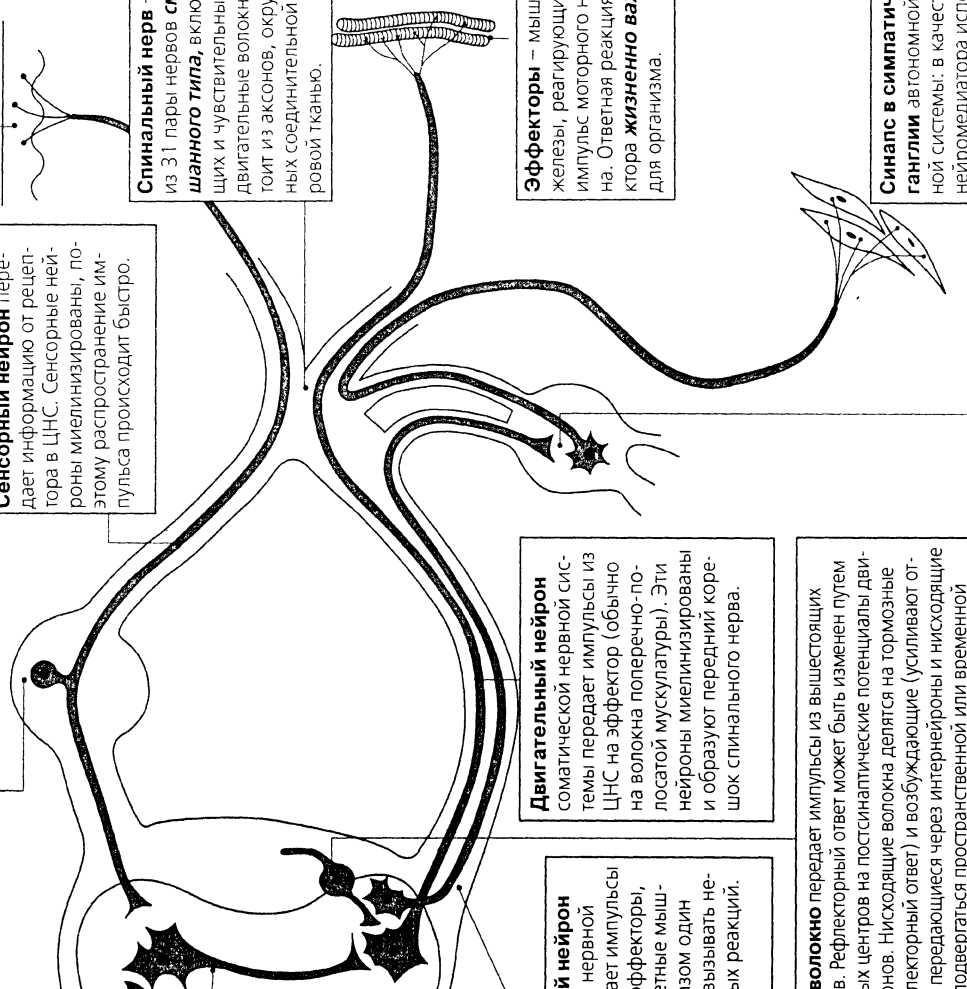
Рецептор – это начальная точка рефлекторной дуги. Рецептор отвечает на **стимул** (раздражитель) возникновением генераторного (рецепторного) потенциала, амплитуда которого зависит от силы раздражителя. Вследствие этого на сенсорном нейроне возникает **потенциал действия**, при этом сила раздражителя кодируется **частотой нервных импульсов**.

Сенсорный нейрон передает информацию от рецептора в ЦНС. Сенсорные нейроны миелинизированы, поэтому распространение импульса происходит быстро.

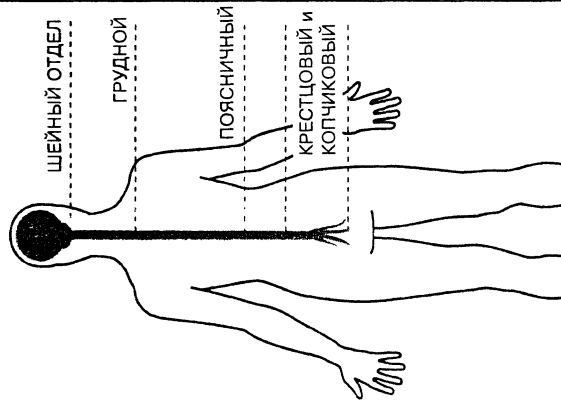
Спинальный нерв – один из 31 пары нервов **смешанного типа**, включающих и чувствительные, и двигательные волокна. Составит из аксонов, окружающей тканью.

Эффекторы – мышцы или железы, реагирующие на импульсы моторного нейрона. Ответная реакция эффектора **жизненно важна** для организма.

Синапс в симпатическом ганглии автономной нервной системы: в качестве нейромедиатора используется адреналин или норадреналин.



ЦЕНТРАЛЬНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА (ЦНС)

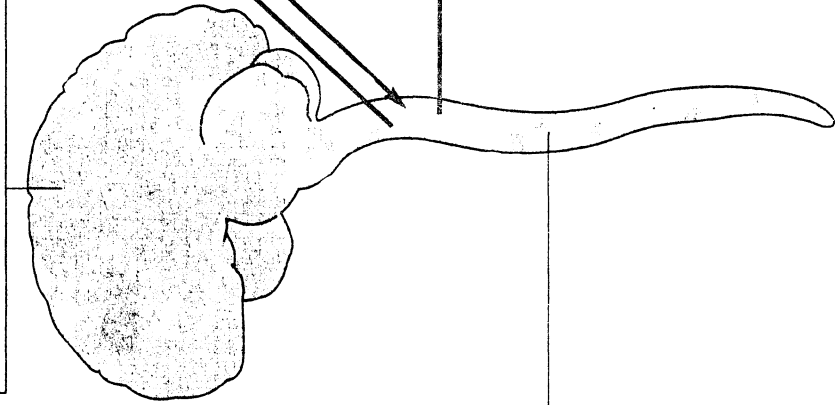


Спинальный мозг:

- центр рефлекторной активности;
- связывает головной мозг с периферической нервной системой;
- толщина возрастает от основания (т.е. от головного мозга) к поясничному отделу, где он разветвляется на множество нисходящих нервов;
- окружен позвонками, образующими позвоночный столб;
- связан с периферической нервной системой 33 парами спинальных нервов, проходящих между соседними позвонками;
- каждый нерв иннервирует группу мышц и участок кожи.

Головной мозг – главный координирующий и регуляторный орган:

- получает информацию от органов чувств, расположенных на голове, и из других участков тела (по восходящим волокнам спинного мозга);
- осуществляет коммуникацию через **церебрные нервы, нисходящие волокна** на спинного мозга и с помощью эндоринной системы (через **гипофиз**);
- использует различные нейромедиаторы, включая допамин, серотонин, гистамин, ГАМК и эндорфины.



Нервная система человека

подразделяется на центральную и периферическую.

ПЕРИФЕРИЧЕСКАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Соматическая нервная система:

- содержит и чувствительные, и двигательные волокна;
- регулирует произвольную активность, например, движения конечностей, шеи, губ, языка и глазных век, а также опорочение мочевого пузыря;
- основной нейромедиатор – **ацетилхолин**.

Сенсорная система:
передает информацию в ЦНС



Моторная система:
доставляет информацию из ЦНС к эффекторам

Спинальный мозг:
поперечный срез

Автономная (вегетативная) нервная система:

- содержит только двигательные нейроны;
- регулирует **непроизвольную физиологическую активность**, например, сердцебиение, кровоток, слюноотделение;
- в качестве медиаторов используются **ацетилхолин и норадреналин**;
- подразделяется на два отдела: **симпатический** и **парасимпатический**.

Симпатический отдел:

- волокна выходят из черепного, грудного и поясничного отделов;
- доминирует во время активности. Стимулирует сердцебиение и подавляет перистальтику и мочеиспускание;
- медиатор – норадреналин.

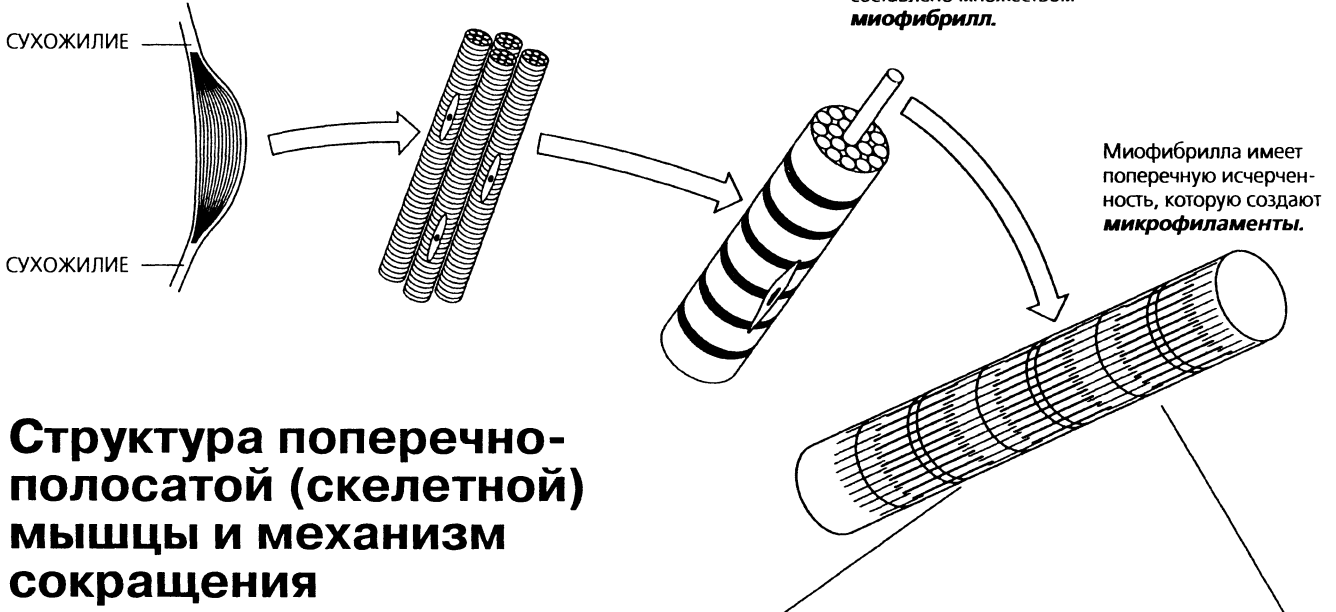
Парасимпатический отдел:

- волокна выходят из черепного и крестцового отделов;
- доминирует в состоянии покоя. замедляет сердцебиение, стимулирует перистальтику и мочеиспускание;
- медиатор – ацетилхолин.

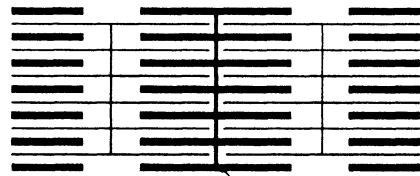
Знание того, какие структуры иннервирует каждый из нервов, позволяет оценить уровень вреда, причиненного спинному мозгу; это дает возможность применить более направленное и эффективное лечение.

Отдельная мышца состоит из сотен **мышечных волокон**.

Каждое мышечное волокно составлено множеством **миофибрилл**.



Структура поперечно-полосатой (скелетной) мышцы и механизм сокращения



Диск I уменьшается по мере того, как актин скользит между молекулами миозина.

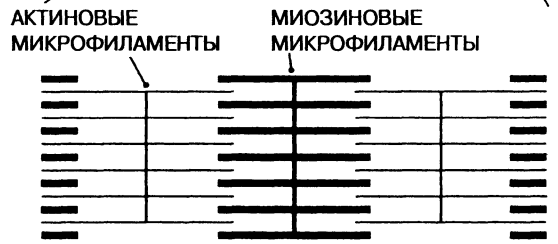
Диск А сохраняет тот же размер, поскольку длина молекулы миозина не изменяется.

Зона Н уменьшается по мере того, как возрастает перекрывание актина и миозина.



длина **САРКОМЕРА** уменьшается

СОКРАЩЕНИЕ



Диск I (светлая зона) состоит из актиновых микрофиламентов.

Диск А (темная зона) содержит и актиновые, и миозиновые микрофиламенты.

Зона Н состоит из миозиновых микрофиламентов.



САРКОМЕР

Для мышечного сокращения необходимы ионы

Ca^{2+} и АТФ

ТРОПОМИОЗИН

АКТИН

Ca^{2+}

Место связывания миозина свободно

Удаляют регуляторный белок **тропомиозин**, блокирующий места связывания на молекуле актина, к которым может присоединиться головка молекулы миозина в процессе скольжения филаментов один относительно другого.

Изменяет форму миозиновой головки таким образом, что актиновые и миозиновые филаменты могут скользить относительно друг друга.

МИОЗИН

АКТИН

АТФ «активирует» головку миозина

Миозиновая головка может присоединиться к следующему месту связывания

Связывание миозина с актином вызывает «кивок» и скольжение актина

Движение передней конечности

иллюстрирует действие **группы мышц**. При сокращении скелетных мышц сила передается на сухожилия, которые смещают кости.

«Начало» мышцы: место присоединения мышечного сухожилия к неподвижной кости. Обратите внимание, что бицепс имеет два начала.

Сухожилие: неэластичная структура, обладающая некоторой гибкостью за счет параллельного расположения плотно упакованных коллагеновых фибрилл. Незластичность необходима для того, чтобы мышечное сокращение могло быть передано на движущуюся кость. **Связки – эластичные структуры, позволяющие костям двигаться в суставах.**

Лучевая кость

Локтевая кость

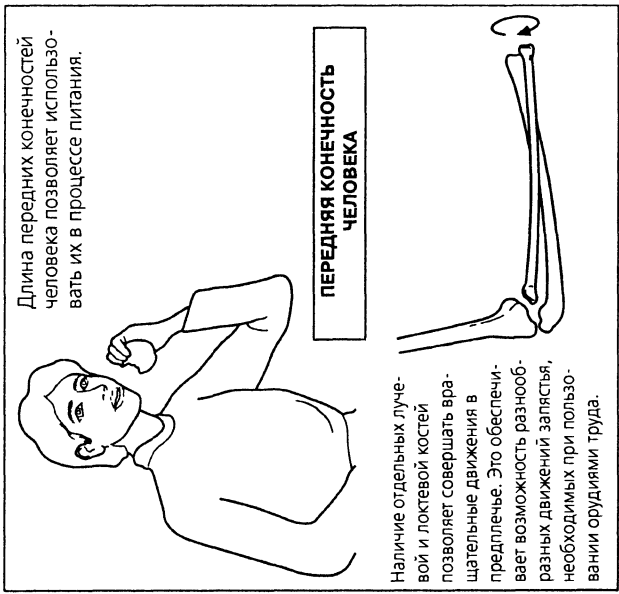
Двуглавая мышца (бицепс) – основной **сгибатель** локтевого сустава. Во время сгибания локтя бицепс выступает как **агонист**, а трицепс (трехглавая мышца) – как **антагонист**. Бицепс, кроме того, двигает ладонь и предплечье (поворачивает их вверх или вперед).

«Прикрепление» мышцы: место присоединения мышечного сухожилия к подвижной кости. Это сухожилие проходит через сустав.

Мясистая часть мышцы (**«брюшко»**) не покрывает движущуюся часть кости – вместо этого через сустав проходит сухожилие, обеспечивающее смещение кости.

Длина передних конечностей человека позволяет использовать их в процессе питания.

ПЕРЕДНЯЯ КОНЕЧНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

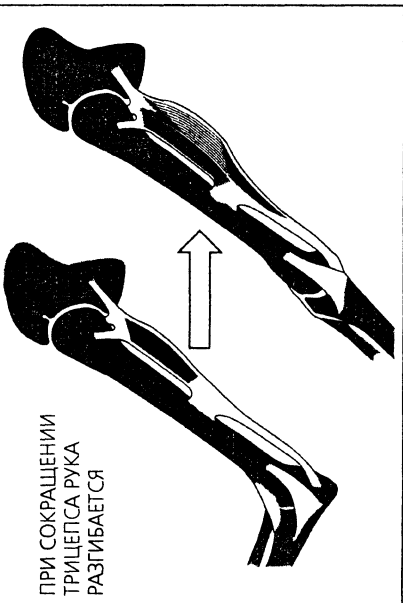


Наличие отдельных лучевой и локтевой костей позволяет совершать вращательные движения в предплечье. Это обеспечивает возможность разнообразных движений запястья, необходимых при пользовании орудиями труда.

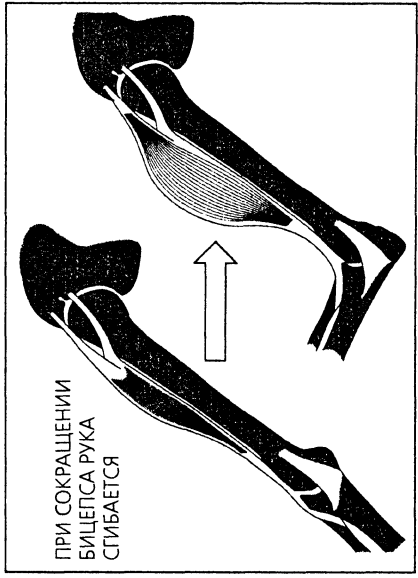
Плечевая кость

Трицепс – это главный **разгибатель** локтевого сустава. Когда бицепс сокращается и локоть сгибается, трицепс действует как **антагонист** бицепса.

ПРИ СОКРАЩЕНИИ ТРИЦЕПСА РУКА РАЗГИБАЕТСЯ



ПРИ СОКРАЩЕНИИ БИЦЕПСА РУКА СГИБАЕТСЯ



Мышцы: влияние физической нагрузки

КРАТКОСРОЧНАЯ

Кровоснабжение мышц во время физической нагрузки может усиливаться в 2,5 раз.

Дыхание и кислородная задолженность: после того, как ресурс креатинфосфата израсходован, АТФ может синтезироваться в процессе анаэробного дыхания. Кислородная задолженность, возникающая в результате интенсивной работы мышц, может составлять 10–12 дм³ (у спортсменов – до 18–20 дм³).

Утомление и истощение: утомление – это неспособность мышцы долго сокращаться с постоянной силой. Оно связано с токсическим воздействием накапливающегося лактата.

В конце концов утомление переходит в истощение, связанное с падением концентрации K^+ в мышечных клетках.

Повреждение: например, разрыв или растяжение мышцы в результате сильной нагрузки без предвзвешенной разминки. Сильные нагрузки приводят к укорочению и уплотнению мышц, в результате они становятся более подверженными таким повреждениям.

Мышечные боли после физических упражнений вызываются небольшим воспалением и связанным с ним опуханием мышечной ткани в период восстановления.

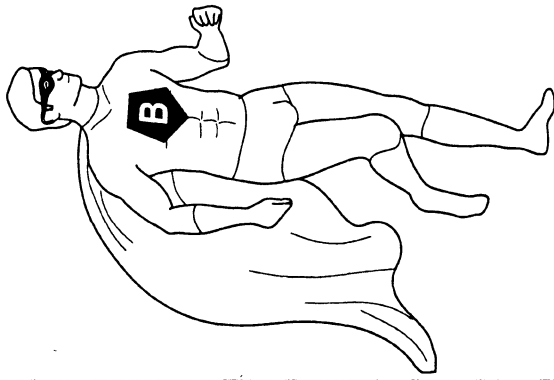
ДОЛГОСРОЧНАЯ

Объем мышц определяется генетически; рост мышечной массы стимулируется высокой концентрацией тестостерона (в том числе и анаболическими стероидами). В результате тренировок объем мышц может вырасти на 60%, в основном за счет увеличения диаметра отдельных волокон.

Координация: улучшается, особенно между антагонистами, так как если одна мышца начинает сокращаться быстрее, антагонист должен быстрее расслабляться.

Биохимические изменения, связанные с возрастанием количества и размера митохондрий: возрастание активности ферментов цикла Кребса, активизация транспорта электронов и окисления жирных кислот (приводит к удвоению «продуктивности» митохондрий). Запасы креатинфосфата, гликогена, жиров и миоглобина удаляются, образуется высвобождение жирных кислот из этих запасов.

Кровоснабжение: возрастает количество сосудов и проточность капилляров, в результате улучшается снабжение питательными веществами и эффективность очистки от токсичных веществ.



Судорога – это мощное, продолжительное неконтролируемое сокращение, возникающее в результате переутомления мышц, особенно при недостаточном их кровоснабжении. Усиливается в условиях холода и низкой концентрации кислорода или соли.

Дефицит гликогена и калия: связан с утомлением и истощением. Для восстановления оптимальных концентраций этих веществ может потребоваться несколько дней.

Гликоген – «запас энергии». Если после периода углеводного голодания (48 ч) следует период поступления большого объема простых сахаров (24 ч), мышцы «загружаются» гликогеном – полезно при подготовке к марафону!

СПРИНТ ИЛИ МАРАФОН? БЫСТРЫЕ ИЛИ МЕДЛЕННЫЕ МЫШЕЧНЫЕ ВОЛОКНА

СТРОЕНИЕ	БЫСТРЫЕ (БЕЛЫЕ)	МЕДЛЕННЫЕ (КРАСНЫЕ)
РАСПОЛОЖЕНИЕ	Мало митохондрий Мало миоглобина Много гликогена	Много митохондрий Много миоглобина Мало гликогена
ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ	Ближе к поверхности Возбудимые – ответ типа «все или ничего» Быстрое сокращение Быстрое утомление Быстрое образование кислородной задолженности, анаэробное дыхание	В глубоких слоях конечностей Низкая возбудимость – градуальный ответ Медленное сокращение Медленное утомление Дыхание в основном аэробное, но могут создавать кислородную задолженность
ФУНКЦИЯ	Быстрое недолгое сокращение – «спринт»	Длительное сокращение – «марафон» (например, поддержание положения тела)

Источник энергии для сокращения мышц

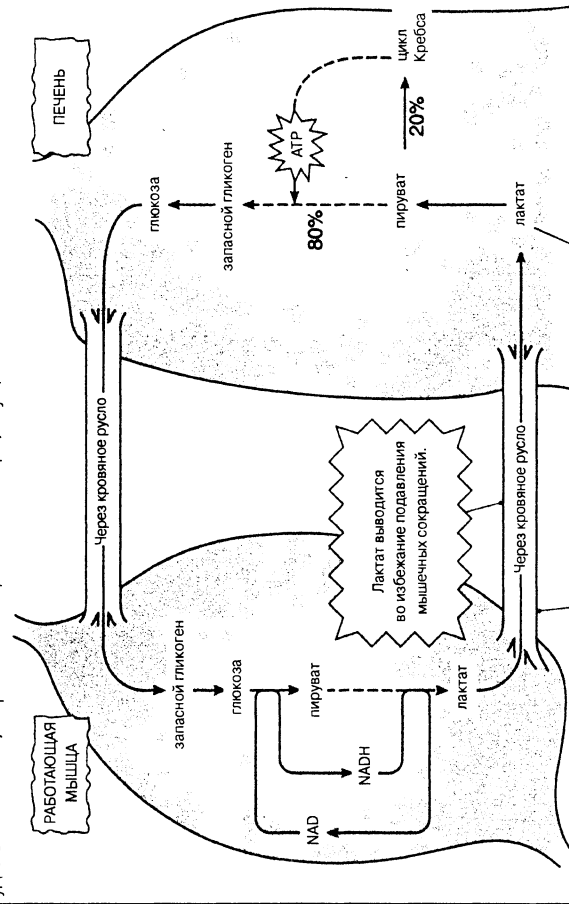
Непосредственным источником энергии для сокращения мышцы (путем формирования актин-миозинных мостиков) является аденозинтрифосфат (АТФ). Мышечная клетка содержит небольшое количество АТФ, достаточное лишь для 7–8 одиночных сокращений, поэтому при длительной стимуляции возникает его недостаток. Восполнение запаса АТФ происходит путем переноса фосфатной группы с **креатинфосфата** на АДФ.

Многие спортсмены принимают креатин для повышения работоспособности.



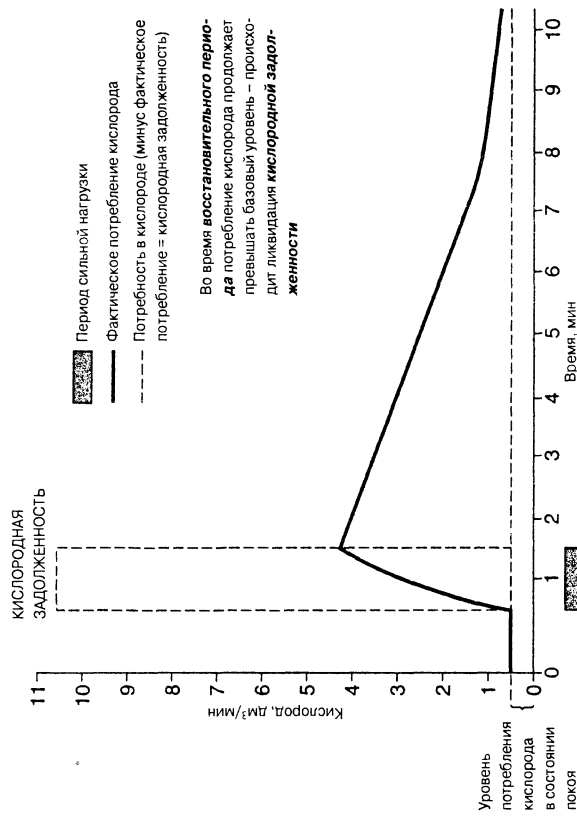
АНАЭРОБНОЕ ДЫХАНИЕ И КИСЛОРОДНАЯ ЗАДОЛЖЕННОСТЬ:

удаление лактата, вырабатывающегося в мышцах, осуществляет печень.



Тренировка мышц улучшает их кровоснабжение и, соответственно, повышает скорость удаления лактата.

Объем кислорода, необходимый для окисления лактата, накапливающегося во время аэробных сокращений, называется **КИСЛОРОДНОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ**. У тренированных спортсменов она может составлять до 20 дм³



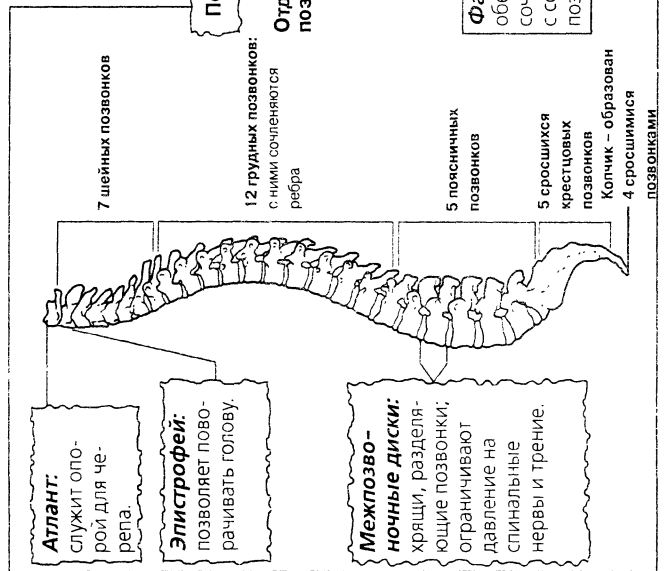
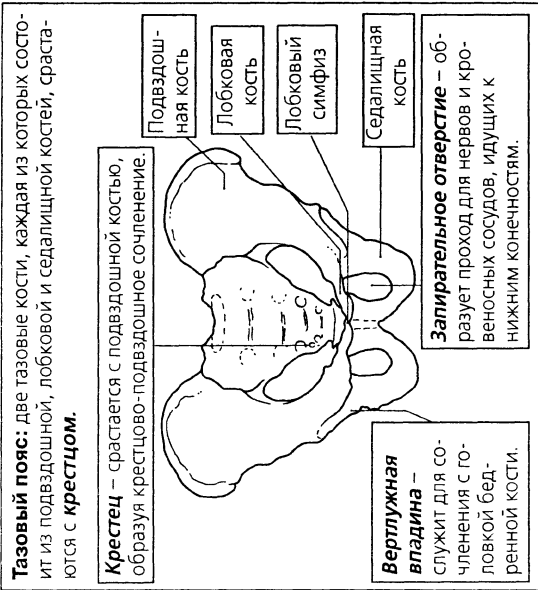
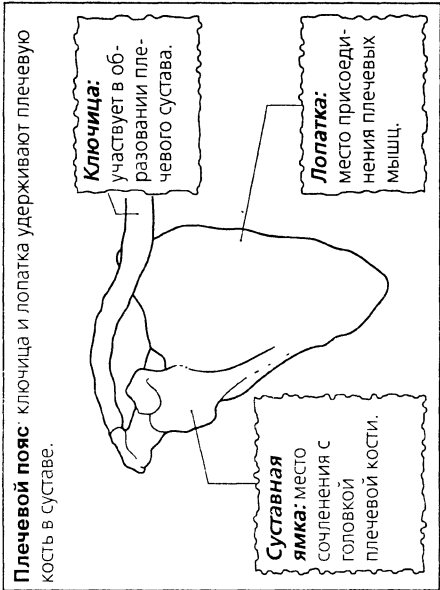
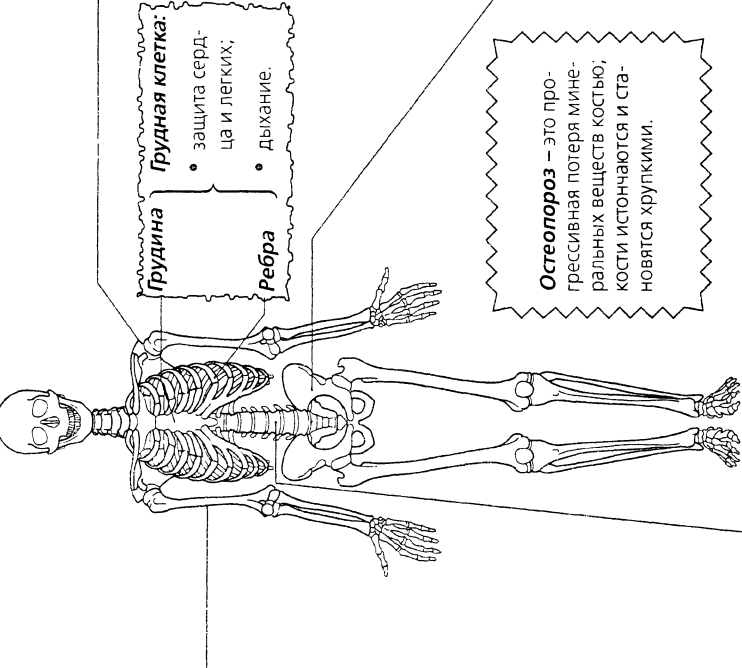
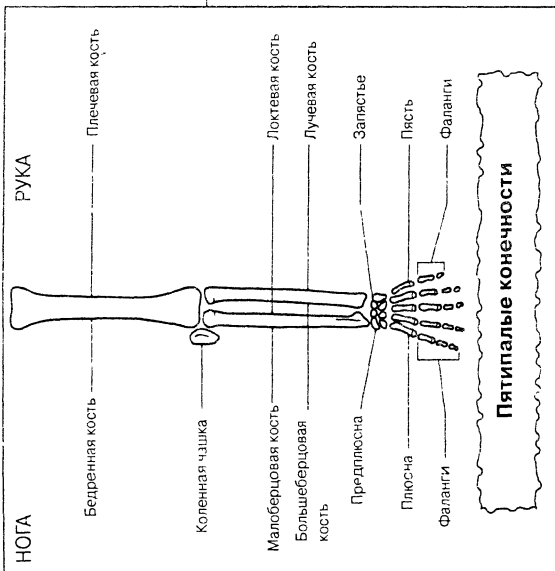
УТОМЛЕНИЕ: При стимуляции мышцы в течение длительного времени сила ее сокращения начинает постепенно снижаться – это называется **утомлением**.

Признаки:

- ↓ доступность кислорода;
- • ↑ концентрация лактата: токсическое воздействие на нервно-мышечные соединения;
- ↓ концентрация К⁺;
- сдвиг Бора: кривая диссоциации оксигемоглобина сдвигается вправо.

Факторы, способствующие мышечному утомлению:

- 1) перегрузка, приводящая к накоплению токсичных продуктов;
- 2) недоодевание, приводящее к дефициту глюкозы и, следовательно, АТФ;
- 3) сердечно-сосудистые нарушения, ухудшающие снабжение мышц;
- 4) дыхательные нарушения, приводящие к недостатку кислорода;
- 5) употребление алкоголя, вызывающее накопление лактата.

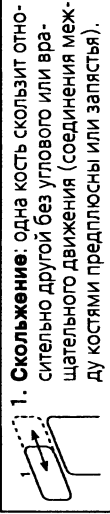


Скелет человека состоит из осевой и добавочной частей, соединенных поясами конечностей.

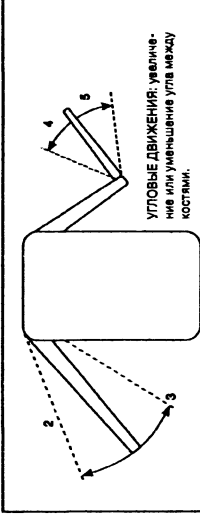
Синовиальные (подвижные) суставы

обеспечивают подвижность сочлененных костей.

ВОЗМОЖНЫЕ ДВИЖЕНИЯ В СИНОВИАЛЬНЫХ СУСТАВАХ:



1. Скользяние: одна кость скользит относительно другой без углового или вращательного движения (соединения между костями предплечья или запястья).



2. Отведение: движение конечности от средней линии тела.

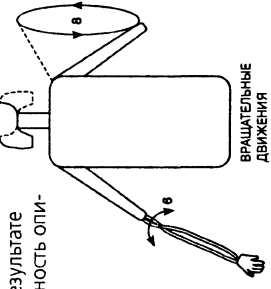
3. Приведение: движение конечности к средней линии тела.

4. Сгибание: уменьшение угла между двумя костями, включая наклон головы вперед (соединение между затылочной костью и атлантом).

5. Разгибание: увеличение угла между двумя костями, включая возвращение головы в анатомическое положение.

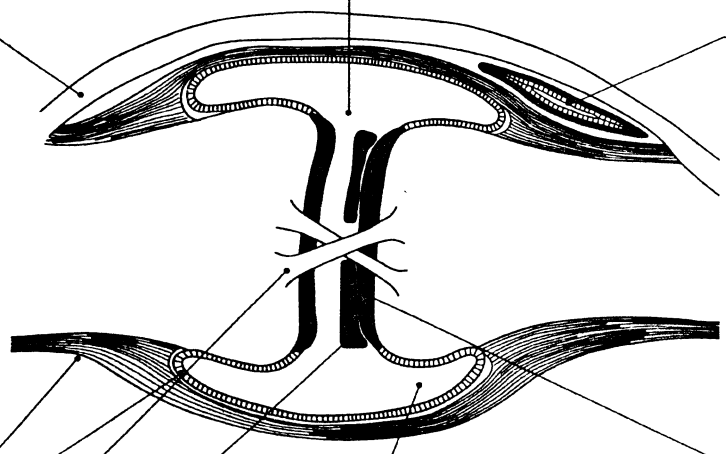
6. и 7. Вращение: поворот вокруг оси.

8. Дуговое движение: движение дистальной части конечности по кругу, в результате которого вся конечность опирается на конус.



ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ

Внекапсульная связка – одна из **дополнительных связок**, обеспечивающих прочность сустава. «Внекапсульная» означает «находящаяся снаружи волокнистой капсулы», однако часто эти структуры сливаются. Пример: **боковая малоберцовая связка** в коленном суставе.



Суставная сумка – структура, образованная плотной соединительной тканью и выстланная синовиальной оболочкой. Она заполнена жидкостью, сходной по составу и функции с синовиальной. Суставные сумки располагаются между мышцей и костью, сухожилием и костью или связкой и костью; они снижают трение между этими структурами в процессе движения.

Волокнистая капсула образована соединительной тканью, содержащей коллагеновые волокна. Она прикреплена к надкостнице сочлененных костей и может практически сливаться с внекапсульной связкой. Гибкость волокнистой капсулы позволяет совершать движения в суставе, а растяжимые коллагеновые волокна предотвращают вывих.

Синовиальная оболочка выстилает изнутри волокнистую капсулу и состоит из рыхлой соединительной ткани, богатой эластиновыми волокнами и содержащей некоторое количество жировой ткани. Она выделяет **синовиальную жидкость**, служащую для смазки сустава и питания гиалинового хряща.

Внутрикапсульная связка расположена внутри волокнистой капсулы, но окружена выступом синовиальной оболочки. Пример: **крестообразные связки** в коленном суставе

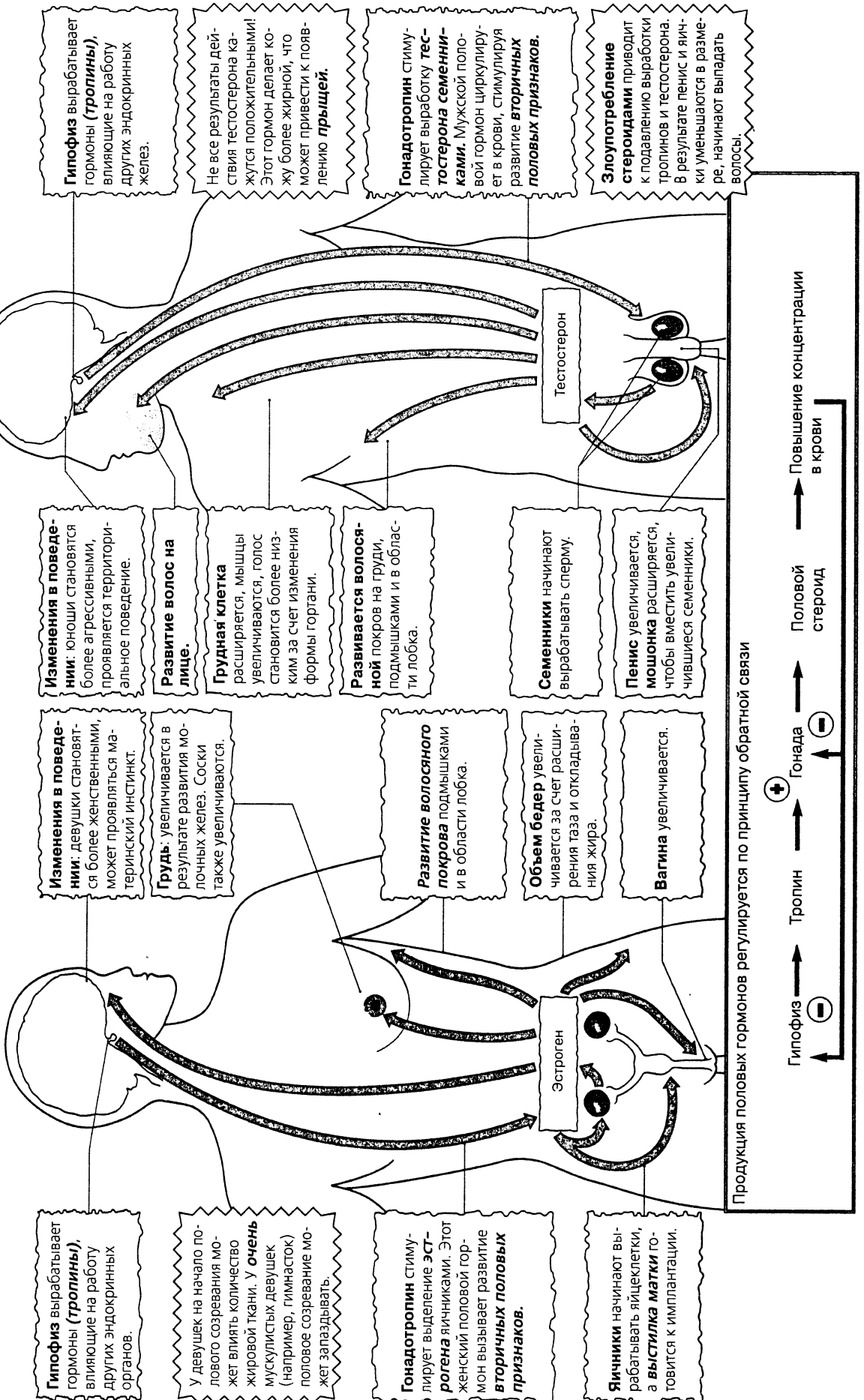
Мениск – это волокнистый хрящ, расположенный между сочлененными поверхностями костей. С его помощью обеспечивается тесное прилегание костей, имеющих разную форму. Мениски также участвуют в обеспечении прочности сустава и регулируют поток синовиальной жидкости, направляя его к местам наибольшего трения.

Синовиальная жидкость состоит из гиалуроновой кислоты и тканевой жидкости, образующейся из плазмы крови. Она похожа по виду и консистенции на яичный белок; в неподвижных и малоподвижных суставах ее вязкость выше, чем при большой подвижности. Синовиальная жидкость содержит фагоциты, удаляющие микробы и отходы, образующиеся в результате изнашивания тканей сустава.

Остеоартрит – это дегенеративное заболевание суставов, при котором гиалиновый хрящ разрушается и замещается костными образованиями, уменьшающими подвижность сустава и вызывающими боли. Развитие болезни может быть замедлено с помощью физических упражнений, способствующих выработке синовиальной жидкости, т.е. улучшающих питание хряща. Остеоартрит чаще всего развивается в суставах, испытывающих большую нагрузку, и может быть ускорен травмой сустава.

Гиалиновый хрящ покрывает суставные поверхности костей. Он способен уменьшать трение в суставе: при возрастании нагрузки губчатая хрящевая ткань впитывает воду, повышая таким образом концентрацию гиалуроновой кислоты в смазке (синовиальной жидкости). Хрящ может также выступать в роли амортизатора, хотя большая часть сотрясений поглощается расположенным под ним эпифизом кости, состоящим из трабекул.

Половое созревание – это стадия развития организма, завершающаяся достижением половой зрелости, т.е. способности к воспроизводству. Этот процесс регулируется гормонами гипофиза и половых желез (**гонада**).



Строение яичника

отражает стадии менструального цикла.

КАПИЛЛЯР

БЕЛОЧНАЯ ОБОЛОЧКА: плотная белая соединительная ткань, покрывающая яичник.

СКЛАДКА БРЮШИНЫ:

прикрепляет яичник к стенке брюшной полости и содержит кровеносные и лимфатические сосуды, снабжающие его ткани.

ЖЕЛТОЕ ТЕЛО:

развивается из остатков граафовых пузырьков под воздействием ЛГ. Желтое тело вырабатывает прогестерон, который поддерживает нормальное строение эндометрия на протяжении второй половины менструального цикла. Если оплодотворения не происходит, желтое тело подвергается дегенерации при участии фермента лютеолизина. Концентрация прогестерона в крови снижается, и эндометрий отторгается в процессе менструации.

СТРОМА

образована соединительной тканью, кровеносными сосудами и клетками, вырабатывающими ферменты, превращающие тестостерон в эстроген – гормон, стимулирующий развитие вторичных женских половых признаков.

ОВУЛЯЦИЯ

– это высвобождение вторичного ооцита из лопнувшего фолликула, происходящее примерно раз в 56 дней в каждом яичнике. Механизм овуляции включает действие ЛГ (лютеинизирующего гормона), ФСГ и прогестерона. Стенка яичника разрушается гидролитическими ферментами, при этом происходит небольшое (0.5–1.0 °C) повышение температуры тела.

ЗАЧАТКОВЫЙ ЭПИТЕЛИЙ содержит **примордиальные половые клетки**, которые во время внутриутробного развития многократно делятся митотическим путем, образуя **оогонии**. Оогонии снова подвергаются митотическому делению и формируют диплоидные **ооциты первого порядка** (около 2 000 000 штук). Каждый ооцит окружен одним слоем клеток и образует **примордиальный фолликул**.

ЗРЕЛЫЙ ФОЛЛИКУЛ

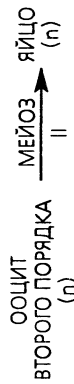
(граафов пузырек) содержит гаплоидный ($n = 23$) ооцит первого порядка, оболочка (тека) которого состоит из двух слоев. Часть клеток теки вырабатывает тестостерон (предшественник эстрогена). Развитие фолликула стимулируется фолликулостимулирующим гормоном (ФСГ), который выделяет передняя доля гипофиза.

К моменту начала полового созревания в организме содержится порядка 300 000 первичных фолликулов, из которых только 400–450 достигают следующей стадии развития.

Перед овуляцией ооцит первого порядка проходит первое деление мейоза



Второе деление мейоза остается незавершенным, пока не произойдет оплодотворение



В каждом из двух делений мейоза образуется полярное тельце, содержащее один гаплоидный набор хромосом. Полярные тельца не участвуют в оогенезе и в конечном счете дегенерируют.

Первое полярное тельце, образующееся в результате первого деления мейоза, содержит 23 хромосомы.

Гранулезные клетки, осуществляющие секреторную функцию во время развития ооцита.

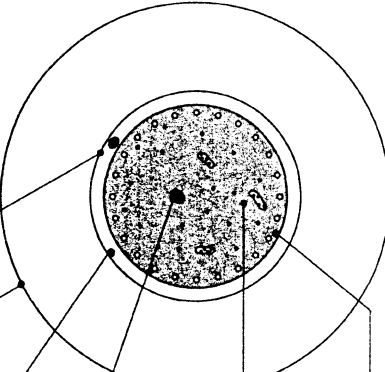
Zona pellucida во время оплодотворения подвергается структурным изменениям и формирует барьер, не пропускающий более одного сперматозоида.

Второе мейотическое деление завершится образованием **гаплоидного яйца** и полярного тельца.

Из цитоплазмы могут переходить в зиготу внеядерные гены и органеллы.

Кортикальные гранулы содержат ферменты, которые выделяются при оплодотворении и изменяют структуру zona pellucida, предотвращая дальнейшее проникновение сперматозоидов, которое могло бы нарушить сформировавшийся диплоидный набор хромосом.

ООЦИТ ЧЕЛОВЕКА



140 мкм

Семенные каналцы и образование спермы

КЛЕТКИ СЕРТОЛИ соединены друг с другом и формируют барьер между кровью и семенниками, защищаящий сперматозоиды от действия иммунной системы организма. Другие функции:

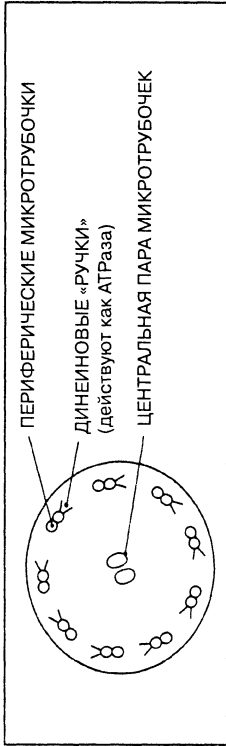
- 1) питают все сперматогенные клетки;
- 2) фагоцитируют дегенерирующие сперматогенные клетки;
- 3) регулируют выход спермиев в просвет семенного канала;
- 4) секретируют гормон **ингибин**, подавляющий по принципу обратной связи выделение гонадотропина;
- 5) выделяют особый **белок**, функцией которого является повышение в семенных каналах концентрации тестостерона, стимулирующего сперматогенез;
- 6) удаляют излишки цитоплазмы из созревающих сперматозоидов.

Акросома функционально соответствует лизосоме. Она развивается из аппарата Гольджи и содержит гидролитические ферменты – гиалуронидазу и несколько протеиназ – которые осуществляют «переваривание» гранулярного слоя и плазматической мембраны ооцита непосредственно перед оплодотворением.

Ядро содержит гаплоидный набор хромосом, возникающий в результате мейотического деления и состоящий из 22 аутосом и одной гетеросомы – X или Y. Поскольку головка спермия не содержит цитоплазмы, внеядерные гены и органеллы отцовского организма не передаются потомству.

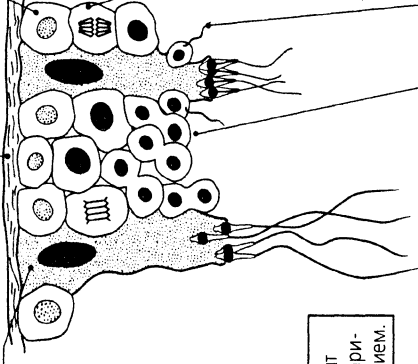
Пара центриолой: лежат под прямым углом друг к другу. Микротрубочки одной из центриолой удлиняются на всю длину спермия и образуют осевую нить жгутика.

Митохондрии: расположены вокруг жгутика по спирали. Вырабатывают АТФ, необходимую для осуществления движения спермия (биение жгутика происходит за счет сокращений филаментов).



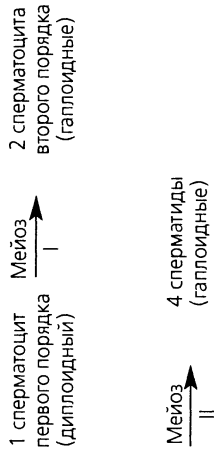
Жгутик имеет типичное строение: 9 дуэлетов + 1 центральная пара микротрубочек. Главная роль жгутика состоит в приближении спермия к яйцелетке и его правильной ориентации. Сперма подводится к яйцелетке мышечными сокращениями стенок матки и яйцевода.

БАЗАЛЬНАЯ МЕМБРАНА



СПЕРМАТОГОНИИ делятся митотическим путем: из двух образующихся клеток одна сохраняется для поддержания пула стволовых клеток, а вторая отделяется от базальной мембраны и превращается в сперматозоид первого порядка.

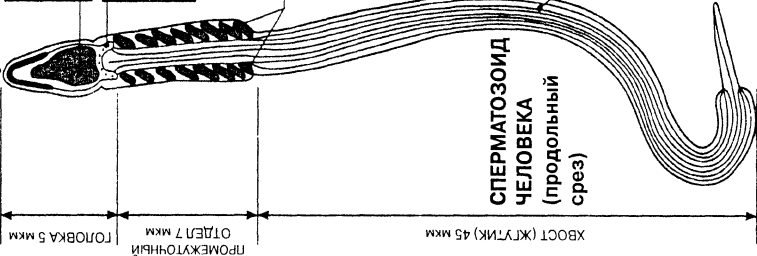
СПЕРМАТОЦИТ ПЕРВОГО ПОРЯДКА подвергается мейозу: в результате первого мейотического деления, включающего процесс кроссинговера, образуются два сперматозоида второго порядка; после второго деления мейоза возникают четыре сперматиды.



СПЕРМАТИДЫ располагаются во втягиваниях боковой поверхности клеток Сертоли. В процессе **спермиогенеза** из них образуются сперматозоиды (спермии). Этот процесс включает развитие акросомы и жгутика, при этом клетки не делятся.



СПЕРМАТОЦИТЫ ВТОРОГО ПОРЯДКА остаются прикрепленными цитоплазматическими мостиками к клеткам Сертоли до завершения развития спермиев. Это связано с тем, что половина спермиев несет X-хромосому, а другая половина – Y-хромосому. Гены, содержащиеся в X-хромосоме и отсутствующие в Y-хромосоме, по-видимому, необходимы для выживания спермиев с Y-хромосомой и, следовательно, для появления потомков мужского пола.



СПЕРМАТОЗОИД ЧЕЛОВЕКА (продольный срез)

Фазы менструального цикла

Фолликулостимулирующий гормон (ФСГ) инициирует развитие нескольких первичных фолликулов, каждый из которых содержит ооцит первого порядка. Из этих фолликулов только один продолжает развиваться, а остальные подвергаются атрезии (дегенерации). ФСГ также повышает активность ферментов, отвечающих за образование эстрогена.

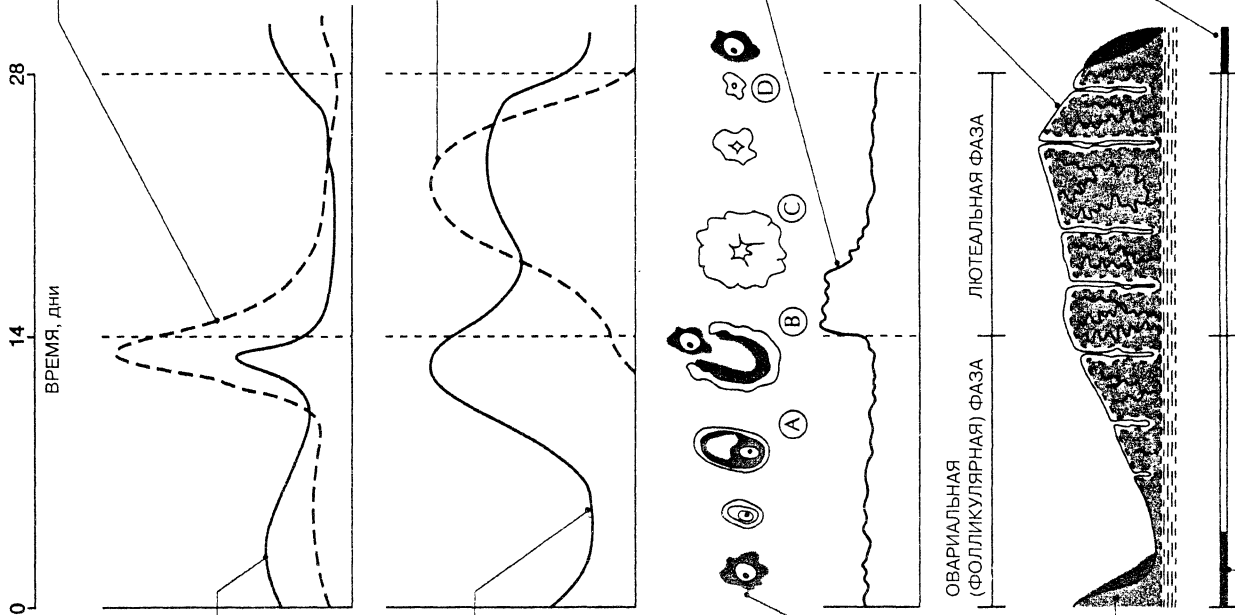
Эстроген образуется в результате модификации тестостерона, вырабатывающегося текой развивающегося фолликула.

Функции эстрогена:

1. Стимулирует дальнейший рост фолликула.
2. Способствует восстановлению эндометрия.
3. Ингибирует по принципу обратной связи секрецию ФСГ передней долей гипофиза
4. Примерно с 11-го дня влияет по принципу положительной обратной связи на секрецию ЛГ и ФСГ.

Развитие фолликула в яичнике инициируется ФСГ, но в дальнейшем контролируется ЛГ. Граафов пузырьки (А) созревает к 10–11 дню, а на 14 день, вслед за подъемом уровня ЛГ до максимального, происходит овуляция (В). Остатки лопнувшего фолликула образуют желтое тело (С), секретирующее стероидные гормоны. Эти гормоны ингибируют выработку ЛГ, в результате чего желтое тело дегенерирует, и от него остается лишь небольшой рубец (D).

Эндометрий утолщается до 4–6 мм, количество артериол возрастает – оба эти процесса контролируются эстрогеном. Этот этап между менструацией и овуляцией называют **пролиферативной фазой**.



Лютеинизирующий гормон (ЛГ) запускает секрецию тестостерона клетками теки фолликула. Когда концентрация ЛГ достигает пика, происходит выброс ферментов, разрушающих стенку яичника. Это позволяет ооциту второго порядка выйти из яичника. После овуляции ЛГ способствует развитию желтого тела из остатков граафова пузырька.

Прогестерон секретируется клетками желтого тела и выполняет следующие функции:

1. Подготавливает эндометрий к имплантации оплодотворенного яйца, повышая его толщину, количество сосудов и запасы гликогена.
2. Способствует увеличению молочных желез.
3. Действует по принципу обратной связи, ингибируя секрецию ФСГ – в результате блокируется развитие других фолликулов.

На этом основано действие некоторых контрацептивов. Гормональные таблетки содержат прогестерон в концентрации, предотвращающей наступление овуляции.

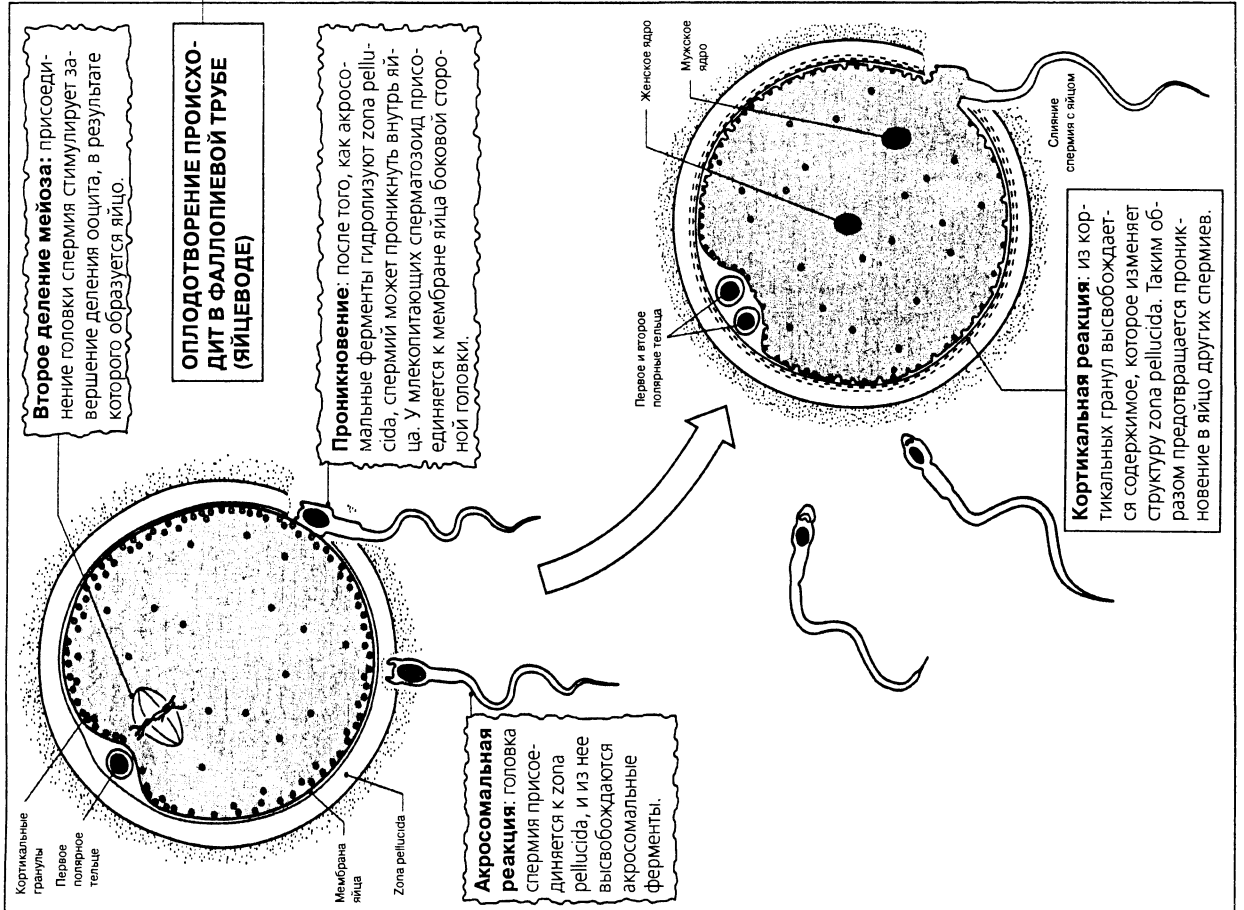
Температура тела во время овуляции повышается примерно на 1 °С. Этот эффект используется для определения «бесплодного периода» цикла.

Во время лютеальной фазы **эндометрий** утолщается, возрастает количество трубчатых желез и артериол в поверхностном слое; увеличивается количество тканевой жидкости.

Менструация инициируется падением концентрации эстрогена и прогестерона в результате дегенерации желтого тела.

В процессе **менструации** отторгается эпителиальный слой эндометрия.

Оплодотворение и имплантация



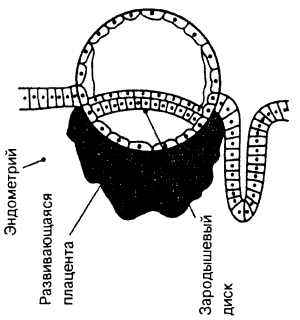
ИМПЛАНТАЦИЯ ПРОИСХОДИТ В МАТКЕ

Оплодотворение: в результате слияния мужской и женской гамет образуется **ЗИГОТА**.

Митотическое деление (дробление): образуется множество идентичных клеток меньшего размера.

Морула: клеточный комочок, формирующийся через 3-4 дня после оплодотворения.

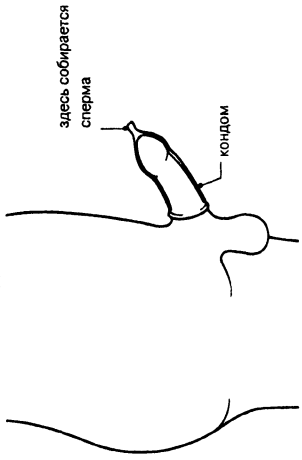
Дальнейшее митотическое деление и начало миграции клеток.



Митотическое деление и миграция клеток продолжаются после имплантации, происходящей на 8 день. Начинается образование плаценты; из клеток, составляющих внутреннюю клеточную массу, формируется зародышевый диск.

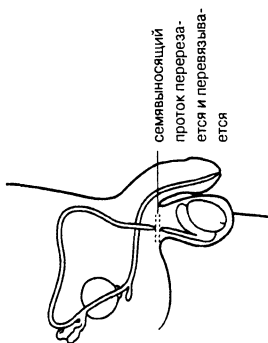
Кондом – наиболее распространенное барьерное средство. Тонкий латексный футляр предотвращает попадание спермы во влагалище, кроме того, он снижает риск заражения заболеваниями, передающимися половым путем.

УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: 2–15%



Методы контрацепции

делятся на барьерные, хирургические и гормональные. Процент «ненадежности» при использовании данного метода выражается как количество беременностей, наступивших у 100 женщин, использовавших его, в течение 1 года.



Стерилизация мужчин (вазэктомия)

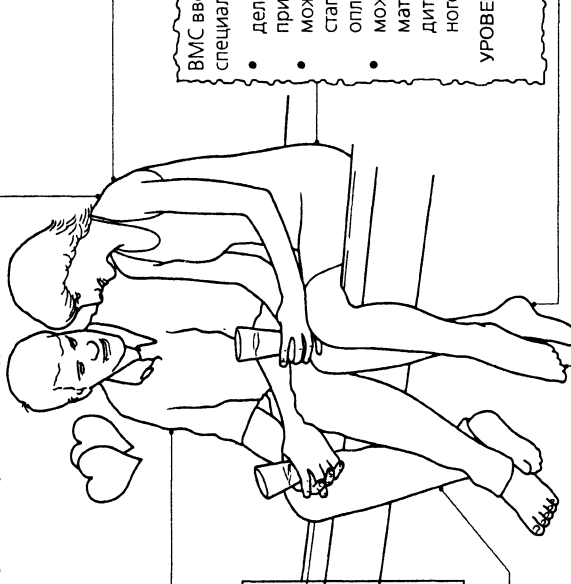
Вазэктомия не дает немедленного эффекта, поскольку некоторое количество жизнеспособных спермиев остается дистальнее места перевязки. В течение нескольких месяцев необходимо использование других методов контрацепции.

НИЗКИЙ УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: 0–0,2%

ГОРМОНАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ (ПРОТИВОЗАЧАТОЧНЫЕ ТАБЛЕТКИ)

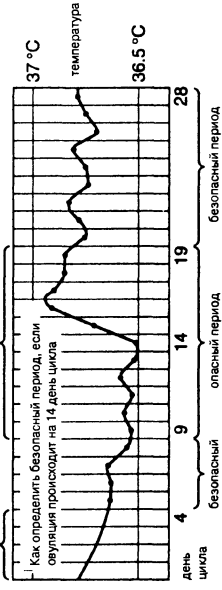
Содержат **комбинацию** эстрогена и синтетического прогестерона либо **только прогестоген**. В обоих случаях действие основано на ингибировании ФСГ и ЛГ, в результате чего блокируется созревание фолликулов и овуляция не происходит.

УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: комбинированные средства – 0,1–1%, прогестоген 0,3–5%



менструальный период

фертильный период



Безопасный период – определяется с помощью ежедневного измерения температуры тела рано утром.

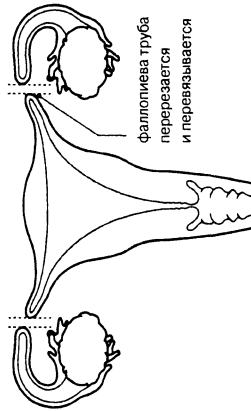
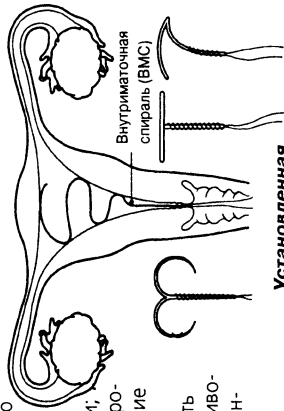
УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: до 15%

ВМС вводится в матку с помощью специального аппликатора:

- делает эндометрий менее пригодным для имплантации;
- может повышать секрецию прогестерона, вызывая изгнание оплодотворенного яйца;
- может повышать подвижность маточных труб, что также приводит к изгнанию оплодотворенного яйца.

УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: 0,3–4%

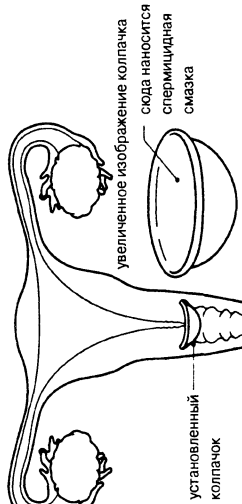
Установленная ВМС



Стерилизация женщины

Дает немедленный эффект, однако этот процесс, как правило, необратим.

НИЗКИЙ УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: 0–0,2%



Колпачок

Диафрагма – барьерное средство, использующееся вместе со спермицидной смазкой. Должна вводиться заранее и может сместиться из шейки матки.

УРОВЕНЬ НЕНАДЕЖНОСТИ: 2%

Функции плаценты

Барьерная функция: плацента ограничивает перенос растворенных веществ и компонентов крови из материнской системы циркуляции в зародышевую. Клетки иммунной системы матери не могут проникать через плаценту – это снижает вероятность отторжения плода материнским организмом. В то же время через плаценту проникают антитела – это может привести к гемолизу клеток крови плода в том случае, если в крови матери содержатся **резуус-антитела**. Плацента **не защищает** от проникновения тяжелых металлов (например, свинца), никотина, вирусов (в том числе ВИЧ), героина и токсинов (например, ДДТ). В связи с этим вирус **Rubella** (возбудитель краснухи) может вызвать серьезные повреждения органов слуха и зрения плода, его сердца и мозга; талидомид (успокаивающее средство) индуцирует аномалии развития конечностей; некоторые дети с рождения являются наркозависимыми или ВИЧ-позитивными.

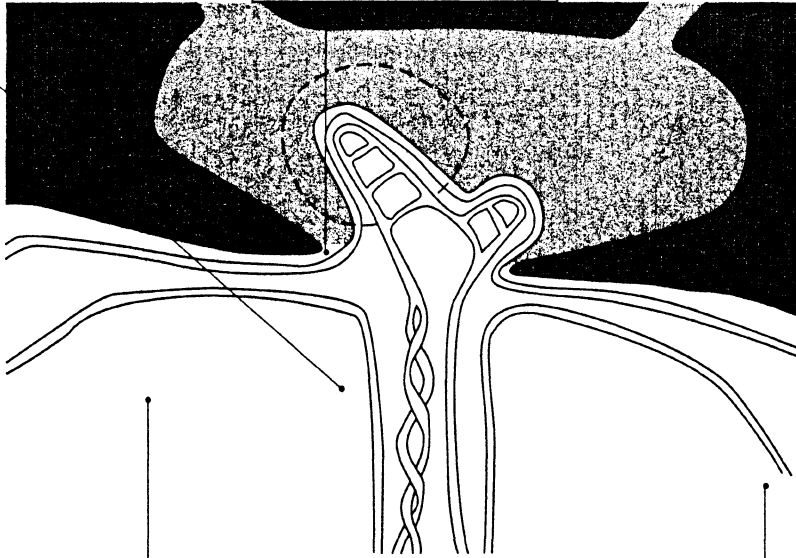
Низкий вес при рождении может быть вызван поступлением через плацентарный барьер монооксида углерода, снижающего способность гемоглобина плода к переносу кислорода. Другая возможная причина – снижение способности к переносу кислорода у материнской крови. Монооксид углерода является компонентом сигаретного дыма.

Эндокринная функция: клетки хориона секретируют ряд гормонов:

- 1) **Хорионический гонадотропин** поддерживает существование желтого тела, побуждая его к секреции прогестерона, необходимого для роста эндометрия. Этот гормон играет важную роль в первые три месяца беременности; его можно обнаружить в моче – на этом основаны тесты на беременность.
- 2) **Эстроген и прогестерон** начинают вырабатываться плацентой после того, как секретирующее их желтое тело дегенерирует.
- 3) **Плацентарный лактоген** осуществляет подготовку к лактации, стимулируя развитие молочных желез.
- 4) **Простагландины** выделяются под влиянием стероидных гормонов плода. Они являются мощными стимуляторами сокращений гладкой мускулатуры матки, с помощью которых осуществляется изгнание плода.

Иммунная защита: защитные молекулы (к ним, возможно, относятся и хорионический гонадотропин) покрывают поверхность плаценты и «маскируют» зародыш, который, благодаря наличию отцовских генов, может отторгаться материнским организмом как «чужеродное» образование.

Место обмена растворенными веществами между кровью матери и плода. Высокое сродство гемоглобина плода к кислороду способствует переносу кислорода из материнской крови. Растворимые питательные вещества, такие как глюкоза и аминокислоты, транспортируются через мембрану с помощью белков-переносчиков. Дioxid углерода и мочевина диффундируют от плода к матери по градиенту, который поддерживается противотоком материнской крови и крови плода. На поздних стадиях беременности от матери к плоду передается антитела, обеспечивающие новорожденному иммунитет к некоторым инфекциям, в частности к желудочно-кишечным.



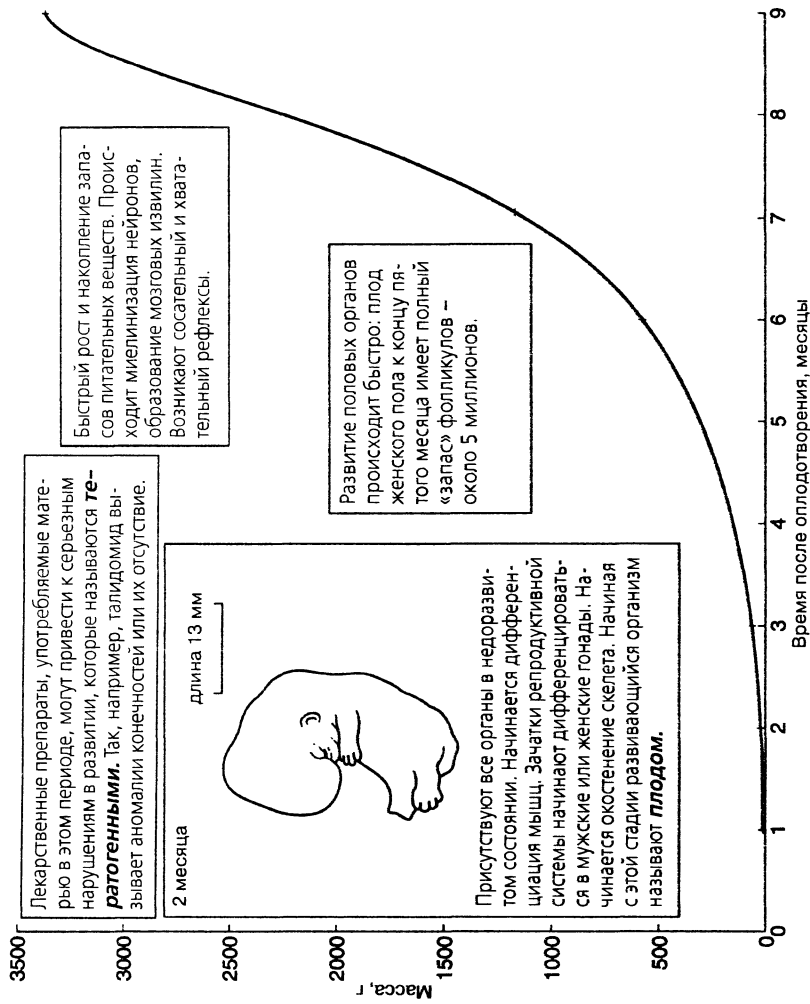
После рождения плода продолжающиеся сокращения матки вызывают отделение плаценты, при этом кровопотеря ограничивается благодаря сокращению сосудов матки. Вышедшая плацента называется также последом; она может использоваться для получения гормонов, создания кожных и сосудистых трансплантатов.

Развитие человеческого эмбриона

Период **органогенеза** – развития основных органов.

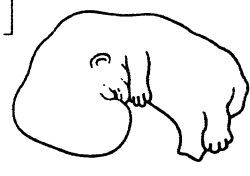
Быстрый рост и физическое развитие, плод совершает активные движения.

Продолжается быстрый рост. Активное развитие нервной системы. Интенсивность движений снижается, так как вокруг плода остается все меньше свободного пространства.



Лекарственные препараты, употребляемые матерью в этом периоде, могут привести к серьезным нарушениям в развитии, которые называются **тератогенными**. Так, например, талидомид вызывает аномалии конечностей или их отсутствие.

2 месяца
длина 13 мм



Присутствуют все органы в недоразвитом состоянии. Начинается дифференциация мышц. Зачатки репродуктивной системы начинают дифференцироваться в мужские или женские гонады. Начинается окостенение скелета. Начиная с этой стадии развивающийся организм называют **плодом**.

Развитие половых органов происходит быстро: плод женского пола к концу пятого месяца имеет полный «запас» фолликулов – около 5 миллионов.

Быстрый рост и накопление запасов питательных веществ. Происходит миелинизация нейронов, образование мозговых извилин. Возникают сосательный и хватательный рефлексы.

3 месяца
длина 70 мм



Плод может толкаться, поджимать пальцы ног, косить глазами и хмурить брови. При внешнем осмотре можно определять пол. Нотохорд дегенерирует. Развиваются лимфатические узлы.

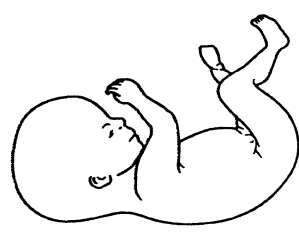
Примерно с седьмого месяца внутриутробного развития плод имеет хорошие шансы на выживание, если в случае преждевременного рождения ему будет обеспечена подержка дыхательной деятельности и терморегуляции.

К концу внутриутробного периода возможности материнского организма перестают соответствовать потребностям плода. В то же время после рождения он должен приспособиться к непостоянным внешним условиям.

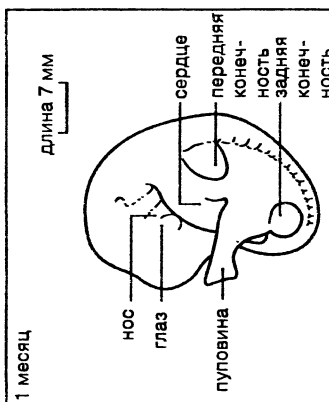
Развивается волосяной покров на голове. Под кожей откладывается жир, а ее поверхность покрывается особой **защитной смазкой**.

Плод покрыт пушком, в легких начинает развиваться сурфактант.

4 месяца
длина 95 мм

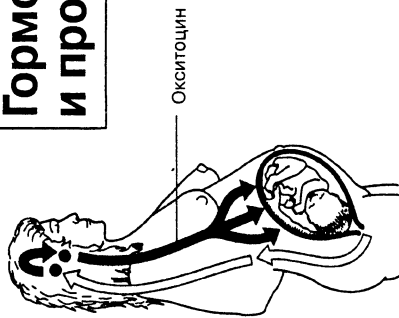


Лицо приобретает человеческие черты. Дифференцируются доли головного мозга. Глаза, уши и нос начинают принимать «нормальный» вид. Движения становятся активными и могут быть замечены матерью.



К этому времени закладывается «базовая модель» организма – формируется нервная трубка, сердце начинает биться, появляются зачатки конечностей и три первичных мозговых пузыря. Развивающийся организм называют **эмбрионом**.

Гормоны и процесс родов



ОКСИТОЦИН

ДАВЛЕНИЕ ГОЛОВЫ ПЛОДА НА ШЕЙКУ МАТКИ

НЕРВНЫЕ ИМПУЛЬСЫ В МОЗГ

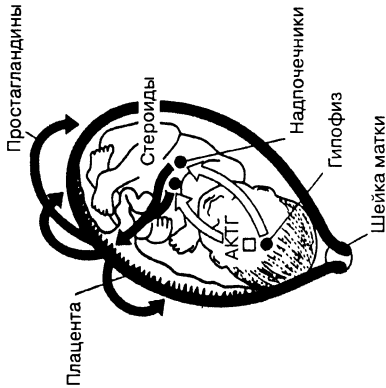
ГИПОТАЛАМУС

ЗАДНЯЯ ДОЛЯ ГИПОФИЗА МАТЕРИ

ОКСИТОЦИН

Сокращение гладкой мускулатуры матки:

- стимулируется **эстрогеном**, повышающим чувствительность мышц к окситоцину;
- подавляется **прогестероном** – концентрация этого гормона в плазме крови падает к концу беременности.



ГИПОФИЗ ПЛОДА

АКТГ

НАДПОЧЕЧНИКИ ПЛОДА

КОРТИКОСТЕРОИДЫ

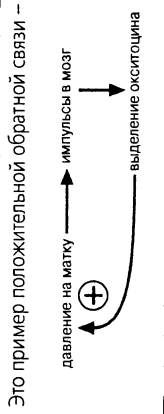
ПЛАЦЕНТА

ПРОСТАГЛАНДИНЫ

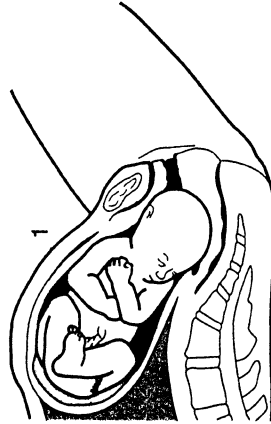
Внутриутробная инъекция окситоцина может использоваться для стимуляции родов, если они не начинаются в положенный срок (через 40 недель после первого дня последней менструации).



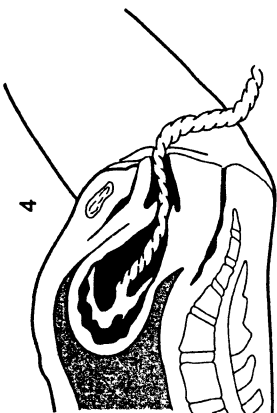
После появления головки ребенка обычно происходит быстро – требуется несколько схваток и иногда помощь акушера.



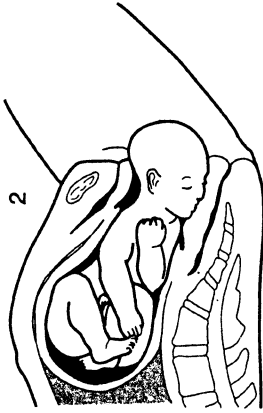
Это пример положительной обратной связи –



Первая стадия родов – мышечные сокращения (схватки) расширяют шейку матки, расслабляют действие гормона **релаксина** (он также размягчает хрящ лобкового симфиза, облегчая тем самым прохождение головки через таз).



Третья, заключительная стадия родов – изгнание плаценты (**последа**). Сильные сокращения матки, которые иногда стимулируют инъекцией окситоцина, сужают кровеносные сосуды и предотвращают кровотечение.



Вторая стадия – прорезывание головки. После того как снаружи показывается макушка ребенка, от матери требуются относительно небольшие усилия для появления всей головки.

Эпизиотомия – это хирургический надрез промежности в направлении от влагалища к анальному отверстию. Она используется для облегчения выхода головки и предотвращения разрывов тканей промежности. После окончания родов разрез зашивается и заживает в течение нескольких недель.

ПЛОД

Частота сердечных сокращений и объем выброса возрастают, увеличивая сердечный выброс на 30–35%

Возрастает объем крови и количество эритроцитов – дополнительное образование 1 дм³ крови понижает реальную концентрацию эритроцитов, вызывая развитие физиологической анемии беременных.

Грудная полость расширяется, чтобы компенсировать поднятие диафрагмы. Дыхательный объем возрастает, и легочная вентиляция усиливается. Вместе с увеличением сердечного выброса это обеспечивает поступление к плоду достаточного количества кислорода.

Усиливается кровоток через почки и скорость почечной фильтрации – уровень реабсорбции снижается, что может привести к глюкозурии (экскреция глюкозы) во время беременности.

В тканях накапливается жидкость, особенно в нижних конечностях. Это связано с тем, что повышение объема крови приводит к снижению концентрации белков плазмы: снижение осмотического потенциала плазмы ограничивает реабсорбцию тканевой жидкости кровью.

Усиливается секреция паратормона, вызывающего выход ионов кальция и фосфата из материнских костей. Эти ионы используются для формирования скелета плода.

Грудь увеличивается за счет развития молочных желез на поздних стадиях беременности.

Усиливается отложение жировой ткани, обеспечивающей запас энергии на время завершения беременности и период лактации.

Матка расширяется, чтобы соответствовать размерам растущего плода – рост мышечных волокон и соединительной ткани стимулируется эстрогеном.

3, 4, 6, 9 месяцев
Контур матки в разном сроках беременности

ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ МАТЕРИ ОБЕСПЕЧИВАЮТ РАЗВИТИЕ ПЛОДА

РАЗЛИЧИЯ В КРОВЕНОСНОЙ СИСТЕМЕ ПЛОДА И ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА

связаны с тем, что в организме плода не функционируют легкие, почки и кишечник.

Артериальный (боталлов) проток позволяет оксигенированную кровь проходить из правой желудочки в аорту, минуя легкие.

Овальное отверстие пропускает в левое предсердие оксигенированную кровь из плаценты в правое предсердие.

Венозный проток переносит оксигенированную кровь, поступающую из плаценты, в нижнюю полую вену в обход печени (таким образом вена не несет оксигенированную кровь).

Плацента выполняет функции легких, почек и кишечника.

Пупочная вена переносит кровь, обогащенную O₂ и питательными веществами и обедненную CO₂ и мочевиной.

ПРИ РОЖДЕНИИ

- плацента отделяется
- венозный и артериальный протоки закрываются

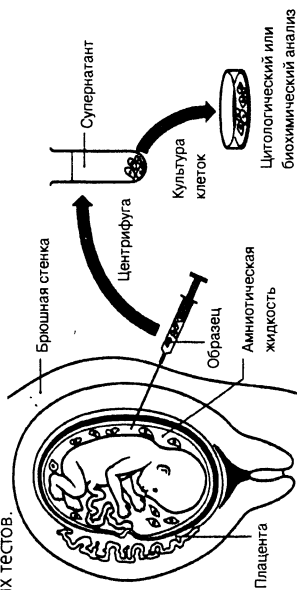
ПРИ РОЖДЕНИИ

- овальное отверстие закрывается
- пупочные вена и артерия дегенерируют

ПРИМЕРНАЯ ПРИБАВКА В ВЕСЕ ВО ВРЕМЯ БЕРЕМЕННОСТИ (г)

Увеличение объема крови	1800
Увеличение объема жидкости в тканях	1250
Рост матки (и молочных желез)	900 (+400)
Жировые запасы материнского организма	1600
Амниотическая жидкость	800
Плацента	650
Ребенок	3500
СУММАРНАЯ ПРИБАВКА	11 кг

АМНИОЦЕНТЕЗ – процедура получения образца амниотической жидкости путем введения иглы шприца через брюшную стенку беременной женщины. Эта жидкость содержит клетки, слушающиеся из амниона, а также из пищеварительного тракта и с поверхности кожи плода. Клетки могут быть выращены в культуре и использованы для диагностических тестов.



Эта процедура обычно предлагается женщинам из группы риска (например, тем, чей возраст 38–40 лет), так как для них относительно высока вероятность появления аномалий в развитии плода. Возможность своевременной диагностики нарушений в данном случае «перевешивает» вероятность осложнений в результате самой процедуры.

Амниоцентез выполняется обычно между 16 и 18 неделями. Ранее этого срока объем амниотической жидкости еще слишком мал, а позднее может оказаться упущенной возможность прерывания беременности. Процедура проводится под местным наркозом, при этом положение плода определяется с помощью ультразвука.

Нарушения, данные о которых могут быть получены с помощью амниоцентеза:

Хромосомные аномалии, например, синдром Дауна (трисомия по 21-й хромосоме), могут быть обнаружены путем составления кариотипа.

Продукты дефектных генов, например, метаболиты, возникающие при ФКУ, могут быть идентифицированы с помощью биохимического анализа.

Повышенное содержание белков, например, α -фетопротеина и ацетилхолинэстеразы, может указывать на дефекты развития нервной трубки.

Заболевания, связанные с дефектами отдельных генов, например, кистозный фиброз и хорей Гентингтона, могут быть выявлены с помощью ДНК-зондов.

Недостатки:

затраты времени – на выращивание достаточного количества клеток для хромосомного анализа нужно 3 недели, а для исследования ферментов – до 8 недель. Проведение анализа ДНК существенно ускорило с появлением метода ПЦР.

Риск – существует опасность выкидыша после процедуры (0,5–1%).

БИОПСИЯ ЭМБРИОНА позволила бы диагностировать заболевания и аномалии развития на стадии, предшествующей имплантации – эта процедура могла бы быть включена в методику оплодотворения *in vitro* («в пробирке»). Отделив одну клетку от делящегося клеточного комка, можно было бы использовать ее для проведения биохимического и цитологического анализа. Таким образом из группы эмбрионов мог бы выбираться один, наиболее подходящий для имплантации.



УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ (УЗИ) проводится с помощью пучка высокочастотных звуковых волн. Волны, отражающиеся от плода, преобразуются в изображение на мониторе. Данные, получаемые с помощью УЗИ, включают:

Диаметр головы – указывает на срок беременности, позволяет выявить такие аномалии, как гидроцефалия.

Размер тела – отражает скорость роста, зависящую от правильного функционирования плаценты.

Видимое строение сердца – позволяет обнаружить дефекты клапанов и другие сердечные аномалии.

Расположение плаценты – УЗИ может показать, что плацента закрывает шейку матки – в этом случае при родах необходимо кесарево сечение.

Множественная беременность – выявляется с помощью УЗИ.

Внематочная беременность – также выявляется этим способом.

Преимущество этой процедуры в том, что она неинвазивна и не требует от женщины особой подготовки (за исключением наличия полного мочевого пузыря). Недостатком является отсутствие биохимической и цитологической информации.

Пренатальная диагностика

предоставляет информацию о физических и генетических особенностях плода.

АНАЛИЗ ВОРСИНОК ХОРИОНА включает получение крошечного образца ворсинки с помощью шприца и катетера.

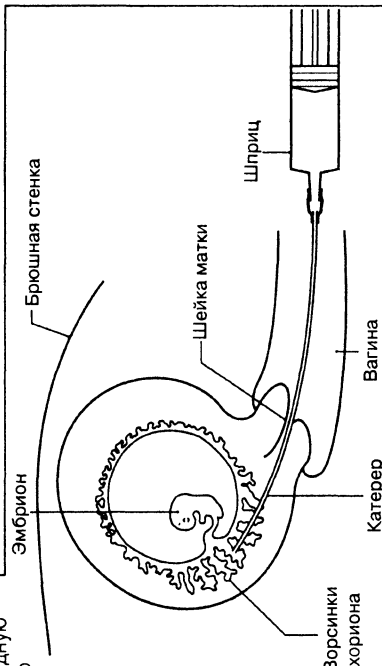
Эта процедура предоставляет информацию, сходную с той, что дает амниоцентез, но имеет несколько преимуществ:

Затраты времени – процедура может проводиться на более ранних сроках (между 6 и 9 неделями). Культура клеток может быть получена быстрее, поскольку ворсинки хориона содержат много активно делящихся клеток – в результате анализ ферментов или ДНК может быть выполнен за несколько дней. В случае необходимости аборт это снижает его травматичность.

Процедура **менее инвазивна** – нет необходимости в проникновении через брюшную стенку и в полость амниона.

Недостатком процедуры является более высокий риск выкидыша (хотя он и не превышает «естественный» показатель для этой стадии беременности).

По мере развития методики анализ ворсинок хориона, возможно, будет вытеснять амниоцентез.



Измерение роста

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ РОСТА

включают измерение определенных параметров организма и построение графика, описывающего зависимость этих параметров от времени.

- для проведения измерений должна быть сделана **выборка** из популяции; под-считываются **средние значения**, чтобы результаты были более точными

- необходимо правильно выбрать па-раметр

Длина в горизонтальном поло-жении – можно избежать влияния на рост слабого мышечного тонуса и сжа-тия позвоночника. Этот линейный пара-метр легко использовать для сравнения.



Высота в положении стоя – наиболее часто используемое линейное изме-рение, но не учитывающее ни рост ор-ганизма в других направлениях (в об-хвате), ни изменение пропорций (т.е. рост отдельных частей организма).

Масса тела – учитывается объем, но не делается различий между ро-стом тканей (например, увеличение содержания белков) и временными изменениями (например, отложе-ние жира). На результаты измере-ний влияет также содержание воды в тканях (определение **сухой** массы человека не представляется воз-можным!)

ЧТО ТАКОЕ «НОРМАЛЬНЫЙ» РОСТ?

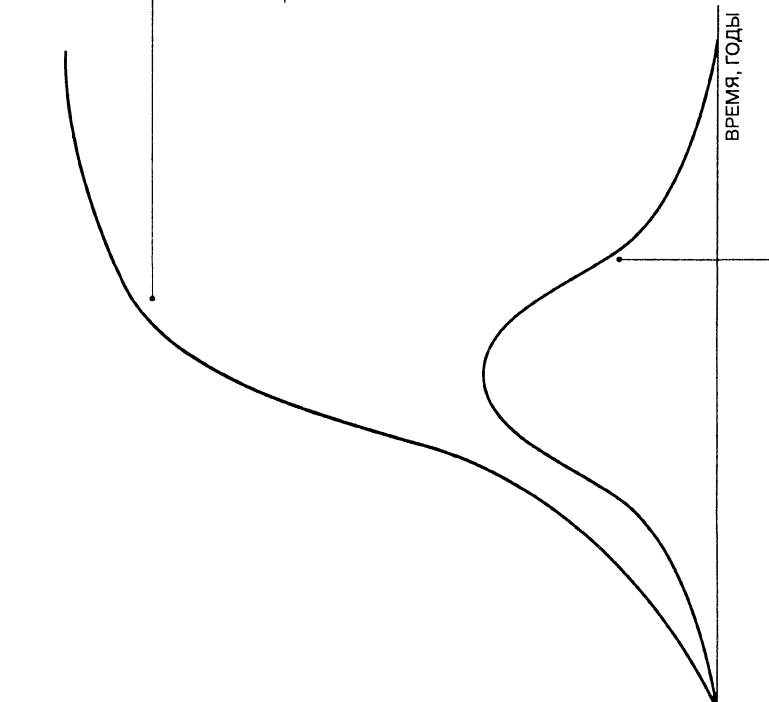
Полигены → «размер»
гормоны →
питание

наличие такого количества пе-ременных означает, что не су-ществует фиксированной **нормы роста**; **можно**, одна-ко, определить диа-пазон нормальных значений.

Первый тип исследований: измеряется длина и масса тела индивидуума с рождения до наступ-ления зрелости. Занимает очень много времени.

Второй тип исследований: измеряется длина и масса тела большого количества людей раз-ного возраста. **ЗАНИМАЕТ НЕМНОГО ВРЕМЕНИ, но:**
а) **выборка может оказаться нерепрезентативной;**
б) у разных поколений различается качество пи-тания.

Фактический рост – это совокупное воз-растание измеряемого параметра за пери-од времени. Как правило, он описывается S-образной кривой – прекращение роста происходит по достижении зрелости орга-низма (обычно в возрасте около 20 лет).



Время, годы	Масса, кг	Прибавка, кг
9	32.0	
10	33.0	1.0
11	34.5	1.5
12	36.5	2.0
13	40.0	3.5
14	45.0	5.0
15	48.5	3.5
16	50.5	2.0
17	52.0	1.5
18	53.0	1.0

СКОРОСТЬ РОСТА: на основании базовой кривой роста можно построить график за-висимости изменения данного параметра от времени (кривую **ОТНОСИТЕЛЬНОЙ СКОРОСТИ РОСТА**).

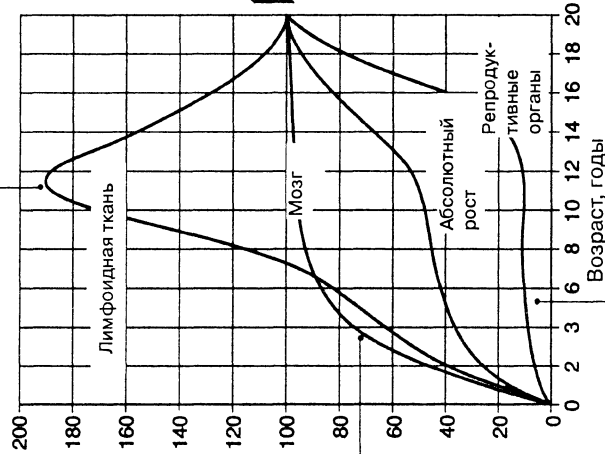
Типы роста у человека

Качественные изменения в строении организма, сопутствующие росту, связаны с двумя факторами.

Время: когда именно органы начинают расти.

Скорость: разные органы могут расти с различной скоростью, отличающейся от роста тела в целом – **АЛЛОМЕТРИЧЕСКИЙ РОСТ**.

ЛИМФОИДНАЯ ТКАНЬ: образует лимфатические узлы, распределенные по всему организму, миндалины, аденоиды и вилочковую железу (тимус). Главной функцией является выработка антител; вследствие этого быстрый рост приходится на детские годы (до наступления подросткового периода), когда интенсивно идет приобретение иммунитета к различным инфекциям, с которыми организм сталкивается впервые.



Размер, % от конечного размера

МОЗГ: при рождении мозг имеет размер, составляющий 25% от конечного «взрослого» размера. К одному году он возрастает до 75% от конечного размера, а к 7–8 годам рост мозга практически завершается. При рождении мозг содержит полный набор нейронов, поэтому его дальнейший рост происходит за счет:

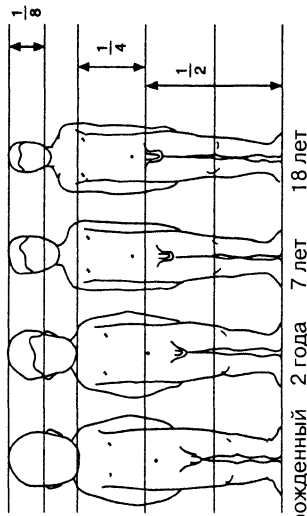
- увеличения размера (длины) индивидуальных клеток;
- возрастания количества дополнительных волокон (например, дендронов) по мере формирования поперечных связей между клетками;
- развития миелиновой оболочки вокруг нейронов.

РЕПРОДУКТИВНЫЕ ОРГАНЫ: до начала полового созревания и первичные (яичники, семенники), и вторичные (вульва, молочные железы, пенис) половые органы изменяются незначительно. С наступлением этого периода начинается быстрый рост репродуктивной системы, который стимулируется **ПОЛОВЫМИ СТЕРОИДАМИ** (эстрогеном, тестостероном). Их выработка регулируется гормонами гипофиза – **ГОНАДОТРОПИНАМИ**.

КРИВАЯ АБСОЛЮТНОГО РОСТА не отражает

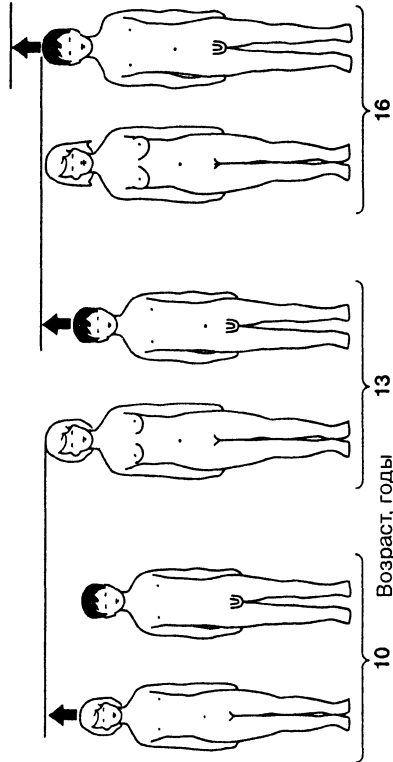
а) **Изменения пропорций тела:** они связаны с тем, что отдельные части тела начинают расти в разное время и растут с различной скоростью.

- доля головы от общей длины тела уменьшается примерно с 25% до 15%
- относительная длина ног возрастает примерно с 35% у двухлетнего ребенка до 50% у 16-летнего.



Новорожденный 2 года 7 лет 18 лет

б) **Скачки роста:** они случаются в определенные периоды (между 0–2 годами и между 14–17) и приводят к тому, что длина тела растет быстрее, чем его масса (тело «вытравляется»). За этим периодом следует другой, когда рост в длину замедляется, а масса увеличивается (в основном за счет мышечной ткани). У мальчиков и девочек скачки роста происходят в разное время.



10 Возраст, годы 13 16

СПОСОБНОСТИ: возрастные изменения в нервной системе влияют на восприятие, умственную деятельность и активность

зрение: ухудшение связано с уплотнением и помутнением хрусталика и с повреждением фибрилляции кровеносных сосудов

слух: проблемы связаны в основном с дегенерацией нервов клеток, приводящей к ретикулярной невосприимчивости к высокочастотным звукам. Также могут возникать затруднения с определением источника звука.

характерно скорее изменение, а не ухудшение

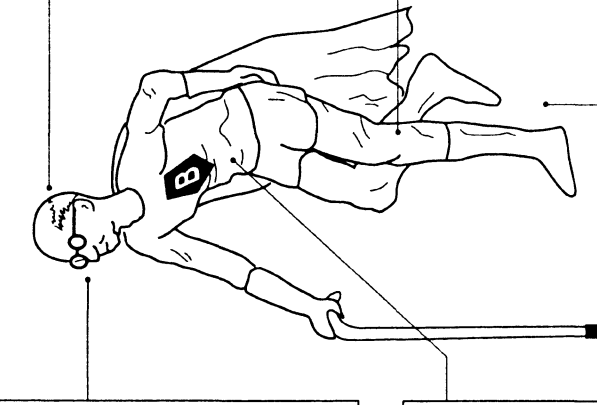
- продолжается чтение, соответствует, но, возрастает словарный запас
- краткосрочная память ухудшается
- сохраняются способности к изучению нового, однако обработка информации замедляется

структура сна меняется в связи с изменениями циркадных ритмов

- меньше времени занимает глубокий сон (реже встречается сомнамбулизм и ночные кошмары)
- общее время сна уменьшается (в возрасте 18 лет – 8 ч в день, 60 лет – 7 ч)

Старение

связано с возрастными изменениями, часть из которых запрограммирована, а другая часть возникает как результат влияния различных факторов, воздействовавших на организм в течение жизни.



МЕТАБОЛИЗМ

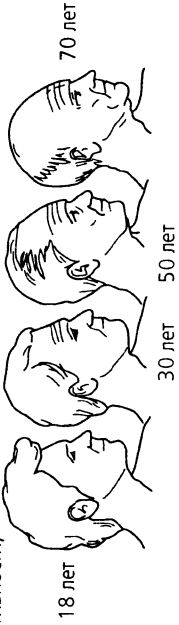
- снижается аппетит, так как уменьшается количество вкусовых сосочков и обонятельных нейронов
- **пищеварение** становится менее эффективным – уменьшается секреция желудочного сока (что связано со снижением абсорбции Ca²⁺)
- менее эффективная **терморегуляция** (слабое сужение сосудов, уменьшение потоотделения) → опасность **гипотермии**
- ослабление **иммунной системы** сопровождается снижением количества вырабатываемых антител и интерлейкина, нарушением функций Т-клеток; одновременно **усиливается** продукция аутоантител. В результате пожилые люди **восприимчивы к инфекциям**
- ухудшается **работа печени**, поэтому замедляется выведение токсинов
- **работа почек** также ухудшается в связи с уменьшением количества нефронов и их чувствительности к эндокринной регуляции. Таким образом:
 - а) снижается скорость фильтрации, т.е. водорастворимые токсины выносятся медленнее;
 - б) уменьшение способности к реабсорбции воды из мочи означает возрастание восприимчивости к недостатку жидкости.

В целом, в пожилом возрасте затрудняется поддержание водного, электролитного и кислотно-щелочного баланса в организме.

ВНЕШНИЙ ВИД: изменения затрагивают кожу, волосы и ногти, а также телосложение:

- уменьшение роста (длины тела) за счет сжатия позвонков и межпозвоночных дисков;
- сутулость из-за ослабления связок и мышц;
- тучность в случае несоответствия количества поступающей энергии понизившемуся уровню метаболизма и физической активности;

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИЦА



ФИЗИЧЕСКАЯ ФОРМА ухудшается в связи с изменениями мышечной массы и эффективности кровеносной и дыхательной систем.

снижается в результате изменения образа жизни (меньше физических нагрузок) и понижения эффективности метаболизма в сочетании с утратой двигательных нейронов

уплотнение стенок артерий (**артериосклероз**) и сужение их просвета (**атеросклероз**), а также частичная потеря эластичности сердечной мышцы и уменьшение количества клеток-водителей ритма могут привести к 30%-ному снижению эффективности кровообращения к 60 годам

уменьшение жизненной емкости легких означает, что поступление кислорода может снизиться на 50% по сравнению с 18-летним возрастом

СЕКСУАЛЬНАЯ И РЕПРОДУКТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ

мочеполовой системы, активности гипоталамуса и гипофиза, чувствительности репродуктивных органов к гормонам

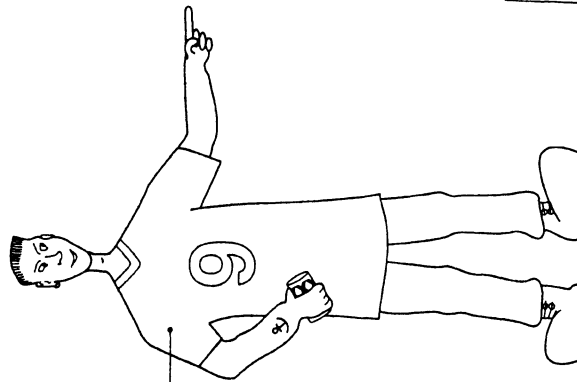
У **женщин** эти изменения приводят (между 45–55 годами) к наступлению **менопаузы**, которое означает прекращение репродуктивной активности (но не сексуальной). У **мужчин** эквивалента менопаузы не существует, и репродуктивная способность, хотя и сниженная, может сохраняться до 90 с лишним лет.

Наступление менопаузы сопровождается появлением красных пятен на коже и развитием остеопороза – для снижения этих проявлений используется гормонозамещающая терапия (состоит в искусственном поддержании уровня эстрогена).

Человек относится к высоко- развитым приматам

ОБЩИЕ ПРИЗНАКИ ПРИМАТОВ

- большой палец противопоставлен остальным пальцам;
- хватательные конечности;
- когти замещаются ногтями;
- одна пара молочных желез;
- гетеродонтный зубной аппарат состоит из 32 постоянных зубов;
- уплощенное лицо обеспечивает стереоскопическое зрение.



АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА

- волосы покрывают лишь небольшую часть поверхности тела;
- ноги длиннее рук, таз широкий, колени могут распрямляться – все эти черты обеспечивают двуногое хождение;
- развитие свода стопы и ягодичных мышц способствует повышению эффективности хождения;
- череп поддерживается позвоночным столбом;
- лицо занимает небольшую часть черепа – возрастает объем, занимаемый мозгом;
- выступающий нос, уплощенные челюсти, небольшие надбровные дуги и крупные губы создают возможность разнообразных выражений лица.

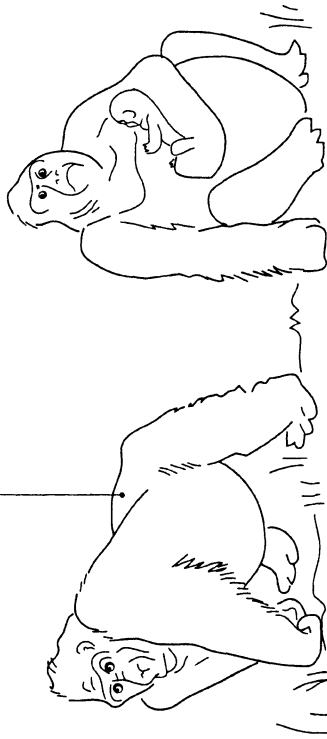
ОСНОВНЫЕ СТУПЕНИ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕЛОВЕКА

- увеличение мозга;
- изменение черт лица;
- двуногое хождение;
- возрастание ловкости рук;
- развитие форм коммуникации;

- использование и производство орудий труда;
- взаимодействие в области добычи пищи, защиты, строительства и заботы о потомстве.

АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКООБРАЗНЫХ ОБЕЗЬЯН

- большая часть кожи покрыта густой шерстью;
- длинные руки, узкий таз, согнутые колени, плоские ступни – все эти особенности соответствуют передвижению на четырех конечностях;
- череп выдвинут вперед по отношению к позвоночному столбу;
- лицо занимает большую часть черепа – его объем составляет 50% от человеческого;
- плоский нос, выступающие надбровные дуги, тонкие губы и массивные челюсти – эти черты указывают на то, что потребность в насыщении в данном случае сильнее, чем потребность в общении.



СОЦИАЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ

ЛЮДИ

- образуют социальные группы, в которые объединяются не только с целью выживания, но и на основе национальной или культурной общности;
- обладают развитой речью, могут использовать для общения письменность (т.е. изображать символы);
- расширяют область обитания благодаря своей способности изменять окружающую среду;
- создают орудия труда, используют огонь для приготовления пищи и обогрева.

ЧЕЛОВЕКООБРАЗНЫЕ ОБЕЗЬЯНЫ

- образуют социальные группы с целью обеспечения выживания – взаимодействуют в процессе добычи пищи, заботы о потомстве и защиты группы;
- для общения используется ограниченный набор звуков;
- район обитания ограничивается условиями окружающей среды, не имеют постоянного «места жительства»;
- не производят орудия труда, но могут использовать предметы для выполнения простых операций.

Эволюция человека

ДАТИРОВКА ИСКОПАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Стратиграфия: возраст породы, содержащей ископаемые находки, можно определить по ее расположению в открытых скальных выходах.

Датировка по калию-аргону: небольшая доля калия, содержащегося в горной породе, обладает радиоактивнойностью

$$40\text{K} \rightarrow {}^{40}\text{Ar}; \text{полураспад} = 1265 \times 10^6 \text{ лет}$$

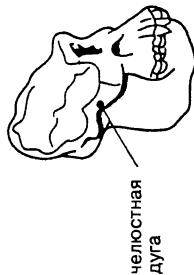
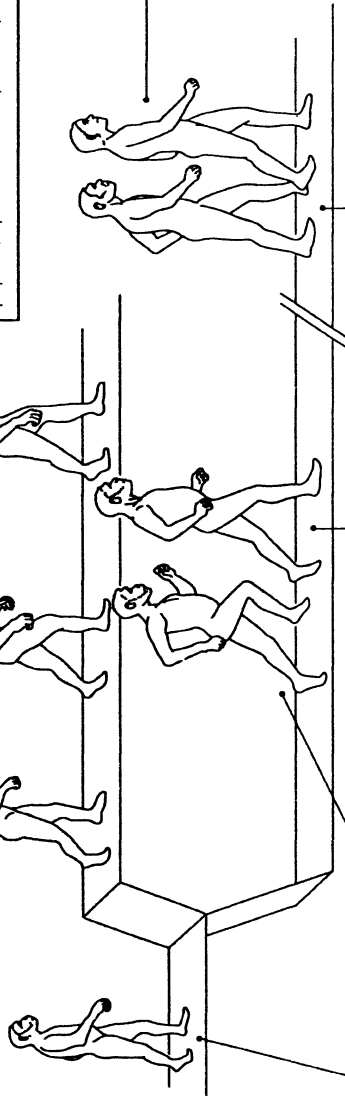
Этот способ удобен для датировки материала, возраст которого более 500 000 лет.

Миллионов лет назад

Настоящее время

500 000

ЭВОЛЮЦИОННОЕ ДЕРЕВО ГОМИНИД: древо разветвляется, так что роды *Australopithecus* и *Homo* существовали в одно время. Все формы, кроме *Homo sapiens sapiens*, относятся к вымершим.



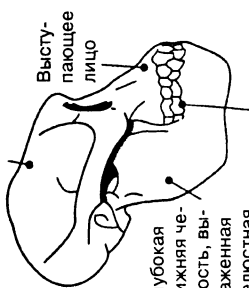
челюстная дуга

Горилла

- крупные клыки;
- лоб отсутствует;
- выступающее лицо;
- выраженные надбровные дуги;
- небольшая черепная коробка;
- выраженная челюстная дуга, служащая для прикрепления жевательной мускулатуры

Australopithecus afarensis

Небольшой череп с низким лбом



Глубокая нижняя челюсть, выраженная челюстная дуга

Выступающее лицо

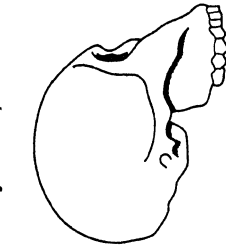
Крупные коренные зубы

Двуногое хождение, прямостоящие.

По строению черепа сходны с человекообразными обезьянами, но размер клыков меньше.

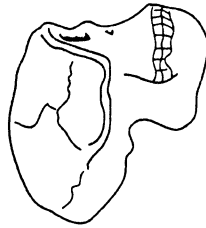
Использование орудий труда не установлено, поэтому первой характерной чертой человека можно считать появление двунового хождения.

Homo habilis (человек умелый)



Лицо остается выступающим, но размер черепной коробки увеличивается, а размер зубов уменьшается – таким образом, это может быть первый вид, способный производить орудия труда.

Homo erectus



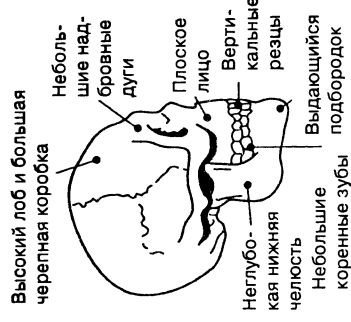
Лоб увеличивается. Почти плоское лицо. Выраженные надбровные дуги. Череп увеличивается.

Homo sapiens (неандерталец)

Более мускулистый, чем современный человек. Развитое прямохождение, мозг несколько больше, чем у современного человека (возможно, для управления большим объемом мышц). Предположительно, скрещивался с *H. sapiens sapiens*, либо постепенно им вытеснялся. Сложное социальное поведение, включающее церемонии погребения.

Производил более совершенные орудия труда, включая топоры. Умел обращаться с огнем и готовить пищу. Обладал большой выносливостью.

Homo sapiens (современный)



Высокий лоб и большая черепная коробка

Небольшие надбровные дуги

Плоское лицо

Вертикальные резцы

Неглубокая нижняя челюсть

Небольшие коренные зубы

Выдающийся подбородок

Сложные орудия труда для различных целей. Успешно охотился на крупных млекопитающих, применяя групповую охоту. Создавал простейшие музыкальные инструменты и наскальные рисунки. Для общения пользовался языком.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

абсорбция 85
агглютинация 123
адаптация 108, 133
АДГ (антидиуретический гормон) 138
аденин 29, 35
аденозинтрифосфат (АТФ) 22, 27, 29, 31
адреналин 134, 149, 151
азот
 круговорот 71
 оксиды 73
акклиматизация 108, 133
акросома 160, 162
аксон 140
активатор 22
активный транспорт 9, 10, 29
активный центр 21, 22
актин 152
алкоголь 136, 142
аллель 49–51, 53, 56
 доминантный и рецессивный 38, 49
аллергия 121
аллостерический регулятор 22
альбинизм 50
альвеола 98, 100, 107
альдостерон 138
альфа-спираль 17
амавротическая идиотия 50
амилаза 22, 23, 83
амилоза 16
амилопектин 16
аминокислота 14, 17, 36, 39, 40, 71, 85, 87
аммиак 71
амниоцентез 170
анаболизм 26
анафаза 45, 47
анафилактический шок 121
ангина 113, 114
ангиотензин 138
аневризма 114
анеуплоидия 48

антибиотик 93, 126, 128, 129
антиген 119, 120
антикодон 36, 39, 40
антиоксидант 93
антисептик 124
антитело 117, 119, 120, 122, 173
аорта 103, 110, 111
аппендикс 82
артериосклероз 173
артерия 103
аскорбиновая кислота (витамин С) 15, 92
астма 101
атеросклеротическая бляшка 114
аутбридинг 59
аутоиммунитет 121
аутолиз 94
аутэкология 62
ацетил-коэнзим А (ацетил-КоА) 27
ацетилхолин 142, 151

Б

базофильный 104
бактерии 41, 61, 70, 71, 117, 126
бактериостатический 129
бактерицидный 129
белая мышца 154
белое вещество 150
белок 5, 14, 23, 89, 90
 конформация 17, 22
 первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура 17
белок-переносчик 9
Бенедикта реакция 14
беременность 92, 169
 тест 122
бета-блокатор 110
бета-складчатый слой 17
бешенство 7

биномиальная номенклатура 60
биологическая потребность в кислороде (BOD) 75, 76
биологический контроль 81
биомасса 78, 80
биоразнообразие 78
биореактор 41
биотический потенциал 65
биуретовая реакция 14
блуждающий нерв 110
бобовые 98
боталлов проток 169
ботулизм 94
боуменова капсула 137
бронх 98, 100
бронхиола 98, 100
бронхит 98, 102
бурый жир 132
буферный раствор 8, 11

В

вагина 167
вазэктомия 163
вакуоль 2, 5
вакцинация 120
варикоз 114
вдох 99
вегетарианство 89
вегетативная нервная система 150, 151
вектор 41, 124, 130
венозный проток 169
вентиляция 99, 101
вероятность 56
вид 58, 60
видообразование,
 аллопатрическое и симпатрическое 58
вирус 7, 117, 124, 125
витамин 14, 20, 87, 92
ВИЧ (вирус иммунодефицита человека) 7, 125
вкус 86

водитель ритма 110
водный потенциал 13
водородная связь 16, 17
водоросли 138
волокна
 пищевые 87
 мышечные 152
ворсинка 85
воспаление 118, 119
вредитель 81
время удвоения 65, 127
вставочный нейрон 150
выдох 99

Г
галактоза 15, 23
гамета 47, 159, 160
гаплоидный набор 47
гемоглобин 17, 104–107, 165
 фетальный 106
гемопоз 104
гемофилия 52
ген 38, 42, 53, 54
генераторный потенциал 144
генная терапия 42
генов взаимодействие 53
генотип 50, 56
гепарин 15
гепатит В 124
гепатоцит 135, 136
гетерозигота 49, 50
гибридная мощность 59
гибридома 122
гидрокарбонат 11, 107
гидролиз 16, 17, 21, 29
гидрофильные и
 гидрофобные
 взаимодействия 9
гипервентиляция 108
гиперполяризация 147
гипертермия 133
гипертония 114
гипоксия 108
гипоталамус 132, 133, 167
гипотеза индуцированного
 соответствия 20
гипотеза ключа и замка 20
гипотермия 132, 133, 173
гипофиз 149, 158, 167, 168
гифа 97, 129
глаз 145
гликоген 2, 5, 6, 16, 134, 136,
 154, 155
гликозидная связь 15, 16
гликокаликс 5, 9
гликолиз 27
гликопротеин 15, 125
глицерол 18, 21, 83, 87

глобальное потепление 72
глюкагон 134
глюкоза 15, 16, 23, 27, 87,
 134, 136
гниение 71
Гольджи аппарат 5
гомеостаз 109, 131, 133, 134,
 138
гомозигота 49, 50
гомологи 38, 47, 49
гонадотропин 158
гормон 93, 136, 149
гормон роста 41
гормонозамещающая терапия
 173
горная болезнь 108
гортань 98
граафов пузырьки 159, 161
грана 31
грибок 61, 97, 117
грипп 7, 122
грудина 98
группы крови АВО 123
гуанин 35
гуморальный ответ 119

Д
дальтонизм 52
Дауна синдром 48, 55, 170
двенадцатиперстная кишка 82
двигательный нейрон 140,
 150
двойная спираль 35
дезаминирование 136
дезоксирибонуклеиновая
 кислота (ДНК) 31, 35,
 36, 38, 41, 43
делеция 48
дендрит 140
денитрификация 71
деполяризация 141, 143
детоксикация 136
диабет 134
диализ 139
диафрагма 98, 99
дигибридное скрещивание 51
диета 87
диоксид серы 73
диоксид углерода 33, 70, 100,
 105–107
дисахарид 15
дисульфидная связь 17
диффузия 9, 10
ДНК (дезоксирибонуклеиновая
 кислота) 31, 35, 36, 38,
 41, 43
 амплификация 44
 лигаза 38

полимераза 38, 44
отпечаток 43
долька 135
дополнительный воздух 101
дорзальный корешок 150
дыхательный коэффициент 28
дыхательный объем 101

Ж
жар 132
жгутик 6, 160
железо 12, 89, 136
желтое тело 159, 161
желудок 82
желчный проток 82
 пигмент 136
желчь 82, 83, 136
жизненная емкость легких
 101, 173
жир 18, 83, 134, 136
жирная кислота 14, 21, 83, 87
жировая ткань 132

З
заболевание 124
замораживание 95
зигота 51, 52, 162
зрачок 145
зрительная кора 146
зрительный нерв 145, 146
зуб 82

И
излучение 74, 95
изменчивость 47
 непрерывная
 и дискретная 48
изоляция, репродуктивная 58
иммунитет 120
иммуноглобулин 168
имплантация 162
инбридинг 59
ингибитор, конкурентный и
 неконкурентный 22
индекс массы тела 96
индустриальный меланизм 57
инсулин 41, 134
интерфаза 45
искусственное оплодотворение
 59
ишемическая болезнь сердца
 113, 114

Й
йодопсин 147

К

калий 12, 141, 142
калориметрия 91
Кальвина цикл 29, 31–33
кальций 12, 89, 114, 142, 147, 152
каналец 135, 136
капилляр 85, 100, 103, 109, 115
кариотип 52
кератин 17
катаболизм 26
каталаза 5
катехоламин 142
квадрат 63
кислород 100, 104–107
кислородная задолженность 154, 155
кислотный дождь 73
кистозный фиброз 50
клетка 2, 5, 24
клетки памяти 119, 120
клеточная стенка 2, 13
клеточный цикл 45
климаксное сообщество 69
клон 122
Кляйнфельтера синдром 48
ковалентная связь 14, 17
кододоминантность 53
кодон 36, 39, 40
кожа 117, 118, 132
кокаин 142
колбочка 147
коллаген 19
комплемент 118, 119
конденсация 16, 17
конкуренция 65
контрацепция 163
корковое вещество почки 137
кофактор 20
Коха постулаты 127
коэнзим 20
красные мышцы 154
крахмал 2, 16, 23, 31, 83
креатинфосфат 155
Кребса цикл 27
кривая диссоциации 105, 106
кровеное давление 115
кроссинговер 47, 48
круглые черви 61
купферовская клетка 136
курение 100, 102, 113, 114

Л

лактаза 23, 83
лактат 136, 154, 155
 дегидрогеназа 21
лактация 92, 168

лактоза 15, 23, 83, 92
Лангерганса островки 149
ларингит 98
легкие 98–100
легочная артерия и вена 98, 100, 103, 110
лейкоцит 5, 104
лигаза (*см. также ДНК-лигаза*) 21, 27, 41
лизосома 5
лизоцим 6, 126
лимитирующий фактор 34, 66
лимфатическая система 85, 116
лимфоузел 116
лимфоцит 104, 116–119
липаза 21, 83
липид 14, 18, 31, 87
локус 49
лютеинизирующий гормон (ЛГ) 161, 168

М

макрофаг 104, 114, 136
мальтаза 83
мальтоза 15, 83
малярия 124, 130
матка 162, 169
медиа́на 48
межреберные мышцы 98, 99
Мезельсон и Сталь 37
мезентерий 84
мезодерма 162
мезосома 6
мезофилл 36
мейоз 45, 159, 160, 162
мембрана 2, 5, 18
 избирательно
 проницаемая 10
Мендель 51
менопауза 173
менструальный цикл 161
менструация 161
метаболизма уровень 2, 5, 26, 91, 136, 173
метаболический путь 26
метан 72
метафаза 45, 47
метиленовый синий 1
миелин 18, 140, 143
микроворсинка 5, 85, 135
микротрубочка 5
микрофиламенты 5
миоглобин 106
миозин 17, 29, 152
миокард 110
миокардит 113
митоз 45, 162
митохондрия 5, 27, 107, 142

мишень 149
млекопитающие 61
множественные аллели 53
мода 48
мозг 151, 172
мозговое вещество 115, 148
 почки 137
моллюск 61
молозиво 92, 168
молоко, грудное 92
молочная железа 168, 169
моногибридное скрещивание 50
моноклональные антитела (МАВ) 122
моносахарид 16
моноцит 104
морула 162
моча 137
мочевой пузырь 137, 151
мочеточник 137
мукоза 84
мутация 48, 54, 55, 143
мутуализм 97

Н

надгортанник 82, 98
надпочечники 132, 137, 149
насыщенная жирная кислота 18
натрий 12, 138, 141, 142
небо 82, 98
неврилема 140
независимое расхождение 47, 51
нейромедиатор 142, 147
ненасыщенная жирная кислота 18
неодарвинизм 57
нерасхождение 48, 55
нередуцирующий сахар 18
нефрон 137, 138
никотин 142
никотинамидадениндинуклеотид (NAD) 20, 27
никотинамидадениндинуклеотид фосфат (NADP) 32, 33
нитрат 71, 76
нитрификация 71
номограмма 91
ночное зрение 146
нуклеотид 14, 35, 38

О

обезвоживание 95
обезлесение 77, 78

облучение 95
обратная связь отрицательная 131–134, 138, 158, 168
обратная связь положительная 131, 167
обратная транскриптаза 36, 125
объектив 3, 4
овальное отверстие 169
овуляция 159
озон 74
окислительное фосфорилирование 27, 29
окситоцин 167–169
олигосахарид 15
онкоген 46
ооцит 159, 160, 162
оплодотворение 162
опсин 147
оптимальная температура 22
оптимальный pH 22
опухоль 46
орган 24
органелла 5, 8, 24
осмос 10, 13
основной обмен 91
остаточный объем 101
остеоартрит 157
остеопороз 156, 173
острота зрения 146
отбор искусственный 59, 129
естественный 57

П

палисадный слой 30
палочка 146, 147
папиллярные мышцы 110
паразит 97
парасимпатическая нервная система 86, 151
парниковый эффект 72
патоген 117, 124, 126
пенициллин 6, 129
пепсин 83
пептидаза 83
пептидная связь 17
переваривание 82, 83, 85
переливание 121, 123
перехват Ранвье 140, 143
перикардит 113
пестицид 93
петля Генле 137
печеночная артерия и вена 103, 135, 136
печень 82, 84, 85, 99, 133–136
пирамида численности, биомассы, энергии 68

пиримидин 35
пируват 27
пищевая добавка 93
пищевод 82
пищевое отравление 94
плазма 104, 107 109
плазмалемма 5
плазматическая мембрана 5, 6, 9
плазматический белок 109, 136
плазмида 6, 41
плацента 165, 167–169
плевральная оболочка 98, 99
плевральная полость 98, 99
плечевая артерия 103
плод 166, 167, 169
подвздошная кишка 82
поддерживающая емкость среды 65
поддерживающая связка 145
поджелудочная железа 82, 84, 134, 149
подростковый период 92, 172
позвоночные 156
покрытосеменные 61
полая вена 103, 137
полигенное наследование 48
полипептид 17, 83
полиплоидия 48, 58, 59
полисахарид 16
половое созревание 92, 158
полуконсервативная репликация 37
популяция 63, 65
человеческая 66
поровый комплекс 9
портальная вена печени 85, 103, 135, 136
потение 132
потенциал действия 141, 143, 144
потенциал покоя 141
почечная артерия и вена 103, 137
почечная лоханка 137
почечный клубочек 137
почка 137, 139
пояс конечностей 156
предсердие 110, 111
примат 174
прион 7
природный газ 80
прогестерон 149, 161, 165, 167, 168
продуктивность 67
продуцент 67
прокариоты 6, 61
пролактин 168

простагландин 165, 167
протеаза 125
протопластов, слияние 59
профаза 45, 47
прямая кишка 82
пупочная артерия и вена 169
пурин 35
пустыня 78
пятипалая конечность 156

Р

радужная оболочка 145
развитие 92
размножение бесполое 45
разрешение 1
рак 45, 46, 98, 102
ребро 98, 99
редуценты 70, 71
редуцирующий сахар 14
резервный воздух 101
рекомбинантная ДНК 41
репликация 38, 45, 47, 49
респирометр 101
рестриктаза 41, 43
ретиаль 147
ретровирус 36, 125
рефлекторная реакция 150
рефрактерности период 141, 143
рецептор 131, 144
рибоза 15, 36
рибонуклеиновая кислота (РНК) 36
рибосома 5, 6, 31, 36, 39, 40
рибулозо-бисфосфат (РибФ) 33
род 60
родопсин 147
роды 167
рождение 166, 167, 169
рост 171
кривая (бактериальная популяция) 127
кривая (человек) 171, 172

С

сальтаторное проведение 140, 143
сапробионт 71, 97
сахароза 15, 83
свертывание крови 117
свободные радикалы 113
связка 25, 157
селезенка 116
семенник 149

семенной каналец 160
сенсорный нейрон 150
сердечный выброс 115
сердце 103, 110, 111, 113
заболевания 113
тоны 111
серийное разведение 128
серое вещество 150
серповидно-клеточная анемия 54
Сертоли, клетки 160
сетчатка 145, 146, 173
симбиоз 97
симпатическая нервная система 86, 151
синапс 142
синаптическое окончание 140, 147
синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД) 7, 125
синоатриальный узел 110, 111
синовиальная жидкость 157
оболочка 157
синусоид 135, 136
синэкология 62
система органов 24
системное кровообращение 103
скелет 156
скелетная мышца 152, 154
склера 143
слюна 82, 86
слюнные железы 82, 84, 86
собирающая трубка 137, 138
соединительная ткань 25
соматическая нервная система 150, 151
сообщество 62, 69
сопротивление окружающей среды 65
спаривание оснований 35, 38–40
сперматозоид 160
спинной мозг 150, 151
спинномозговой нерв 150
спора 129
среднее значение 48
старение 157
стерилизация 128
стероид 18
стероидный гормон 167
стимул 131, 150
строма 31
субстратное фосфорилирование 29
судорога 154
сукцессия 69
сукцинатдегидрогеназа 22

сурфактант 100
сустав 157
сухожилие 25
сухожильная нить 110
сфинктер 82, 115
сцепление с полом 52
сыворотка 104

Т

телофаза 45, 47
термогенез 91
Тернера синдром 48
тестостерон 18, 149, 160
тилакоид 31, 32
тимин 35
тироксин 132, 149
тканевая жидкость 109
ткань 24
Т-лимфоцит 119, 121
токсин 94
толстый кишечник 82
топливо 79, 80
трансаминирование 136
транскрипция 39, 40, 49
трансляция 39, 40
трансплантат 139
трахея 98
триглицерид 14, 18
трипсин 83
трихроматическая теория цветового зрения 147
тромбоцит 104, 117
трофический уровень 67
тургор 2, 13
тучность 96, 113
Т-хелпер 119, 121

У

увеличение 1
углевод 14, 16, 27, 83, 87, 136
углерода круговорот 70
удобрение 76, 93
ультразвук 170
Уотсон и Крик 35
урацил 36, 39
условный рефлекс 86
устыице 36
устомление 154, 155

Ф

Фактор-8 41
фенилкетонурия 50
фенотип 50
фермент 20–23
ферментация 72, 79

ферментер 41, 129
фермент-субстратный комплекс 20
фибриноген 19
физическая нагрузка 113, 115, 132, 154
Фика закон 10
фолликулостимулирующий гормон (ФСГ) 161, 168
фосфат 12
фосфоглицеральдегид 27, 33
фосфолипид 9, 18, 136
фотосинтез 31–33, 70, 74
фотосистема 31, 32
фотофосфорилирование 32
фракционирование 8
фреон 72, 74
фруктоза 15

Х

Харди-Вайнберга уравнение 56
хемиосмос 29
хиазм 47
хи-квадрат (χ^2) тест 56
химический контроль 81
химотрипсин 83
хинин 130
хищник 81
хлоридное смещение 107
хлоропласт 2, 31
хлорофилл 2, 31, 32
холера 124
холестерол 114, 136
хорионический гонадотропин 165
хроматида 45, 47
хроматин 5, 38
хроматография 31
хромосома 2, 5, 38, 45, 47, 55
X-хромосома 52
Y-хромосома 52
хрусталик 145
хрящ 157

Ц

царство 60, 61
целлюлоза 16
центральная нервная система (ЦНС) 151
центральная ямка 145
центрифуга 18
центромера 45
цианид 22
цилиарное тело 145
цитозин 35
цитокинез 45, 47

цитокинин 118
цитоплазма 2, 5, 27
цитотоксическая Т-клетка 119,
121
цитохромоксидаза 22

Ч

человекообразная обезьяна
174
членистоногие 61

Ш

шванновская клетка 18, 140
шейка матки 167

Щ

щеточная каемка 5, 135
щитовидная железа 132, 149

Э

эвтрофикация 76
ЭКГ (электрокардиограмма)
111
экосистема 62, 67
электронотранспортная цепь
27, 32

электрофорез 43
эмболия 114
эмбрион 162, 166, 170
эмульсионная проба 14
эмульсификация 83
эмфизема 98, 100–102
эндокринная система 149
эндометрий 161
эндонуклеаза 41
эндоплазматический
ретикулум 5
энергия активации 20
эпидермис 36
эпизиотомия 167
эпистаз 53
эпителий 25
реснитчатый 98
эритроцит 104, 108, 123
эстроген 18, 149, 161, 165,
167, 168
этанол 79
эукариоты 6

Ю

юкстагломерулярный аппарат
138

Я

ядро 2, 5, 38, 39, 160

ядрышко 5, 38
язык 82
яичник 149, 159
яйцевод 162

Указатель латинских названий

Anopheles 130
ATP 22, 27, 29, 31
Australopithecus 175
Diplococcus pneumoniae 37
Homo erectus 175
Homo habilis 175
Homo neanderthalis 175
Homo sapiens 175
NAD 20, 27
NADP 32, 33
Nitrobacter 71
Nitrosomonas 71
pH 11, 73, 95
Plasmodium 124, 130
Pseudomonas 71
Rhizobium 71, 97
Rhizopus 97
Rubella 165
Salmonella 94, 124
Taenia 97

В. Р. Пикеринг

БИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА В ДИАГРАММАХ

Перевод с английского: *А. Барсуковой*

Зав. редакцией: *Р. Дурлевич*

Редактор: *К. Мартысь*

Технический редактор: *Е. Кудиярова*

Корректор: *И. Мокина*

Компьютерная верстка: *М. Осина, Е. Беспрозванная*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 25.05.03.
Формат 60×90^{1/8}. Бумага типографская. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 27,0. Тираж 5000 экз. Заказ 1632.

ООО «Издательство Астрель».

143900, Московская обл., г. Балашиха, пр. Ленина, 81

ООО «Издательство АСТ».

667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Кочетова, д. 28

Наш электронный адрес: www.ast.ru. E-mail: astpub@aha.ru

При участии ООО «Харвест». Лицензия ЛВ № 32
от 27.08.02. РБ, 220013, Минск, ул. Кульман,
д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42.

Открытое акционерное общество
«Полиграфкомбинат им. Я. Коласа».
220600, Минск, ул. Красная, 23.