



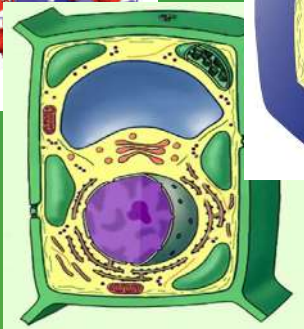
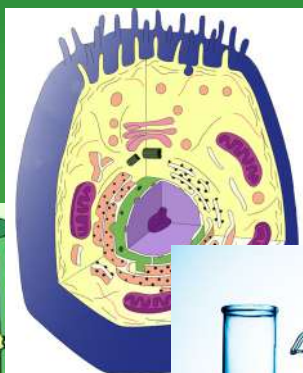
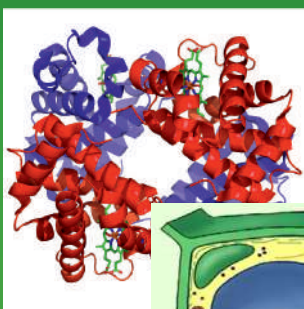
Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Институт естественных наук
и математики

БИОХИМИЯ

Практикум



БИОХИМИЯ

Практикум

Рекомендовано методическим советом УрФУ
в качестве учебно-методического пособия для студентов,
обучающихся по программам бакалавриата и специалитета
по направлениям подготовки 06.03.01 «Биология»,
05.03.06 «Экология и природопользование»,
30.05.01 «Медицинская биохимия»,
30.05.02 «Медицинская биофизика»

УДК 577(07)
Б638

А в т о р ы:

Г. Г. Борисова, Н. В. Чукина, И. С. Киселева, М. Г. Малева

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра ботаники, физиологии и экологии растений
факультета биотехнологии и биологии

Национального исследовательского Мордовского государственного
университета (заведующий кафедрой доктор биологических наук,
профессор А. С. Лукаткин);

С. И. Неуймин, кандидат биологических наук, доцент,
заведующий кафедрой ботаники и фармакогнозии
Уральского государственного медицинского университета

П о д о б щ е й р е д а к ц и е й

доктора географических наук, профессора Г. Г. Борисовой

Биохимия : практикум : [учеб.-метод. пособие] / [Г. Г. Борисова,
Б638 Н. В. Чукина, И. С. Киселева, М. Г. Малева ; под общ. ред. Г. Г. Бо-
рисовой] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер.
ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 116 с.

ISBN 978-5-7996-2057-8

Учебно-методическое пособие включает 14 лабораторных работ, цель ко-
торых — ознакомление студентов с классическими методами биохимического
анализа, закрепление навыков работы с лабораторным оборудованием. Пред-
ставлены описания лабораторных работ по типовой схеме, а также иллюстра-
тивный материал, таблицы, контрольные вопросы и задания для самопровер-
ки, тестовые задания, библиографический список, словарь терминов.

Для студентов, обучающихся по направлениям «Биология», «Экология
и природопользование», «Медицинская биохимия», «Медицинская биофизика».

УДК 577(07)

ISBN 978-5-7996-2057-8

© Уральский федеральный университет, 2017

ПРЕДИСЛОВИЕ

Биохимия является одним из фундаментальных разделов современной биологии, изучающим химические основы функционирования живых систем, а именно: основные классы органических веществ живых организмов и пути их превращения.

Задачи курса: формирование представлений об организации живых систем на молекулярном уровне и единстве их происхождения; ознакомление с процессами превращения веществ и энергии, протекающими в живых организмах, и их регуляцией; изучение роли и перспектив биохимии в решении практических задач физиологии, биотехнологии, сельского хозяйства и медицины; ознакомление с основными принципами и методами биохимических исследований.

Учебно-методическое пособие нацелено на повышение эффективности и результативности самостоятельной работы студентов-бакалавров при изучении курса общей биохимии и обеспечение контроля за ходом самостоятельной работы.

Пособие состоит из двух основных разделов. В первом разделе представлен лабораторный практикум по биохимии. После описания каждой работы приведен перечень вопросов для самопроверки. Второй раздел включает контрольные задания для самостоятельной работы студентов по основным темам курса, в том числе тестовые задания. В конце пособия приведен перечень наиболее употребительных в современной биохимии терминов и даны их определения. Представлен список рекомендуемых библиографических источников, включая основную и дополнительную литературу.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторный практикум по биохимии включает 14 работ, основанных на количественном или качественном анализе биологического материала. Цель практикума — ознакомление студентов с основными методами биохимического анализа, а также закрепление навыков работы с лабораторным оборудованием.

Правила техники безопасности при работе в биохимической лаборатории

1. Работу в лаборатории необходимо выполнять в халатах.
2. При работе с химическими веществами нельзя пробовать их на вкус.
3. При приготовлении растворов кислот надо наливать кислоту в воду, а не наоборот.
4. Все опыты с концентрированными кислотами, щелочами, газообразными веществами, органическими растворителями следует производить в вытяжном шкафу.
5. При попадании на кожу кислоты с высокой концентрацией ее необходимо смыть водой и после этого обработать слабым раствором гидрокарбоната натрия.
6. При попадании на кожу щелочи с высокой концентрацией ее нужно смыть водой, а затем слабым раствором уксусной кислоты.
7. При сильных ожогах кожу необходимо смочить крепким раствором перманганата калия.
8. Пробирки с жидкостью при нагревании надо держать наклонно в сторону от себя и от соседа.

9. Нельзя набирать реактивы в пипетку ртом, следует пользоваться грушей.

10. Концентрированные кислоты и другие вредные и ядовитые вещества нужно выливать в специально отведенную для этого емкость.

11. Запрещается работать с огнеопасными веществами в одиночку и оставлять без присмотра включенные электроприборы.

12. Запрещается нагревать воду и растворы в закрытых сосудах.

Лабораторная работа 1

Разделение свободных аминокислот растительного материала методом хроматографии на бумаге

Метод хроматографии на бумаге используется для разделения смесей разнообразных органических веществ. Разделение веществ происходит вследствие различия в распределении их между двумя жидкими фазами, одна из которых подвижна. Неподвижная фаза — вода — удерживается твердым носителем (в данном случае бумагой), не вступая с ним во взаимодействие. Нанесенные на бумагу вещества переходят в подвижную фазу (органический растворитель) и, перемещаясь с различными скоростями по бумажным капиллярам, разделяются. Скорость передвижения влияет на показатель распределения (R_f), представляющий отношение величины смещения зоны вещества (x) к смещению фронта растворителя (x_f) (рис. 1).

Для однотипных веществ при постоянных условиях величина R_f является ориентиром, позволяющим их идентифицировать. Чем больше различие в величинах R_f разделяемых веществ, тем лучше их разделение.

Цель работы. Ознакомиться с хроматографическим методом разделения аминокислот, провести экстракцию растительного материала, разделить смесь аминокислот и осуществить их идентификацию.

Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 10 мл.
2. Пипетки и микропипетки.
3. Фарфоровые чашки (средние и маленькие).
4. Воронки средние и фильтры.
5. Цилиндры мерные.
6. Хроматографическая и фильтровальная бумага.
7. Стекланные палочки, пинцеты и стекланные трубки с ватой.
8. Хроматографические камеры.
9. Водяные бани.

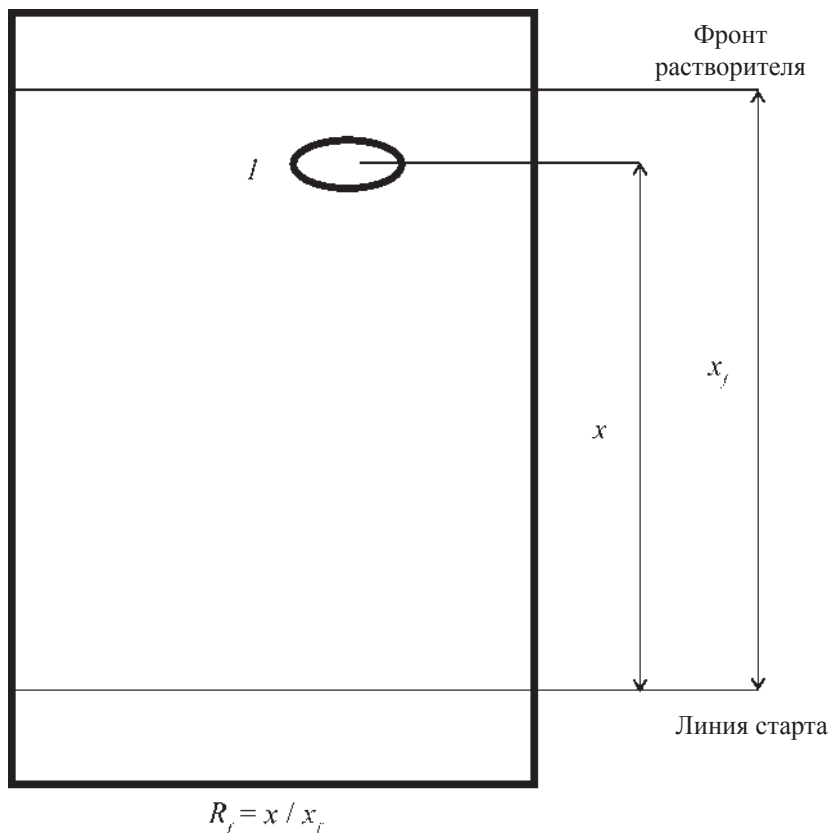


Рис. 1. Определение R_f вещества:
 I — расположение вещества на хроматограмме

10. Электроплитки.
11. Весы торсионные.
12. Препаровальные иглы с кусочками резины.
13. Иголки швейные и нитки.
14. Сухой растительный материал для экстракции.
15. Смесь растворителей (*n*-бутанол : муравьиная кислота : вода).
16. Растворы аминокислот-свидетелей (арг, ала, гли, вал, лиз, лей).

17. Растворы спирта этилового (70 %), HCl (1 %).
18. Раствор нингидрина (0,25 %) в смеси этиловый спирт : ацетон (1 : 1).

1.1. Проведение экстракции растительного материала и подготовка хроматограммы к разделению аминокислот

Ход работы

Для проведения экстракции 0,3 г растительного материала помещают в пробирку на 10 мл, заливают 5 мл 70 % этилового спирта и ставят на водяную баню, разогретую до 70–80 °С, на 5 мин. Полученную вытяжку фильтруют через бумажный фильтр в выпарительную чашку, при этом следует стремиться, чтобы частички материала на фильтр не попадали, поскольку далее этот материал аналогичным способом экстрагируют еще раз. При фильтровании после второй экстракции на фильтр можно перенести все содержимое пробирки. Выпарительную чашку помещают на кипящую водяную баню и выпаривают спирт досуха.

Лист хроматографической бумаги размером 24 × 31 см кладут на рабочее место, подложив снизу лист чистой бумаги. Отступив 2 см от края узкой стороны, проводят простым карандашом линию старта. Затем линию старта размечают короткими штрихами: отступив 1,5 см от края, делают первую отметку, следующую — через 2,5 см, затем — через 2 см и т. д., чередуя отрезки 2,5 и 2 см. Всего отрезков по 2,5 см должно быть пять.

На три отрезка длиной 2,5 см наносят растворы известных аминокислот, так называемых свидетелей, на каждый — по две аминокислоты: 1 — арг, ала; 2 — гли, вал; 3 — лиз, лей. Аминокислоты предварительно попарно растворяют в фарфоровой чашке, для чего берут по 3–6 мг каждой аминокислоты (несколько кристаллов на кончике стеклянной палочки) и приливают 1 мл 1 % HCl. Перемешивают до растворения.

На два отрезка линии старта наносят полученный экстракт. Сухой остаток в выпарительной чашке растворяют в 0,6 мл 1 % HCl, тщательно соскабливая его со стенок кусочком резинки, наколотым на препаровальную иглу.

Подготовив исследуемый раствор и растворы свидетелей, приступают к нанесению. Выше линии старта под хроматограмму подкладывают линейку или пипетку, добываясь того, чтобы линия старта не касалась подложки. Для нанесения используют стандартные микропипетки на 0,1 или 0,2 мл. Все свидетели наносят по 0,01 мл, пробу — по 0,01 и 0,02 мл. Набирают в микропипетку необходимый раствор в нужном объеме и, приведя ее в соприкосновение с началом соответствующего участка в 2,5 см, аккуратно ведут до конца. Скорость движения пипетки должна быть такой, чтобы весь объем раствора распределился в интервале в 2,5 см в виде ровной полосы.

После подсыхания линии старта хроматограмму сшивают в форме цилиндра. Для этого необходимо, соединив края встык, сшить их в 3–4 местах. Не следует накладывать края друг на друга: в утолщении скорость движения растворителя увеличивается, и качество разделения на крайних участках ухудшается.

Для хроматографии используют камеру из двух цилиндрических сосудов. На дно нижнего сосуда наливают 25–30 мл смеси: *n*-бутанол : муравьиная кислота : вода в соотношении 70 : 15 : 15. При приготовлении растворителя все компоненты должны быть хорошо перемешаны. Хроматограмму ставят в растворитель и закрывают верхним цилиндром. Необходимо проследить, чтобы хроматограмма нигде не касалась стенок камеры. Время разделения 10–12 ч.

При достижении фронтом растворителя верхнего края хроматограммы ее вынимают, отмечают карандашом линию фронта растворителя и сушат в сушильном шкафу.

1.2. Проявление хроматограммы и идентификация аминокислот

Ход работы

Высушенную хроматограмму проявляют раствором нингидрина, равномерно смачивая данным раствором ее поверхность. Для этого используется стеклянная трубка с ватой. При проявлении нельзя класть хроматограмму на стол, она должна находиться на весу.

Нельзя брать за смоченную поверхность руками, поскольку при этом остаются отпечатки пальцев. Пропитанную

хроматограмму помещают в сушильный шкаф на 15 мин. при температуре 70 °С.

Большинство аминокислот окрашиваются нингидрином в сине-фиолетовый цвет. Пролин и оксипролин образуют с нингидрином соединения желтого цвета; триптофан — коричневого; фенилаланин, тирозин и аспаргат — синего, а гистидин и глицин — красно-серого цвета.

Идентификацию аминокислот проводят по совпадению на хроматограмме положения аминокислот пробы и аминокислот-свидетелей. Аминокислоты, располагающиеся на одном уровне, являются идентичными. В разделенных парах свидетелей ближайшими к старту будут арг, гли, лиз.

Определение аминокислот можно осуществлять и по значению R_f . Для этого измеряют с точностью до миллиметра расстояние от линии старта до линии фронта растворителя (в данной работе это, как правило, верхний край хроматограммы). С такой же точностью измеряют расстояние от старта до центра цветового пятна идентифицируемой аминокислоты. Отношение последнего расстояния к первому дает значение R_f для данной аминокислоты в данном растворителе.

Помимо идентификации аминокислот экстракта по свидетелям, необходимо определить в пробе несколько аминокислот, для которых свидетели не наносились, по R_f . Значения R_f для растворителя, состоящего из *n*-бутилового спирта, муравьиной кислоты и воды (в соотношении 7 : 1,5 : 1,5), приведены в табл. 1.

Таблица 1

Аминокислота	R_f	Аминокислота	R_f	Аминокислота	R_f
Аланин	0,51	Лейцин	0,78	Саркозин	0,47
Аргинин	0,25	Лизин	0,22	Серин	0,37
Аспаргат	0,38	Метионин	0,69	Тирозин	0,5
Валин	0,73	Норвалин	0,80	Треонин	0,44
Гистидин	0,16	Норлейцин	0,87	Триптофан	0,59
Глицин	0,41	Оксипролин	0,39	Фенилаланин	0,76
Глутамат	0,42	Орнитин	0,16	Цистеин	0,07
Изолейцин	0,82	Пролин	0,58	Цистин	0,07

Вывод. Необходимо указать, для решения каких задач может быть использован метод хроматографии на бумаге и какие аминокислоты удалось идентифицировать в исследуемом растительном материале.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначен метод распределительной хроматографии на бумаге и на чем он основан?
2. Как рассчитывают коэффициент распределения и от чего зависит его величина?
3. Какие процессы происходят при нагревании растительного материала со спиртом?
4. Почему для разделения свободных аминокислот используют как полярный, так и неполярный растворители?
5. Какой принцип лежит в основе подбора пар аминокислот-свидетелей?
6. Почему для растворения аминокислот используют HCl (1 %)?
7. От чего зависит степень растворения аминокислоты в том или ином растворителе?
8. Чем объясняются различия между теоретическими (табличными) и фактическими значениями коэффициентов распределения аминокислот?
9. Какие условия необходимы для проявления аминокислот?
10. Какие приемы используют для идентификации свободных аминокислот? Укажите их достоинства и недостатки.

Лабораторная работа 2

Разделение веществ методом тонкослойной хроматографии

Тонкослойная хроматография (ТСХ) — один из наиболее часто используемых методов хроматографического анализа. В этом методе разделение веществ происходит в тонком слое сорбента, нанесенного на твердую подложку.

Хроматографическая пластинка представляет собой основу из стекла, алюминия или полимера. В связи с тем, что стеклянная основа становится менее популярной (часто бьется, нельзя разделить пластинку на несколько частей, не повредив слой сорбента), наибольшее распространение получили пластины, в качестве основы которых используют алюминиевую фольгу или полимеры.

Для закрепления сорбента применяют гипс, крахмал и другие вещества, которые удерживают зерна сорбента на подложке. Толщина слоя может быть различна (100 мкм и более), но самый важный критерий — слой должен быть равномерный по толщине в любом месте хроматографической пластинки. Наиболее распространенным сорбентом является силикагель. Кроме того, используют окись алюминия, кремнекислый магний, целлюлозу и другие сорбенты.

Преимущество ТСХ перед бумажной хроматографией заключается в скорости разделения веществ, значительно большей чувствительности и устойчивости слоя по отношению к агрессивным проявителям и нагреванию. В некоторых случаях количества обнаруживаемых веществ находятся в пределах от 0,1 до 0,005 мкг.

Цель работы. Ознакомиться с методом разделения веществ с использованием тонкослойной хроматографии и сравнить его с методом распределительной хроматографии на бумаге.

Оборудование и реактивы

1. Пластинки марки Silufol размером $37,5 \times 75,0$ мм.
2. Капилляры.
3. Хроматографическая камера.

4. Красители: красный крезоловый, судан IV, судан Ж, азобензол.
5. Раствор гексана и бензола (1 : 1).

Ход работы

Для хроматографии используют пластинку марки Silufol размером $37,5 \times 75,0$ мм. Отступив 5 мм от края узкой стороны, проводят мягким карандашом линию старта. Соприкосновение карандаша с поверхностью пластинки должно быть очень легким, без нажима. Слой сорбента ни в коем случае не должен повреждаться. Затем линию старта размечают короткими штрихами через 7,5 мм, начиная от края. Таких штрихов будет четыре. На пересечении штрихов с линией старта наносят смесь из четырех красителей (красный крезоловый, судан IV, судан Ж, азобензол) и три красителя по отдельности (1 — судан IV, 2 — судан Ж, 3 — азобензол). Для нанесения используют капилляр. Все образцы наносят в виде точки. Диаметр образующихся пятен должен находиться в пределах 4–6 мм. Необходимо очень аккуратно касаться поверхности пластинки капилляром. Повреждение сорбента ухудшает качество разделения.

В хроматографическую камеру наливают 6 мл растворителя бензол : гексан (1 : 1). Помещают в камеру пластинку, закрывают крышку и наблюдают за процессом. Замечают время прохождения растворителя до верхнего края пластинки, после чего ее вынимают, подсушивают и определяют R_f соединений. Заносят полученные результаты в табл. 2 и сопоставляют их с табличными значениями R_f .

Таблица 2

Наименование красителя	R_f табличное	R_f фактическое
Красный крезоловый	0	
Судан IV	0,25	
Судан Ж	0,37	
Азобензол	0,8	

Вывод. Отмечают основные преимущества тонкослойной хроматографии перед хроматографией на бумаге.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначен метод тонкослойной хроматографии и на чем он основан?
2. Какие вещества применяют в качестве сорбентов и какими свойствами они должны обладать?
3. Какие вещества используют для закрепления сорбента?
4. В чем сходство между двумя методами (бумажной и тонкослойной хроматографией)?
5. Укажите основные различия между бумажной и тонкослойной хроматографией.
6. Какими преимуществами обладает метод тонкослойной хроматографии перед бумажной хроматографией?
7. В чем проявляется более значительная чувствительность метода тонкослойной хроматографии по сравнению с бумажной и чем она объясняется?
8. Чем объясняется более высокая скорость тонкослойной хроматографии по сравнению с бумажной и как это отражается на точности метода?

Лабораторная работа 3

Получение раствора растительного белка и изучение его свойств

Белки представляют собой высокомолекулярные органические соединения, построенные из сотен или тысяч аминокислотных остатков, соединенных пептидными связями. Разнообразие существующих в природе белков зависит от особенностей аминокислотного состава, количества аминокислотных остатков и порядка их сочетания.

Простые белки построены из аминокислот и при гидролизе распадаются соответственно только на аминокислоты. По характеру растворимости простые белки растений можно разделить на следующие группы:

— альбумины — белки, растворимые в воде; они легко высаливаются из водных растворов с помощью солей; широко распространены в органах и тканях животных и растений;

— глобулины — нерастворимы в чистой воде, но растворяются в слабых водных растворах различных солей; встречаются как в животных, так и в растениях, особенно много их в белках семян бобовых;

— глютелины — белки растительного происхождения, растворимые в растворах щелочей, поскольку содержат большое количество дикарбоновых аминокислот (глутамат, аспартат);

— проламины — белки растительного происхождения, растворимые в 50–70 % растворе этилового спирта; встречаются исключительно в семенах злаков, у которых они (совместно с глютелинами) составляют основную массу клейковины.

Цель работы. Получить раствор растительного белка и изучить его физико-химические свойства.

Оборудование и реактивы

1. Колбы на 100 мл.
2. Штативы с пробирками на 10 мл.
3. Воронки и фильтры.
4. Водяная баня.

5. Гороховая мука.
6. Раствор сульфата аммония (10 %).
7. Раствор хлорида натрия (1–2 %).
8. Хлорид натрия кристаллический.
9. Серная кислота конц.

Ход работы

Получение растительного белка

Навеску гороховой муки (3–5 г) высыпают в колбу, добавляют 30 мл 10 % раствора сульфата аммония, перемешивают в течение 3 мин., оставляют отстояться на 30 мин., затем фильтруют через фильтр, смоченный раствором сульфата аммония, в другую колбу. Если фильтрат мутный, то его сливают обратно на фильтр. В полученном растворе находится белок. Объясните, какой белок перешел в раствор.

Изучение растворимости исследуемого белка в разных растворителях

1. Налить в пробирку 1 мл полученного раствора белка и добавить избыток воды. О чем свидетельствует помутнение раствора?

2. Добавить к осадку раствор 1–2 % NaCl. Объясните, какие произошли изменения? Сделайте вывод о растворимости исследуемого белка.

Высаливание белка

1. К 1 мл раствора белка, взятого в пробирку, добавить несколько кристалликов соли NaCl. Раствор мутнеет вследствие выпадения глобулина в осадок (при концентрации соли 50 %).

2. К полученному осадку добавить избыток воды (уменьшить концентрацию соли). Какие изменения произошли? Объясните полученные результаты.

Изучение денатурации белка

1. Налить в пробирку 1 мл раствора белка и, постепенно нагревая, довести до кипения. Растворится ли образовавшийся осадок после добавления солевого раствора?

2. Налить в пробирку 1 мл раствора белка и добавить по каплям H_2SO_4 конц. Растворится ли образовавшийся осадок после добавления солевого раствора? Объясните полученные результаты.

Вывод. Указать все физико-химические свойства белков, с которыми вы познакомились в ходе выполнения работы.

Вопросы для самоконтроля

1. К какой группе простых белков относится выделенный из гороховой муки белок?
2. О чем свидетельствует помутнение раствора при добавлении избытка воды?
3. Добавление каких веществ к белковому раствору может вызвать осаждение белка?
4. Что такое высаливание и каковы механизмы этого процесса?
5. Почему при величине pH, соответствующей изоэлектрической точке белка, его растворимость минимальна?
6. Какой процесс происходит при нагревании белкового раствора? Может ли он быть обратимым?
7. Как отразилось нагревание белка на его растворимости в солевом растворе? Чем объяснить эти изменения?
8. Почему добавление серной кислоты к исследуемому белку привело к утрате его способности к растворению в солевом растворе?

Лабораторная работа 4

Качественные реакции на белок

При взаимодействии белка с отдельными химическими веществами возникают окрашенные продукты реакции, образование которых обусловлено наличием в молекуле белка той или иной аминокислоты или химической группировки. Поэтому так называемые цветные реакции на белки часто используют для установления белковой природы вещества, изучения аминокислотного состава различных природных белков, количественного определения белков, количественного определения в белке той или иной аминокислоты. Наиболее известными качественными реакциями на белки и аминокислоты являются: биуретовая, ксантопротеиновая, нингидриновая и реакция Фоля.

Биуретовая реакция на белки обусловлена наличием между аминокислотными остатками пептидных связей, которые в щелочной среде образуют с ионами меди окрашенные солеобразные комплексные соединения (красно-фиолетового или сине-фиолетового цвета).

Ксантопротеиновая реакция обусловлена присутствием в белке циклических аминокислот — фенилаланина, тирозина и триптофана, которые при взаимодействии с концентрированной азотной кислотой образуют нитропроизводные желтого цвета (реакция нитрования бензольного кольца).

Нингидриновая реакция является качественной реакцией на все альфа-аминокислоты. При нагревании с избытком нингидрина аминокислота дегидрируется, декарбоксилируется с образованием CO_2 , NH_3 и альдегида, а нингидрин превращается в восстановленный нингидрин. Нингидрин, восстановленный нингидрин и аммиак затем конденсируются с образованием окрашенного соединения. Если аминокислота содержит свободную аминогруппу, образуется пигмент сине-фиолетового цвета.

Реакция Фоля обусловлена присутствием в белке аминокислот цистина и цистеина, содержащих слабосвязанную серу. При нагревании растворов белка со щелочью эти аминокислоты разрушаются с образованием сульфида натрия; последний, взаимодействуя

с уксуснокислым свинцом, образует бурый (или черный) осадок сульфида свинца. Серосодержащая аминокислота метионин более устойчива и при слабом щелочном гидролизе не разрушается.

Цель работы. Ознакомиться с качественными реакциями на белок и аминокислоты.

Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 10 мл.
2. Водяная баня.
3. Раствор растительного белка.
4. Раствор NaOH (10 %).
5. Раствор NaOH (30 %).
6. Раствор CuSO_4 (2 %).
7. Азотная кислота конц.
8. Раствор нингидрина (0,25 %) в смеси этиловый спирт : ацетон (1 : 1).
9. Раствор уксуснокислого свинца (5 %).

Ход работы

Для проведения биуретовой реакции в пробирку налить 2 мл раствора растительного белка, добавить 1 мл раствора 10 % NaOH и по каплям добавить 2 % раствор CuSO_4 . Сначала образуется бледно-голубой осадок, который в присутствии белка растворяется и окрашивает раствор в фиолетовый цвет.

Для проведения ксантопротеиновой реакции к 2 мл раствора белка добавляют несколько капель конц. HNO_3 , нагревают, при этом происходит выпадение осадка белка и осадок окрашивается в желтый цвет.

Для проведения нингидриновой реакции к раствору белка добавляют несколько капель нингидрина и нагревают. Отмечают, какие изменения произошли с раствором.

Для проведения реакции Фоля в пробирку вносят 5 капель раствора белка, добавляют 5 капель 30 % раствора едкого натра и 1 каплю 5 % раствора уксуснокислого свинца. Смесь нагревают до кипения и оставляют при комнатной температуре на несколько минут. Наблюдают появление осадка бурого (или черного) цвета.

Вывод. Указать особенности проведенных реакций и объяснить, почему белки способны вступать в различные качественные реакции.

Вопросы для самоконтроля

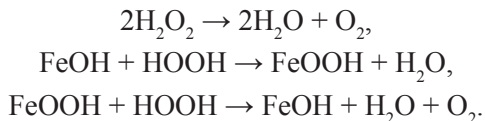
1. Чем обусловлена способность белков вступать в разнообразные качественные реакции?
2. Для решения каких задач на практике используют качественные реакции на белки и аминокислоты?
3. Какие качественные реакции из изученных могут проходить как при участии белков, так и отдельных аминокислот?
4. Какие органические вещества, помимо белков, могут вступать в биуретовую реакцию?
5. Какие органические вещества, помимо белков и аминокислот, могут вступать в ксантопротеиновую реакцию?
6. Все ли аминокислоты способны взаимодействовать с нингидрином с образованием окрашенного соединения?
7. Какие аминокислоты при взаимодействии с нингидрином образуют соединение, окрашенное не в сине-фиолетовый, а в желтый цвет?
8. Почему серосодержащая аминокислота метионин не вступает в реакцию Фоля?

Лабораторная работа 5

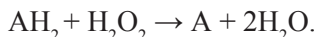
Обнаружение ферментов каталазы и пероксидазы в картофельном соке

Каталаза и пероксидаза играют важную роль в работе системы антиоксидантной защиты. Эти ферменты активируют процесс разложения пероксида водорода. Пероксид водорода является одной из активных форм кислорода, повреждающей многие важные системы клетки (мембраны, электронтранспортные цепи, ферменты и т. д.).

Каталаза обнаружена у всех аэробных организмов и у некоторых факультативных анаэробов. Подобно пероксидазе и цитохромоксидазе, каталаза относится к Fe-порфириновым ферментам. Сущность каталитического действия каталазы состоит в разложении пероксида водорода с выделением молекулярного кислорода. Реакция с участием каталазы требует двух молекул пероксида водорода, из которых одна действует как донор, а другая — как акцептор электронов. Механизм каталитической реакции можно представить следующим образом:



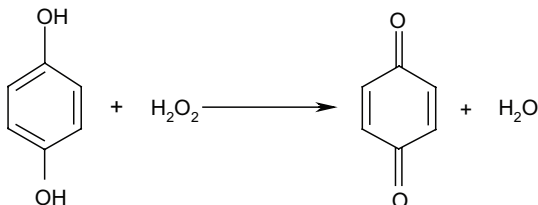
К пероксидазам относят группу ферментов, использующих в качестве окислителя пероксид водорода: НАДН-пероксидазу, НАДФН-пероксидазу, глутатион-пероксидазу, гваякол-пероксидазу, аскорбат-пероксидазу и др. Все они работают по схеме:



Обнаружено, что пероксидазы обеспечивают нормальный ход окислительных процессов при различного рода неблагоприятных воздействиях на живые организмы, например, при воздействии патогенных агентов, тяжелых металлов и др.

Пероксидаза образует с пероксидом водорода комплексное соединение, в результате чего пероксид активируется и приобретает способность действовать как акцептор водорода. Обнаружение

пероксидазы основано на изменении окраски при окислении полифенолов в хиноны:



Цель работы. Доказать, что свежий картофельный сок является источником каталазы и пероксидазы и определить условия протекания реакций, катализируемых этими ферментами.

Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 10 мл.
2. Колбы на 100 мл.
3. Терка и марля.
4. Водяная баня.
5. Картофель.
6. Раствор пероксида водорода (3 %).
7. Раствор гидрохинона (1 %).

Ход работы

Для обнаружения каталазы в картофельном соке очищенный от кожуры картофель натереть на терке, затем отжать через марлю, сок собрать в пробирку. Внести 10 капель сока в пробирку с очень слабым раствором H_2O_2 (5 мл воды и 10 капель 3 % пероксида водорода). Пронаблюдать за реакцией в пробирке. То же самое проделать с предварительно прокипяченной порцией сока. Объяснить результаты.

Для обнаружения пероксидазы в картофельном соке приготовить 4 пробирки, внести в них по 5 мл 1 % раствора гидрохинона. В первую пробирку налить 1 мл раствора пероксида водорода и 1 мл картофельного сока, во вторую — 1 мл раствора пероксида водорода, в третью — 1 мл картофельного сока, в четвертую также 1 мл

картофельного сока, но предварительно прокипяченного в течение 1 мин., и 1 мл пероксида водорода.

При окислении гидрохинона в хинон происходит побурение раствора. Некоторое побурение самого картофельного сока без добавления гидрохинона и пероксида водорода наблюдается также в связи с действием полифенолоксидазы, окисляющей полифенолы тканей картофеля с участием молекулярного кислорода.

Результаты опыта записать в табл. 3 и объяснить полученные результаты.

Таблица 3

Вариант	Состав смеси в пробирке			Окраска раствора в пробирке
	Картофельный сок (источник пероксидазы)	H_2O_2	Гидрохинон	
1				
2				
3				
4				

Вывод. Укажите условия, необходимые для протекания ферментативных реакций при участии каталазы и пероксидазы.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основано обнаружение ферментов каталазы и пероксидазы в картофельном соке?
2. К какому классу относятся ферменты каталаза и пероксидаза?
3. К какой группе ферментов по составу относятся каталаза и пероксидаза?
4. Докажите, что обе реакции, катализируемые изучаемыми ферментами, являются окислительно-восстановительными.
5. Укажите черты сходства и различия между двумя проведенными реакциями.

6. Какие изменения нативной конформации ферментов, приводящие к утрате их активности, происходят при нагревании картофельного сока?

7. Чем объясняется незначительное побурение картофельного сока в пробирке без добавления гидрохинона и пероксида водорода?

8. Почему каталазу и пероксидазу относят к антиоксидантным ферментам?

9. Какое значение имеет система антиоксидантной защиты у живых организмов?

Лабораторная работа 6

Озоление биологического материала методом мокрого сжигания

Определению элементного состава биологического материала предшествует его озоление. Сущность метода мокрого сжигания состоит в озолении органического материала при нагревании с концентрированной H_2SO_4 в присутствии различных добавок; это могут быть любые окислители: HClO_4 конц. или H_2O_2 , либо вещества, выполняющие каталитическую функцию: селен, соли ртути, сернокислая медь и ряд других. Как правило, сжигание проводят в специально предназначенных для этого узкогорлых круглодонных колбах Кьельдаля. При нагревании под действием H_2SO_4 вся органика разлагается до H_2O , CO_2 и NH_4^+ . Ион аммония в кислой среде удерживается в растворе. Переходят в минеральную форму и все другие элементы озоляемого материала.

В подготовленном таким образом материале можно проводить определение общего азота, фосфора, калия и многих других минеральных элементов.

Цель работы. Провести озоление исследуемого растительного материала.

Оборудование и реактивы

1. Колбы Кьельдаля и штатив для них.
2. Мерный цилиндр на 10 мл.
3. Колбы мерные на 100 мл.
4. Колбы на 100 мл с пробками.
5. Торсионные весы до 500 мг.
6. Измельченный сухой растительный материал.
7. Смесь конц. H_2SO_4 и 60 % HClO_4 в соотношении 10 : 1.

Ход работы

100 мг сухого растительного материала взвешивают на торсионных весах и помещают в колбу Кьельдаля на 100 мл. Для предотвращения попадания частичек материала на стенки колбы

при засыпке навески в горло колбы вставляют сложенный в трубку лист кальки.

К взятой навеске растительного материала приливают 5,5 мл смеси концентрированных H_2SO_4 и HClO_4 (в соотношении 10 : 1) и ставят на нагреватель. С появлением белых паров колбу снимают с нагревателя, несколько раз встряхивают и оставляют на 10–15 мин. в штативе. Необходимо добиться полной пропитки кислотой всего объема навески. В случае неполного смачивания материала при дальнейшем нагревании колбы происходит воспламенение сухих частичек, что вызывает потери азота.

После пропитывания навески кислотой колбу снова ставят на нагреватель и продолжают сжигание до полного обесцвечивания жидкости в колбе. Обычно процесс занимает 15–20 мин.

Колбу с минеральным содержимым охлаждают до комнатной температуры. Далее медленно по стенкам горловины в колбу приливают 20–30 мл воды и осторожно перемешивают весь объем жидкости. Колбу вторично охлаждают, затем ее содержимое переливают в мерную колбу на 100 мл, споласкивая колбу Кьельдаля несколькими порциями воды по 10–20 мл. Мерную колбу охлаждают и доводят водой до метки. После этого раствор можно перелить в колбу на 100 мл, закрыть и хранить до момента анализа.

Вывод. Указать условия, при которых проводили озоление и назвать продукты озоления, перешедшие в раствор.

Вопросы для самоконтроля

1. Для решения каких аналитических задач проводят озоление биологического материала?
2. В чем заключается сущность озоления?
3. Какие виды озоления используют на практике? Чем обусловлен выбор метода?
4. Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при проведении озоления?
5. Почему озолению подвергают высушенный, а не сырой растительный материал?

6. Какие кислоты используют для мокрого озонирования биологического материала?

7. Назовите конечные продукты озонирования биологического материала, проводимого с использованием смеси концентрированных кислот.

8. Почему колбу с минеральным содержимым (после озонирования) необходимо охладить до комнатной температуры?

Лабораторная работа 7

Определение содержания общего азота в растительном материале

Азот является одним из основных макроэлементов для живых организмов, поскольку входит в состав важнейших органических веществ: нуклеотидов, белков, аминокислот, амидов, хлорофилла, порфиринов, алкалоидов и др. Корни растений способны поглощать из почвы азот преимущественно в форме аниона NO_3^- и катиона NH_4^+ .

Содержание общего азота определяют колориметрическим методом с помощью реактива Несслера (щелочного раствора йодомеркуриата калия). Данный метод основан на свойстве иона аммония образовывать в щелочной среде с солями ртути цветной комплекс, имеющий желтый, желто-оранжевый или коричневый цвет. Интенсивность окраски комплекса в определенном интервале пропорциональна количеству азота, находящемуся в растворе.

Оборудование и реактивы

1. Штативы с мерными пробирками на 10 мл.
2. Колбы мерные на 50 мл.
3. Стаканчики на 50–100 мл.
4. Пипетки на 10 мл.
5. Фотоэлектроколориметр и фотокуветы.
6. Раствор NaOH (1 %).
7. Сегнетова соль.
8. Реактив Несслера.
9. Стандартный раствор с содержанием азота 0,1 мг/мл.

Ход работы

Раствор, полученный при озолении растительного материала (1 мл), из колбы на 100 мл переносят в стакан на 50–100 мл. Приливают 30–35 мл воды дистиллированной, добавляют несколько кристалликов сегнетовой соли и нейтрализуют 1 % раствором NaOH до значений pH в интервале 7–8. Переводят раствор в мерную колбу на 50 мл, содержимое доводят водой до метки, добавляют 1 мл реактива Несслера и сразу переливают в стакан на 50–100 мл. Через 3 мин.

развившуюся окраску колориметрируют на фотоэлектроколориметре при длине волны в диапазоне 400–440 нм в кюветах на 20 мм.

Содержание иона аммония определяют по калибровочному графику, построенному по растворам с содержанием азота 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 мг/мл, которые готовят из стандартного раствора с содержанием азота 0,1 мг/мл. Серию указанных стандартов получают путем разбавления исходного раствора. Для этого в 4 мерные пробирки на 10 мл вносят соответственно 2; 4; 6; 8 мл исходного стандарта и доводят до 10 мл водой. Содержимое пробирок перемешивают. Далее из каждой пробирки поочередно отбирают 1 мл приготовленного раствора, вносят в мерную колбу на 50 мл, доводят водой до метки, добавляют 1 мл реактива Несслера и переливают раствор в стакан на 50–100 мл. Через 3 мин. колориметрируют.

Необходимо также провести холостое определение с реактивом Несслера без внесения азота. Во всех случаях колориметрирование проводят против воды.

Содержание азота в исследуемом растительном материале выражают в процентах от сухой массы.

Вывод. Указать использованные методы и полученный результат, отражающий процентное содержание азота в исследуемом растительном материале.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких формах азот присутствует в растительных тканях?
2. В состав каких органических соединений входит азот?
3. На чем основан фотоэлектроколориметрический метод определения азота?
4. Каков химизм реакции с реактивом Несслера?
5. Для чего необходимо построение калибровочного графика?
6. Как готовят серию растворов для построения калибровочного графика?
7. Зачем проводят холостое определение с реактивом Несслера (без внесения азота)?
8. Как рассчитывают содержание общего азота в растительном материале?

Лабораторная работа 8

Определение содержания общего и неорганического фосфора

Фосфор в виде аниона PO_4^{3-} содержится в значительном количестве в тканях растений и животных. Он входит в состав нуклеиновых кислот и других нуклеотидов, фосфолипидов, фосфорнокислых эфиров сахаров и т. д.

В основе метода определения фосфора лежит реакция этого элемента с молибдатом аммония в кислой среде. В результате взаимодействия с восстановителем образуется соединение, окрашенное в синий цвет, — молибденовая синь. Плотность развившейся окраски пропорциональна содержанию фосфора в растворе.

Цель работы. Определить содержание общего фосфора в исследуемом растительном материале после его озоления и количество неорганического фосфора, поглощенного из питательной среды культурой хлореллы в процессе ее выращивания.

Для определения количества неорганического фосфора, поглощенного из питательной среды культурой хлореллы за период ее культивирования, анализируется исходная среда Тамия и среда после выращивания хлореллы. По разнице определений вычисляют количество фосфора, усвоенного водорослью за период культивирования.

При подготовке к анализу исходную среду Тамия разбавляют в 20 раз. Суспензию хлореллы освобождают от клеток путем центрифугирования; супернатант разбавляют в 10 раз.

Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 15 мл.
2. Пипетки.
3. Центрифуга и центрифужные пробирки.
4. Водяные бани.
5. Электроплитки.
6. Фотоэлектроколориметр и фотокуветы.

7. Суспензия хлореллы.
8. Питательная среда Тамия.
9. Раствор молибдата аммония в серной кислоте.
10. Раствор аскорбиновой кислоты.
11. Стандартный раствор, содержащий 0,04 мг P_2O_5 в 1 мл.

Ход работы

Для построения калибровочного графика готовят серию стандартных растворов из исходного раствора, содержащего 0,04 мг P_2O_5 в 1 мл. В первую пробирку наливают 2 мл воды (холостая проба). В четыре пробирки (2–5) вносят последовательно 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 мл исходного стандарта. Содержимое пробирок 2–4 доводят водой до 2 мл.

Для определения общего фосфора в растительном материале в шестую пробирку приливают 2 мл раствора, полученного после озоления навески.

В седьмую пробирку приливают 2 мл среды Тамия (разбавленной в 20 раз), в восьмую пробирку — 2 мл супернатанта из-под хлореллы (после разбавления в 10 раз).

Во все пробирки добавляют по 1 мл раствора молибдата аммония в серной кислоте и по 5 мл раствора аскорбиновой кислоты. Тщательно перемешивают.

Все пробирки одновременно помещают в кипящую водяную баню на 8 мин.

После остывания растворы колориметрируют на фотоэлектрокolorиметре в 5-миллиметровых кюветах при длине волны в диапазоне 620–680 нм. Полученные значения оптической плотности (D) заносят в табл. 4.

Таблица 4

№ пробы	1	2	3	4	5	6	7	8
D								
Концентрация P_2O_5 , мг/мл								

Для расчетов необходимо построить калибровочный график. При расчете следует помнить о проведенных разбавлениях анализируемых сред.

Вывод. Указать процентное содержание общего фосфора в исследуемом растительном материале и количество P_2O_5 (мг), поглощенного хлореллой из 1 л среды за период ее культивирования.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких формах фосфор присутствует в растительных тканях, в состав каких соединений входит?
2. Что подразумевают под понятием «общий фосфор»?
3. Какие подходы используют для определения содержания общего и неорганического фосфора?
4. Какое соединение фосфора является конечным продуктом при озолении биологического материала с использованием смеси концентрированных кислот?
5. На чем основан фотоэлектроколориметрический метод определения фосфора?
6. Как определить концентрацию фосфора в растворах, используемых для построения калибровочного графика?
7. Каков химизм реакции соединений фосфора с молибдатом аммония?
8. Как рассчитывают содержание общего фосфора в растительном материале?
9. Как можно определить содержание общего фосфора в суспензии хлореллы?
10. Как рассчитывают количество неорганического фосфора, поглощенного хлореллой за период культивирования?

Лабораторная работа 9

Влияние pH на действие ферментов. Определение pH оптимума действия амилазы

Ферменты весьма чувствительны к изменению кислотности среды, в которой они действуют. Для каждого фермента имеется определенная концентрация протонов, при которой он наиболее активен. Изменение кислотности среды в ту или иную сторону от оптимума pH вызывает понижение активности фермента.

Одним из амилолитических ферментов является α -амилаза. При гидролизе крахмала α -амилазой образуются декстрины различной молекулярной массы и смесь мальтозы и глюкозы. Мальтоза и глюкоза являются конечными продуктами при полном расщеплении крахмала амилазами. Различают следующие промежуточные продукты расщепления крахмала, дающие разную окраску с йодом:

- 1) амилодекстрины (средняя молекулярная масса около 10000) окрашиваются йодом в сине-фиолетовый цвет, осаждаются спиртом;
- 2) эритродекстрины (средняя молекулярная масса 4000–6000) окрашиваются йодом в красно-бурый цвет, осаждаются спиртом;
- 3) хромодекстрины (средняя молекулярная масса 3700) почти не окрашиваются йодом, растворяются в 70 % спирте;
- 4) мальтодекстрины (средняя молекулярная масса около 1000) не окрашиваются йодом, не осаждаются спиртом.

Цель работы. Изучить влияние значения pH на активность ферментов (на примере α -амилазы слюны).

Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 15 мл.
2. Пипетки на 2 и 5 мл.
3. Стаканчики на 50 мл.
4. Цилиндры на 25 и 50 мл.
5. Фарфоровые чашки.
6. Водяные бани.
7. Электроплитки.
8. Индикаторная бумага универсальная.

9. Реактивы для приготовления буферных растворов: лимонная кислота (0,1 М); Na_2HPO_4 (0,2 М).

10. Растворы H_2SO_4 , (30 %); $\text{I} + \text{KI}$; крахмал (1 %).

Ход работы

В стаканчиках на 50 мл готовят буферные растворы в соответствии с данными, приведенными в табл. 5. Определяют pH растворов с помощью индикаторной бумаги.

Берут 5 пробирок, в каждую приливают по 2 мл буферных растворов, 1 мл 1 % раствора крахмала, 2 мл слюны, разведенной в 20 раз.

Таблица 5

№ пробы	Объем 0,2 М Na_2HPO_4 , мл	Объем 0,1 М лимонной кислоты, мл	pH	Реакция с йодом (окрашивание)
1	5,84	9,15	4,0	
2	10,30	6,96	5,8	
3	15,70	4,78	6,8	
4	18,48	0,92	7,4	
5	19,78	0,28	8,0	

Для получения слюны, разведенной в 10 раз, следует 20 мл воды подержать во рту 2 мин. Затем полученный раствор разбавляют в 2 раза.

Содержимое каждой пробирки перемешивают и оставляют на 10–15 мин. Время ориентировочное. Необходимо контролировать ход гидролиза через каждые 5 мин. Для этого из пробирки с pH 6,8 берут на фарфоровую чашечку 1 каплю жидкости и проводят реакцию с йодом. Опыт лучше прекращать при неполном расщеплении крахмала (красноватая окраска продуктов реакции).

Для прекращения опыта во все пробирки добавляют по 2 капли йода. Отмечают визуально особенности гидролиза крахмала под действием амилазы слюны, и результаты работы заносят в табл. 5.

На основании полученной в пробирках окраски судят о степени расщепления крахмала в зависимости от pH. Там, где крахмал расщепляется наиболее полно, значение pH для действия амилазы оптимально.

Вывод. Сделать заключение о влиянии изменения pH на активность ферментов и объяснить полученные результаты.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие подходы существуют для оценки активности того или иного фермента?
2. К какому классу относится фермент α -амилаза?
3. Какие особенности ферментативного гидролиза крахмала позволяют судить об активности фермента α -амилазы?
4. Что собой представляют декстрины? В чем заключаются черты сходства и различия между ними?
5. На чем основана оценка влияния на активность фермента величины pH?
6. Почему изменение кислотности среды в ту или иную сторону от оптимума pH вызывает понижение активности фермента?
7. Какие химические связи, стабилизирующие пространственную структуру ферментов, разрушаются при отклонении pH от оптимального значения?
8. В каком диапазоне значений pH фермент α -амилаза слюны проявляет наибольшую активность?

Лабораторная работа 10

Качественные реакции на крахмал и редуцирующие сахара

Качественная реакция на крахмал основана на том, что молекулы йода, попадая в спирали амилозы (линейная фракция крахмала), испытывают сильное влияние со стороны окружающих ОН-групп, что приводит к увеличению длины связи I—I. Образуются клатраты — комплексные соединения, в которых молекулы-«гости» внедряются в кристаллическую структуру молекул-«хозяев» (молекулы йода располагаются в канале спирали амилозы).

Одной из качественных реакций на редуцирующие сахара является реакция Фелинга. При нагревании растворов редуцирующих сахаров с реактивом Фелинга происходит окислительно-восстановительная реакция: сахара окисляются до соответствующих кислот, а медь из реактива Фелинга (Cu^{2+}) восстанавливается (до Cu^+) и выпадает в осадок (в виде Cu_2O).

Цель работы. Ознакомиться с качественными реакциями на крахмал и редуцирующие сахара.

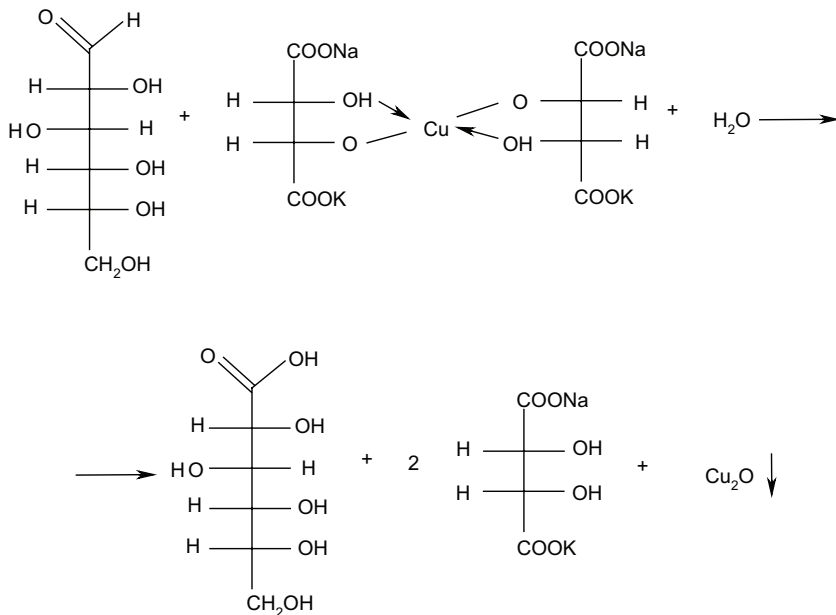
Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 15 мл.
2. Пипетки на 2 мл.
3. Водяные бани.
4. Электроплитки.
5. Крахмал (1 %).
6. Глюкоза (1,5 %).
7. Реактив Люголя ($\text{I} + \text{KI}$).
8. Реактив Фелинга.

Ход работы

Для проведения качественной реакции на крахмал к 1 мл 1 % раствора крахмала добавить 2 капли раствора Люголя ($\text{I}_2 + \text{KI}$). Какие изменения произошли?

Для проведения качественной реакции на редуцирующие сахара к 2 мл 1 % раствора глюкозы добавить 2 мл реактива Фелинга и нагревать на водяной бане. Какие изменения произошли?



Вывод. Отметить изменения, произошедшие при проведении реакций, и объяснить полученные результаты.

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой крахмал? В каких органах растений он накапливается?
2. Из каких фракций состоит крахмал? Укажите различия и черты сходства между этими фракциями.
3. В чем заключаются особенности качественной реакции на крахмал с йодом?
4. Какими свойствами обладают редуцирующие (восстанавливающие) сахара?
5. Какие функциональные группы сахаров обеспечивают их способность к окислению?

6. Приведите примеры дисахаридов, которые относятся к редуцирующим.

7. Каков химизм реакции с реактивом Фелинга? В каком случае образуется красный осадок?

8. Будет ли сахароза вступать в реакцию с реактивом Фелинга? Почему?

Лабораторная работа 11

Разделение смеси крахмала и глюкозы методом гель-хроматографии

Гельпроникающая, или молекулярно-ситовая, хроматография является методом разделения, очистки и анализа органических соединений. Разделение основано на различии в размерах молекул компонентов анализируемых смесей. С помощью этого метода можно также определять молекулярную массу высокомолекулярных соединений.

Гели, используемые в качестве молекулярных сит, — это сшитые полимеры, которые в общем инертны, не связываются и не реагируют с анализируемыми веществами, и не имеют заряда. Широкое распространение получили гели на основе декстрана, агарозы и полиакриламида.

К декстрановым гелям относятся продукты под торговым названием «сефадексы», выпускаемые шведской фирмой *Farmacia*. Исходным материалом для производства сефадексов является полисахарид, образующийся при выращивании бактерии *Leuconostoc mesenteroides* на среде с сахарозой. Этот полимер построен исключительно из остатков глюкозы, соединенных преимущественно α -1,6-гликозидными связями.

При обработке декстрана эпихлоргидрином происходит соединение пар гидроксильных групп различных цепей остатками глицерола (рис. 2).

Сефадексы выпускают в продажу в виде гранул определенных размеров. Существует 8 марок сефадексов, различающихся количеством введенных в матрицу глицероловых сшивок; чем больше последних, тем меньше размер пор в гранулах, тем меньше свободных гидроксильных групп, тем меньше набухаемость геля.

Процесс разделения веществ на колонке, заполненной гранулами сефадекса, схематически представлен на рис. 3, причем здесь для большей наглядности изображены молекулы лишь двух типов (крупные и мелкие точки) и гранулы геля (кружки). На рис. 3, а показан вид колонки с гелем непосредственно после нанесения на нее смеси. При промывании колонки растворителем начинается движение

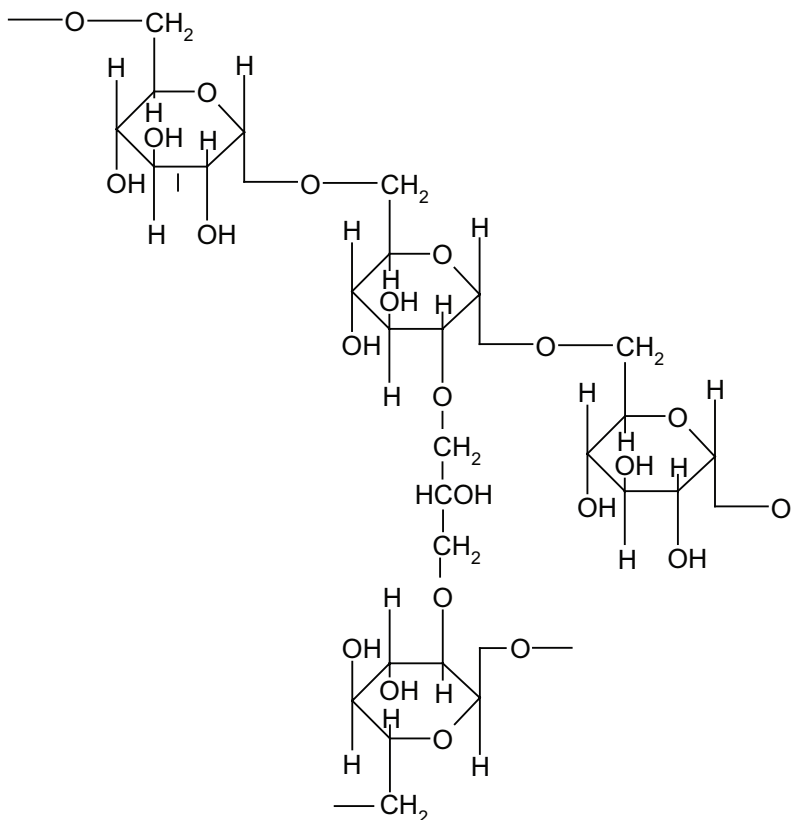


Рис. 2. Фрагмент структуры геля сефадекса
(показана часть сетки сшитого геля)

веществ. Гель не препятствует диффузии небольших молекул. Они проникают в гранулы геля, на какое-то время задерживаются там, тогда как более крупные молекулы, будучи не в состоянии диффундировать внутрь гранул, движутся только в окружающем их слое растворителя (внешнем объеме — рис. 3, б).

В результате при продолжающейся подаче растворителя крупные молекулы перемещаются по колонке с большей скоростью, чем мелкие (рис. 3, в), движение которых постоянно тормозится

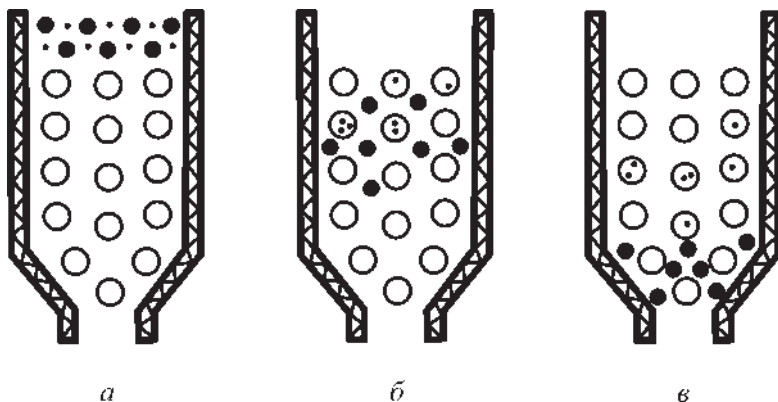


Рис. 3. Разделение веществ в колонке с сефадексом

диффузией в неподвижную фазу (гель). В конечном итоге компоненты смеси элюируются из колонки, заполненной сефадексом, в порядке уменьшения их молекулярной массы, т. е. в соответствии со степенью торможения их неподвижной фазой геля, вызванной диффузией в гранулы геля.

Цель работы. Ознакомиться с гель-хроматографическим методом разделения веществ и разделить смесь глюкозы и крахмала с использованием этого метода.

Оборудование и реактивы

1. Стакан на 50 мл.
2. Штативы с 30 пробирками.
3. Колонка, заполненная сефадексом G25, с резервуаром для элюирующего раствора.
4. Водяные бани.
5. Электроплитки.
6. Элюирующий раствор NaCl (0,5 %).
7. Смесь для анализа: крахмал (1 %), глюкоза (1,5 %).
8. Реактив Люголя (J + KJ).
9. Реактив Фелинга.

Ход работы

Для разделения крахмала и глюкозы используют колонку, заполненную гелем сефадекса G25. Убедившись в перекрытии тока раствора из резервуара с элюирующей жидкостью, вынимают пробку из верхнего конца колонки. На поверхность геля шприцем накладывают около 2 мл смеси крахмала и глюкозы. Иглу шприца, по возможности, ближе подносят к границе геля, после чего начинают медленно нажимать на поршень шприца. Необходимо следить, с одной стороны, за тем, чтобы не повредить поверхность геля, а с другой — чтобы наносимый раствор не смешивался со всей массой раствора над гелем. Наслаиваемый объем должен распределяться тонким слоем на поверхности геля.

Колонку закрывают и подают в качестве элюирующего раствора раствор NaCl. Снимают зажим на выходе колонки и начинают собирать элюат в пробирки, которые предварительно калибруют на 3 мл. Необходимое количество пробирок зависит от емкости используемой колонки. Для колонки, содержащей около 60 мл геля, требуется от 15 до 18 пробирок. Заполнив указанное количество пробирок, колонку закрывают, и в собранных порциях элюата проводят определение глюкозы и крахмала.

Для качественной реакции на крахмал из пробирок отбирают по 1,5 мл раствора в другие пробирки и прибавляют 2–3 капли реактива Люголя.

Глюкозу обнаруживают по реакции с реактивом Фелинга. К оставшейся порции элюата добавляют 2 мл Фелинговой жидкости и нагревают на водяной бане до закипания. В итоге в пробирках с глюкозой выпадает красный осадок закиси меди.

При оформлении работы следует описать, руководствуясь визуальной оценкой, распределение по пробиркам крахмала и глюкозы.

Вывод. Отразить результаты опыта, полученные при разделении смеси крахмала и глюкозы, и объяснить особенности распределения по пробиркам компонентов смеси.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначен метод гелепроникающей хроматографии? Почему он называется методом молекулярных сит?
2. На чем основан метод гелепроникающей хроматографии?
3. Что представляют собой гели, используемые в качестве молекулярных сит, и каким требованиям они должны удовлетворять?
4. Какой полисахарид является исходным материалом для производства сефадексов?
5. Чем отличаются друг от друга различные марки сефадекса?
6. Каким образом метод гелефильтрации может использоваться для приближенной оценки молекулярной массы органических веществ?
7. В каком порядке из колонки, заполненной сефадексом, элюируются компоненты смеси, различающиеся молекулярной массой?
8. Каким образом доказать, что смесь веществ (в данном случае крахмала и глюкозы) удалось разделить?
9. Каковы особенности качественных реакций, используемых для идентификации глюкозы и крахмала?

Лабораторная работа 12

Определение содержания глюкозы в биологических жидкостях глюкозооксидазным методом

Метод основан на специфическом окислении глюкозы под влиянием глюкозооксидазы и широко используется для количественного определения глюкозы в сыворотке, плазме крови и моче человека при диагностических и других исследованиях.

Фермент глюкозооксидаза обладает чрезвычайно высокой субстратной специфичностью по отношению к β -D-глюкозе. При окислении глюкозы при участии глюкозооксидазы образуется эквивалентное количество пероксида водорода:



Пероксид водорода в присутствии фермента пероксидазы окисляет краситель *o*-толидин:



Восстановленный *o*-толидин (бесцветная лейкоформа) превращается в *o*-толидин окисленный (окрашенный). В различных вариантах метода вместо *o*-толидина субстратами пероксидазы могут быть другие красители.

Интенсивность развившейся в результате реакции окраски пропорциональна концентрации глюкозы в реакционной смеси. Оптическую плотность раствора измеряют на фотоэлектроколориметре.

Цель работы. Ознакомиться с глюкозооксидазным методом определения глюкозы в биологических жидкостях и определить ее содержание в сыворотке крови.

Оборудование и реактивы

1. Микropипетки на 0,1 или 0,2 мл.
2. Пробирки и штативы для них.
3. Фотоэлектроколориметр с кюветами на 3 мм.
4. Исследуемый раствор.

5. Набор реагентов «Глюкоза-Ольвекс», выпускаемый ООО «Ольвекс диагностикум».

Ход работы

Для определения концентрации глюкозы берут 3 пробирки. В каждую вносят 1 мл рабочего реагента на глюкозу. В пробирки 1 и 2 добавляют 0,005 мл исследуемого раствора (опытная проба 1 и опытная проба 2), в пробирку 3 — 0,005 мл стандартного раствора глюкозы (концентрация 10 ммоль/л).

Содержимое пробирок перемешивают и инкубируют при комнатной температуре в течение 15 мин. Через 5–10 мин. после начала инкубации пробирки интенсивно встряхивают. Раствор следует предохранять от прямого действия света.

После инкубации измеряют оптическую плотность смесей в пробирках 1–3 относительно контрольной пробы. Измерения проводят в кюветах с расстоянием между рабочими гранями 3 мм при длине волны 480–520 нм. Данные заносят в табл. 6.

Таблица 6

	Опытная проба 1, мл	Опытная проба 2, мл	Стандартная проба, мл	Контрольная проба, мл
Исследуемый раствор	0,005	0,005	—	—
Рабочий реагент	1,0	1,0	1,0	1,0
Раствор глюкозы	—	—	0,005	—
Оптическая плотность (D)				—

Концентрацию глюкозы в опытных пробах определяют по формуле

$$\text{глюкоза (ммоль/л)} = (10 \cdot D_{\text{оп.}}) / D_{\text{ст.}}$$

где $D_{\text{оп.}}$ и $D_{\text{ст.}}$ — оптические плотности соответственно растворов с опытными пробами и стандартной пробой. Нормальное

содержание глюкозы в сыворотке крови человека составляет 3,5–5,7 ммоль/л.

Вывод. Привести полученные данные по содержанию глюкозы в двух исследованных опытных пробах и сопоставить их с нормальным содержанием глюкозы в крови.

Вопросы для самоконтроля

1. На чем основан глюкозооксидазный метод определения содержания глюкозы в биологических жидкостях?
2. Какие компоненты входят в состав рабочего реагента?
3. Какую реакцию катализирует фермент глюкозооксидаза, к какому классу он относится?
4. Какую реакцию катализирует фермент пероксидаза, к какому классу он относится?
5. Укажите черты сходства и различия между реакциями, которые катализируют глюкозооксидаза и пероксидаза.
6. Зачем проводится реакция со стандартной пробой?
7. Какое свойство красителя *o*-толидина обеспечивает возможность его использования для определения содержания глюкозы в биологических жидкостях?
8. О чем может свидетельствовать отклонение содержания глюкозы в сыворотке крови от нормы?

Лабораторная работа 13

Определение активности фермента липазы в семенах подсолнечника

Под действием липаз нейтральные жиры расщепляются до глицерола и свободных жирных кислот. Липазы принадлежат к классу гидролаз. Особенно богаты липазами семена растений, содержащие в качестве основного запасного вещества жиры. К ним относятся подсолнечник, клеверина, разнообразные орехи. Активность липаз увеличивается при набухании и прорастании семян, когда происходит интенсивная утилизация запасных веществ семени (в случае масличных семян — жиров).

Цель работы. Сопоставить активность фермента липазы в сухих и проросших семенах подсолнечника и объяснить химизм процессов, происходящих в семенах при прорастании.

Оборудование и реактивы

1. Ступки с пестиками.
2. Пипетки на 10 мл.
3. Конические колбы.
4. Семена подсолнечника.
5. Масло подсолнечное.
6. Буферный раствор.
7. Смесь спирта с эфиром (в соотношении 1 : 1).
8. Гидроксид калия (0,1 М).
9. Фенолфталеин.

Ход работы

Семена подсолнечника (1 г), очищенные от оболочек, переносят в фарфоровую ступку, тщательно растирают и смешивают с 3 мл подсолнечного масла, добавляют 2 мл буферной смеси с рН 4,7 и оставляют на 30 мин. для гидролиза. То же самое проделывают с проросшими семенами подсолнечника. После этого в ступку постепенно добавляют смесь спирта с эфиром (в соотношении 1 : 1) и переносят содержимое в коническую колбу, ополаскивая ступку

данной смесью (общий объем смеси — 20 мл). Затем в колбу добавляют 3 капли фенолфталеина и оттитровывают свободные жирные кислоты раствором гидроксида калия с концентрацией 0,1 М до появления слабо-розовой окраски.

Контрольный опыт в обоих случаях проводят без предварительного получасового настаивания. В контрольную пробу смесь спирта с эфиром добавляют до внесения масла. Разница в объеме израсходованного на титрование КОН показывает активность липазы.

Результаты записывают в табл. 7.

Таблица 7

№ п/п	Исследуемый материал	Объем КОН, пошедшего на титрование, мл		Разница в объеме израсходованного КОН, мл
		Опытная проба	Контрольная проба	
1	Сухие семена			
2	Проросшие семена			

Вывод. Сделать заключение о процессах, происходящих в семенах масличных культур при их прорастании.

Вопросы для самоконтроля

1. Какую реакцию катализирует фермент липаза? К какому классу ферментов он относится?
2. Какова субстратная и реакционная специфичность липазы?
3. Почему при набухании и прорастании семян активность липаз увеличивается?
4. На чем основан метод титриметрического определения активности липазы?
5. Зачем для проведения гидролиза жиров добавляют буферную смесь?
6. При каких условиях проводят контрольный опыт? Каковы его особенности?

7. От чего зависит объем щелочи KOH , пошедший на титрование?
8. Зачем в ступку добавляют смесь спирта с эфиром?
9. Как можно оценить активность фермента липазы в семенах масличных культур?

Лабораторная работа 14

Люминесцентный анализ витаминов В₁ и В₂

Световая энергия, поглощенная веществом, переходит во внутреннюю энергию возбуждения молекулы. Поглощенная энергия может расходоваться молекулой различными способами:

1) радиационным (излучательным): $M^* \rightarrow M_0 + h\nu$, где $h\nu$ — квант излучения (люминесценции); M^* , M_0 — молекула в возбужденном и основном состояниях соответственно;

2) безизлучательным: $M^* \rightarrow M_0 + \text{теплота}$;

3) расходование энергии электронного возбуждения на фотохимические реакции;

4) миграция энергии возбуждения на соседние молекулы и дальнейшее расходование ее тремя перечисленными выше способами.

Свойство многих биологически важных молекул излучать в видимой части спектра (флуоресцировать) при освещении их ультрафиолетом (УФ) используется, с одной стороны, для качественного и количественного анализа тех или иных веществ, а с другой — позволяет по параметрам излучения судить об особенностях структуры излучающей молекулы, ее изменениях в ходе метаболизма. Объектом люминесцентного анализа может быть как отдельная молекула, так и сложное надмолекулярное образование — хлоропласт, рибосома, биологическая мембрана, хроматин и т. д.

Цель работы. Ознакомиться с методом люминесцентного анализа и оценить возможность его использования для определения содержания витаминов В₁ и В₂.

Оборудование и реактивы

1. Штативы с пробирками на 10 мл.
2. Ступки с пестиками.
3. Пипетка на 10 мл и микропипетка на 0,1 или 0,2 мл.
4. Стакан на 50 мл.
5. Облучатель ультрафиолетовый.
6. Поливитаминное драже с известной концентрацией витаминов В₁ и В₂.

7. Растворы: $K_3Fe(CN)_6$ (5 %) и NaOH (10 %).

8. Изобутиловый спирт.

Ход работы

Одно поливитаминное драже измельчают в ступке и растворяют в 50 мл воды. Этот раствор служит для определения витаминов B_1 и B_2 .

Для определения витамина B_1 готовят серию разбавлений анализируемого раствора. Для этого в 5 пробирок последовательно вносят возрастающие количества раствора от 0,02 до 0,1 мл. Добавляют в каждую пробирку по 3 мл воды. Поскольку исходная форма витамина тиаминхлорид не флуоресцирует, ее переводят во флуоресцирующее производное — тиохром путем окисления феррицианидом калия в щелочной среде: в пробирки добавляют 0,5 мл $K_3Fe(CN)_6$ и 2 мл 10 % раствора NaOH и тщательно встряхивают. Затем приливают по 1 мл изобутилового спирта. Снова интенсивно взбалтывают в течение 1 мин. Тиохром переходит из водной фазы в спиртовую. Наблюдают голубую флуоресценцию изобутилового слоя в УФ-лучах.

На основании разницы в интенсивности свечения растворов с соответствующими концентрациями витамина B_1 делают заключение о возможности визуальной оценки содержания витамина в анализируемых образцах.

Для определения содержания витамина B_2 готовят серию разбавлений исходного раствора по методике, описанной для витамина B_1 . После добавления во все пробирки по 3 мл воды просматривают флуоресценцию растворов в УФ. Растворы витамина B_2 в УФ имеют зеленоватое свечение без каких-либо дополнительных химических модификаций.

По аналогии с предыдущей работой необходимо выполнить визуальную оценку содержания витамина B_2 в анализируемых пробах.

Вывод. Необходимо оценить разрешающую способность визуальной оценки содержания витаминов B_1 и B_2 при использовании люминесцентного анализа.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое люминесценция?
2. Для решения каких задач может использоваться люминесцентный анализ витаминов?
3. Какие свойства являются общими для витаминов B_1 и B_2 ?
4. С какой целью проводят химическую реакцию с участием феррицианида калия?
5. Какие функции выполняют витамины B_1 и B_2 ?
6. В состав какого кофактора входит витамин B_1 ? В работе каких ферментов он участвует?
7. В состав каких кофакторов входит витамин B_2 ? В каких метаболических процессах участвуют ферменты с этими кофакторами?
8. Какова разрешающая способность глазомерной оценки содержания витаминов B_1 и B_2 при использовании люминесцентного анализа?

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Аминокислоты, пептиды и белки

1. Напишите по 1 формуле из каждой группы аминокислот, различающихся по электрохимической природе радикала. Объясните, почему их относят именно к этой группе.
2. Напишите формулу лейцина в водном растворе и укажите суммарный заряд этой аминокислоты:
 - а) при рН 6–7;
 - б) при рН 4;
 - в) при рН 12.
3. Напишите формулу глутамина в водном растворе в нейтральной среде. Укажите суммарный заряд. Как изменится заряд этой аминокислоты:
 - а) при постепенном подкислении среды (до рН 2);
 - б) при подщелачивании среды (до рН 9).
4. Напишите формулу глутамата в водном растворе в нейтральной среде. Укажите суммарный заряд. Как изменится заряд этой аминокислоты:
 - а) при постепенном подкислении среды (до рН 2);
 - б) при подщелачивании среды (до рН 9).
5. Напишите формулу лизина (в ионизированном виде) в водном растворе и укажите суммарный заряд этой аминокислоты:
 - а) при рН 6–7;
 - б) при рН 4;
 - в) при рН 12.

6. Напишите формулу трипептида: асп-вал-фен; подчеркните пептидные связи; укажите название пептида; обведите пептидные группы; укажите N- и C-концы молекулы.
7. Напишите формулу гексапептида, содержащего 2 аминокислотных остатка с гидрофобными радикалами, 2 — с гидрофильными незаряженными радикалами, по одному — с катионным и анионным радикалами.
8. Определите суммарный заряд пентапептида глу-арг-лиз-вал-асп в нейтральной среде. Как изменится суммарный заряд этого пептида:
- а) при $\text{pH} \ll 7$;
 - б) при $\text{pH} \gg 7$?
9. Напишите формулу трипептида глутатиона, который имеет состав: глу-цис-гли с учетом того, что пептидная связь между глу и цис образована за счет карбоксильной группы радикала глутамата. Определите суммарный заряд этого пептида:
- а) при $\text{pH} 7$;
 - б) при $\text{pH} \ll 7$;
 - в) при $\text{pH} \gg 7$.
10. Напишите формулы двух пентапептидов и сравните их растворимость при $\text{pH} 7$:
- а) сер-цис-глу-тир-асп;
 - б) вал-арг-мет-фен-тир.
11. Напишите формулы и названия дипептидов, которые могут быть получены из аминокислот:
- а) треонина и цистеина;
 - б) фенилаланина и аспарагина;
 - в) аргинина и лейцина.
12. Белковая глобула содержит фрагмент -цис-ала-глу-асн-цис-асп-лей-фен-сер-мет-три-гли-тре-глин-арг-:
- а) укажите водородные связи, стабилизирующие вторичную структуру;
 - б) назовите типы связей, стабилизирующих третичную структуру молекулы, между радикалами каких аминокислот они образуются?

Моно-, ди- и полинуклеотиды

1. Запишите формулу аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Укажите ее роль в живых организмах.
2. Запишите формулу гуанозинтрифосфата (ГТФ). Укажите его роль в живых организмах.
3. Запишите формулу уридинтрифосфата (УТФ). Укажите его роль в живых организмах.
4. Напишите формулу динуклеотида, входящего в состав дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), в котором в качестве азотистых оснований были бы аденин и цитозин.
5. Напишите в двух таутомерных формах каждое из следующих азотистых оснований: гуанин, урацил, тимин и цитозин.
6. Напишите формулу динуклеотида, входящего в состав рибонуклеиновой кислоты (РНК), в котором в качестве оснований были бы гуанин и урацил.
7. Дайте определение понятию «комплементарность». Объясните причину образования пар в молекулах ДНК: аденин — тимин, гуанин — цитозин и укажите количество образующихся между ними связей.
8. Укажите характерные черты генома прокариот, которые отличают его от генома эукариот.
9. Назовите основные этапы транскрипции в правильной последовательности.
10. Укажите основные принципы, на которых базируется репликация ДНК.
11. Назовите основные этапы трансляции в правильной последовательности.

Ферменты, кофакторы и витамины

1. Назовите кофакторы, структура которых описана схематически ниже:
 - а) изоаллоксазин-рибитол-2 остатка фосфорной кислоты-рибоза-аденин;
 - б) аминоксантиол-пантотеновая кислота-фосфорный остаток-фосфорибоза-аденин;

- в) аденин-рибоза-3 остатка фосфорной кислоты;
- г) амид никотиновой кислоты-рибоза-остаток фосфорной кислоты.

2. Охарактеризуйте ферменты, относящиеся к классу изомераз. Приведите примеры реакций, катализируемых изомеразами.

3. Дайте краткую характеристику сукцинатдегидрогеназы (одного из ферментов цикла Кребса): укажите класс фермента, тип катализируемой реакции, название и тип кофактора, локализацию фермента, а также названия субстрата и продукта.

4. Назовите кофакторы пируватдегидрогеназного ферментного комплекса, участвующего в окислительном декарбоксилировании пировиноградной кислоты.

5. Укажите названия пяти витаминов, которые входят в состав кофакторов ферментов, ускоряющих реакции окислительного декарбоксилирования пирувата.

6. Дайте краткую характеристику одного из ферментов цитратного цикла — изоцитратдегидрогеназы (укажите класс, к которому он относится, тип катализируемой реакции, название и тип кофактора, локализацию фермента, а также названия субстрата и продукта реакции).

7. Укажите вещества, являющиеся активаторами и ингибиторами фермента изоцитратдегидрогеназы.

8. Укажите вещества, являющиеся активаторами и ингибиторами фермента фосфофруктокиназы.

9. Дайте определения следующим понятиям: витаминеры, витаминоподобные вещества, антивитамины.

10. Определите, к каким классам по химической структуре относятся следующие витамины: витамин С, витамин D, витамин А.

11. Напишите структурную формулу витамина РР (никотиновая кислота) и укажите, в состав каких кофакторов он входит.

12. Напишите структурную формулу витамина В₂ (рибофлавин) и укажите, в состав каких кофакторов он входит.

Обмен аминокислот и белков

1. Перечислите способы обезвреживания аммиака в организме животных (на примере млекопитающих).

2. Перечислите способы обезвреживания аммиака в растительных организмах.

3. Назовите процессы, в которых используются безазотистые остатки аминокислот, образующиеся при их окислительном дезаминировании.

4. Напишите уравнение реакции восстановительного аминирования щавелевоуксусной кислоты (оксалоацетата).

5. Напишите уравнения реакций переаминирования между 2-оксоглутаратом и аланином; между глутаматом и пируватом; между глутаматом и оксалоацетатом.

6. Напишите уравнение реакций окислительного дезаминирования аланина (прямого и непрямого).

7. Напишите уравнение реакций декарбоксилирования аспартата и глутамата.

8. Приведите схему орнитинового цикла и укажите ферменты, катализирующие его реакции.

Углеводы и их обмен

1. Напишите формулы, отражающие элементный состав олигосахаридов:

- а) тетрасахарида, состоящего из гексоз;
- б) пентасахарида, состоящего из пентоз;
- в) гексасахарида, состоящего из гексоз;
- г) гептасахарида, состоящего из пентоз.

2. Напишите формулы *D*-рибозы и *D*-дезоксирибозы (линейные и циклические).

3. Напишите линейные формулы *D*- и *L*-галактозы.

4. Напишите линейные формулы *D*- и *L*-фруктозы

5. Напишите линейные формулы двух эпимеров *D*-фруктозы.

6. Напишите линейные формулы *D*-маннозы и двух ее эпимеров.

7. Укажите локализацию ферментов гликолиза и основные функции этого процесса. С какими процессами связан гликолиз (какие процессы могут предшествовать ему и каким процессам предшествует он)?

8. Напишите уравнения реакций (с формулами и ферментами) второго (экзергонического) этапа гликолиза.

9. Укажите локализацию ферментов цитратного цикла и основные функции этого процесса. С какими процессами связан этот цикл (какие процессы могут предшествовать ему и каким процессам предшествовать он)?

10. Напишите уравнения транскетолазных реакций между следующими соединениями:

- а) ксилулозо-5-фосфат и рибозо-5-фосфат;
- б) рибулозо-5-фосфат и эритрозо-5-фосфат;
- в) фруктозо-6-фосфат и фосfogлицириновый альдегид.

11. Напишите уравнение трансальдолазной реакции между седогептулозо-7-фосфатом и фосfogлицириновым альдегидом.

12. Напишите уравнения реакций альдольной конденсации между следующими соединениями:

- а) фосfogлицириновый альдегид и дигидроксиацетонфосфат;
- б) эритрозо-4-фосфат и дигидроксиацетонфосфат.

Липиды и их обмен

1. Напишите структурные формулы трипальмитина, пальмитодилаурина, пальмитостеароолеина. Какие триацилглицеролы входят в группу простых, а какие — в группу смешанных триацилглицеролов?

2. Приведите схему гидролиза триолеина и определите число молекул АТФ, которые могут образоваться при полном расщеплении его компонентов.

3. Приведите схему гидролиза пальмитодилаурина и определите число молекул АТФ, образующихся при полном расщеплении его компонентов.

4. Напишите первый цикл β -окисления миристиновой кислоты ($C_{14}H_{28}O_2$). Рассчитайте энергетический баланс полного ее окисления.

5. Напишите схему полного расщепления глицерола, рассчитайте число образовавшихся молекул АТФ.

6. Рассчитайте энергетический баланс полного расщепления одной молекулы тримиристина.

7. Рассчитайте, сколько циклов элонгации, а также сколько молекул ацетилкоэнзима А, АТФ и НАДФ восстановленного потребуется для синтеза одной молекулы лигноцериновой кислоты ($C_{24}H_{48}O_2$).

8. Напишите первый цикл элонгации цепочки высшей жирной кислоты.

9. Рассчитайте, сколько циклов элонгации, а также сколько молекул ацетилкоэнзима А, АТФ и НАДФ восстановленного потребуется для синтеза одной молекулы арахидоновой кислоты ($C_{20}H_{40}O_2$).

Вещества вторичного метаболизма растений

1. Укажите основные критерии, на основании которых образующиеся в растениях вещества относят к вторичным метаболитам.

2. Назовите основные классы веществ вторичного метаболизма растений.

3. Перечислите специальные структуры для накопления вторичных метаболитов у некоторых растений.

4. Установите соответствие между числом изопреновых единиц (1–8) и названием группы изопреноидов (а–з):

Число изопреновых единиц: *Группа изопреноидов:*

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1) одна; | а) политерпены; |
| 2) две; | б) тетратерпены; |
| 3) три; | в) дитерпены; |
| 4) четыре; | г) сесквитерпены; |
| 5) пять; | д) гемитерпены; |
| 6) шесть; | е) монотерпены; |
| 7) восемь; | ж) тритерпены; |
| 8) большое количество. | з) сестертерпены. |

5. Установите соответствие между названием группы алкалоидов (1–3) и их особенностями (а–в):

Группа алкалоидов: *Особенности:*

- | | |
|------------------------|---|
| 1) истинные алкалоиды; | а) образуются без участия аминокислот; |
| 2) протоалкалоиды; | б) алкалоиды с гетероциклическими кольцами; |
| 3) псевдоалкалоиды. | в) алкалоиды без гетероциклических колец. |

6. Установите соответствие между представителями фенольных соединений (1–6) и типом их химической структуры (а–е):

Представители:

- 1) стильбены;
- 2) фенилпропаноиды;
- 3) флавоноиды;
- 4) фенолокислоты;
- 5) простые фенолы;
- 6) фенолоспирты.

Тип химической структуры:

- а) C_6 -ряд;
- б) C_6-C_1 -ряд;
- в) C_6-C_3 -ряд;
- г) C_6-C_2 -ряд;
- д) $C_6-C_3-C_6$ -ряд;
- е) $C_6-C_2-C_6$ -ряд.

7. Укажите основные процессы модификации протеиногенных кислот, в результате которых образуются непротеиногенные аминокислоты.

8. Назовите характерные особенности жирных кислот, которые относят ко вторичным метаболитам растений, и укажите их функции.

Биоэнергетика

1. Укажите основные черты сходства между окислительным (при участии дыхательной цепи) и фотосинтетическим фосфорилированием АДФ.

2. Укажите основные различия между окислительным (при участии дыхательной цепи) и фотосинтетическим фосфорилированием АДФ.

3. Рассчитайте величину суммарного изменения свободной энергии реакции превращения 1,3-бисфосфоглицерата в 3-фосфоглицерат и сопряженной с ней реакции фосфорилирования АДФ с учетом того, что ΔG переноса фосфатной группы 1,3-бисфосфоглицерата составляет $-49,2$ кДж/моль, а гидролиза АТФ — $-30,5$ кДж/моль.

4. Рассчитайте величину суммарного изменения свободной энергии реакции превращения фосфоенолпирувата в енолпируват (а затем пируват) и сопряженной с ней реакции фосфорилирования АДФ с учетом того, что ΔG гидролиза фосфоенолпирувата составляет $-61,7$ кДж/моль, а АТФ — $-30,5$ кДж/моль.

5. Укажите последовательность расположения компонентов электронтранспортной цепи митохондрий и укажите этапы, сопряженные с синтезом АТФ.

6. Приведите схему передачи электронов в дыхательной цепи митохондрий с участием цитохромов.

7. Укажите последовательность расположения компонентов электротранспортной цепи хлоропластов.

Взаимосвязь и регуляция процессов обмена веществ

1. Запишите биохимические реакции (схематично), посредством которых из продуктов распада углеводов в организме человека могут синтезироваться жиры. Назовите все использованные биохимические пути.

2. Запишите биохимические реакции (схематично), посредством которых из продуктов распада белков в организме человека могут образоваться жиры. Назовите все использованные биохимические пути.

3. При прорастании семян масличных культур активность фермента липазы существенно повышается в связи с тем, что из продуктов распада жиров синтезируются необходимые сахара и аминокислоты и выделяется необходимая для ростовых процессов энергия. Запишите биохимические реакции (схематично), посредством которых это происходит.

4. Укажите черты сходства и различия между пентозофосфатным окислительным и пентозофосфатным восстановительным циклом (циклом Кальвина).

5. Укажите черты сходства и различия между гликолизом (дихотомическим путем распада глюкозы) и пентозофосфатным окислительным циклом (апотомическим путем распада глюкозы).

6. Приведите примеры ферментов, обладающих множественными формами, и укажите их значение для регуляции обмена веществ в организме.

7. Приведите принципиальную схему трансдукции сигналов в клетке.

8. Назовите общие биологические признаки гормонов и укажите особенности их биологического действия.

9. Перечислите важнейшие пептидные гормоны и укажите их функции.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

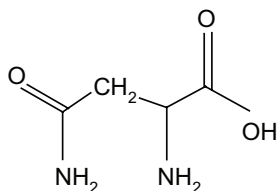
Аминокислоты, пептиды и белки

- К незаменимым относятся следующие аминокислоты:
 - аланин, аспарагин, пролин;
 - фенилаланин, метионин, валин;
 - глицин, глутамат, серин.
- Назовите аминокислоты, радикалы которых содержат:
 - гидроксильную группу;
 - серу.
- Классифицируйте аминокислоты (1–4) по электрохимической природе радикала (а–г):

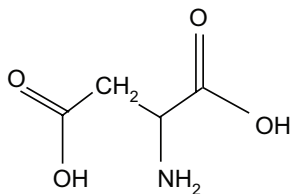
<i>Аминокислота:</i>	<i>Радикал:</i>
1) изолейцин;	а) с катионным радикалом;
2) аспарагин;	б) с анионным радикалом;
3) глутамат;	в) с полярным незаряженным радикалом;
4) аргинин.	г) с неполярным радикалом.
- В ядерных белках-гистонах содержится большое количество аргинина и лизина. В какой среде находится изоэлектрическая точка этих белков?
 - $\text{pH} > 7$;
 - $\text{pH} < 7$;
 - $\text{pH} 7$.
- Альбумин (белок крови) содержит много остатков глутаминовой и аспарагиновой кислот. В какой среде находится изоэлектрическая точка этого белка:
 - $\text{pH} > 7$;
 - $\text{pH} < 7$;
 - $\text{pH} 7$.
- Методом, основанным на разделении молекул по электрическому заряду, является:
 - распределительная хроматография на бумаге;
 - ионообменная хроматография;

- в) центрифугирование;
 - г) гель-фильтрация.
7. Методом разделения веществ, различающихся молекулярной массой, является:
- а) ионообменная хроматография;
 - б) распределительная хроматография на бумаге;
 - в) гель-фильтрация;
 - г) электрофорез.
8. Методом разделения веществ, основанным на различиях по их растворимости, является:
- а) ионообменная хроматография;
 - б) распределительная хроматография на бумаге;
 - в) гель-фильтрация;
 - г) электрофорез.
9. Укажите правильную последовательность операций, которые осуществляют при выделении белков:
- а) тонкая (глубокая) очистка;
 - б) экстрагирование;
 - в) фракционирование;
 - г) гомогенизация;
 - д) очистка от других белков.
10. В изоэлектрической точке белок:
- а) имеет наибольшую растворимость;
 - б) имеет наименьшую растворимость;
 - в) является катионом;
 - г) является анионом.
11. Укажите правильную последовательность операций, которые осуществляют при расшифровке первичной структуры белка (метод Эдмана):
- а) присоединение пептида к инертному носителю;
 - б) присоединение пептида к изотиоцианату;
 - в) воссоздание первичной структуры пептида;
 - г) частичный гидролиз белковой молекулы;
 - д) воссоздание первичной структуры полной белковой цепи;
 - е) отщепление аминокислоты от пептида и ее идентификация.

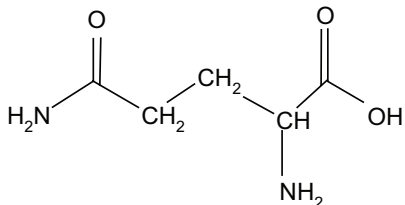
12. Альбумины — это:
- а) простые белки, растворимые в воде;
 - б) простые белки, растворимые в щелочных растворах;
 - в) сложные белки, растворимые в воде;
 - г) сложные белки, растворимые в щелочных растворах;
 - д) простые белки, растворимые в 70–80 % растворе этилового спирта.
13. Глобулины — это:
- а) простые белки, растворимые в слабых растворах солей;
 - б) простые белки, растворимые в воде;
 - в) сложные белки, растворимые в воде;
 - г) сложные белки, растворимые в слабых щелочных растворах;
 - д) простые белки, растворимые в 70–80 % растворе этилового спирта.
14. Проплаины — это:
- а) простые белки, растворимые в слабых солевых растворах;
 - б) простые белки, растворимые в 70–80 % растворе этилового спирта;
 - в) сложные белки, растворимые в щелочных растворах;
 - г) сложные белки, растворимые в слабых солевых растворах.
15. Глютелины — это:
- а) простые белки, растворимые в слабых солевых растворах;
 - б) простые белки, растворимые в 70–80 % растворе этилового спирта;
 - в) сложные белки, растворимые в слабых щелочных растворах;
 - г) простые белки, растворимые в слабых щелочных растворах.
16. Укажите названия аминокислот, формулы которых представлены ниже (1–4). К каким группам по электрохимической природе радикала они относятся?



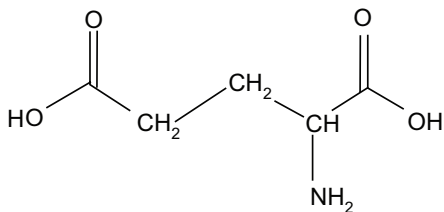
(1)



(2)

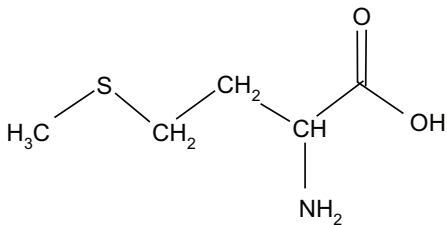


(3)

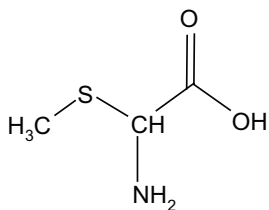


(4)

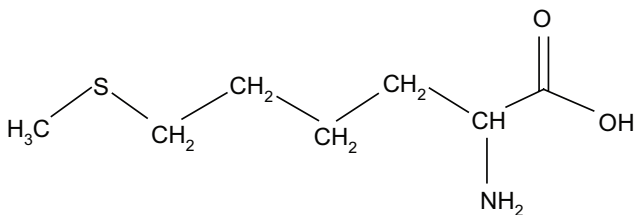
17. Найдите формулу метионина из представленных ниже (5–7).



(5)

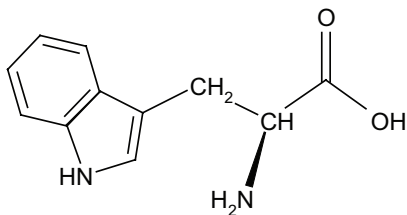


(6)

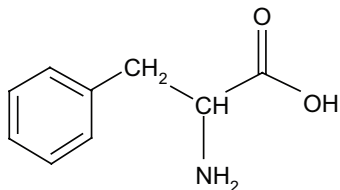


(7)

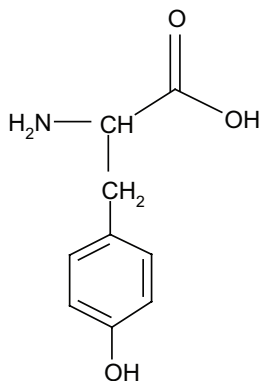
18. Назовите аминокислоты, формулы которых приведены ниже (8–11), и укажите те, которые имеют в радикале гетероцикл.



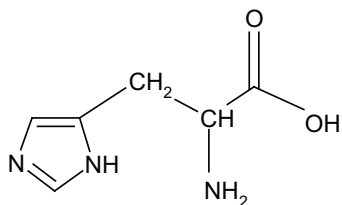
(8)



(9)

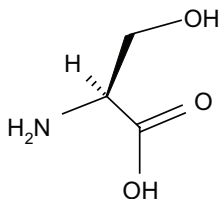


(10)

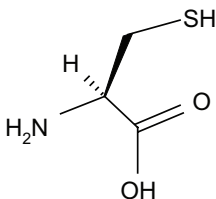


(11)

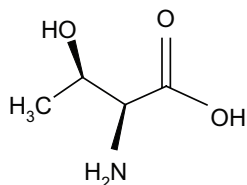
19. Назовите аминокислоты, формулы которых представлены ниже (12–14). Почему они относятся к одной группе по электрохимической природе радикала?



(12)

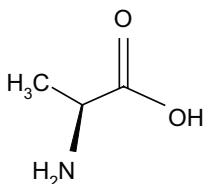


(13)

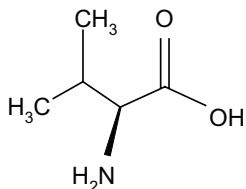


(14)

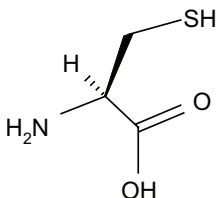
20. Назовите аминокислоты, формулы которых представлены ниже (15–19), и укажите, какие из них являются незаменимыми.



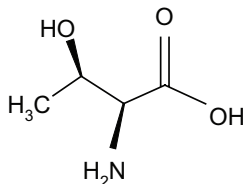
(15)



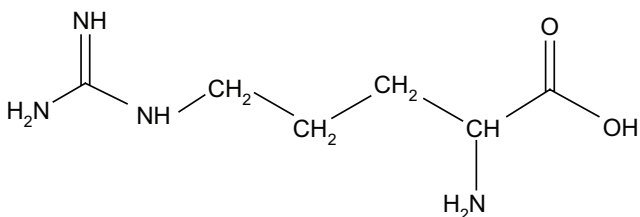
(16)



(17)



(18)



(19)

Моно-, ди- и полинуклеотиды

1. Каким свойством обладают пуриновые и пиримидиновые основания:

- а) гидрофильность;
- б) гидрофобность;
- в) амфиполярность.

2. Функции НАД и НАДФ обусловлены тем, что эти соединения:

- а) содержат макроэргические связи;
- б) способны обратимо восстанавливаться и окисляться;

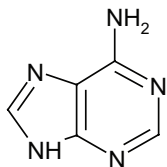
- в) способны к необратимому восстановлению.
3. Нуклеиновые кислоты — линейные полимеры, в которых нуклеотидные остатки соединены при помощи:
- а) водородных связей;
 - б) ионных связей;
 - в) фосфодиэфирных связей;
 - г) координационных связей.
4. Участки ДНК, которые несут информацию о структуре белка и входят в состав соответствующих РНК и белка у эукариот, называются:
- а) опероны;
 - б) интроны;
 - в) экзоны.
5. В молекуле ДНК число остатков аденина всегда равно числу остатков:
- а) урацила;
 - б) гуанина;
 - в) цитозина;
 - г) тимина.
6. Укажите порядок нуклеотидов в цепочке ДНК, образующейся при репликации путем самокопирования цепочки: ТЦААГТАТ-ТАТТЦГГТЦА.
7. Напишите последовательность нуклеотидов в молекуле и-РНК у прокариот, которая будет синтезироваться с использованием в качестве матрицы следующей цепочки ДНК: ГАТЦЦТТАГТАТЦАА.
8. Информация одного триплета ДНК соответствует:
- а) гену;
 - б) белку;
 - в) аминокислоте.
9. Нуклеозид, состоящий из урацила и рибозы, называется _____, а из цитозина и рибозы — _____.
10. Укажите название транскрибируемой, но не транслируемой последовательности ДНК (у эукариот):
- а) экзон;
 - б) интрон;
 - в) оперон.

11. Нуклеозид, состоящий из гуанина и дезоксирибозы, называется _____, а из тимина и дезоксирибозы — _____.

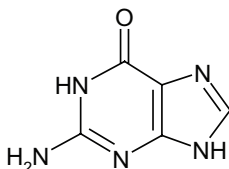
12. Укажите название транскрибируемой и транслируемой последовательности ДНК (у эукариот):

- а) экзон;
- б) интрон;
- в) оперон.

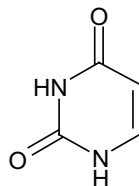
13. Назовите азотистые основания, формулы которых представлены ниже (20–22). К каким группам они относятся (к пуриновым или пиримидиновым)? Укажите номера углеродных атомов, к которым присоединены аминогруппы.



(20)

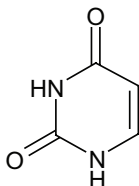


(21)

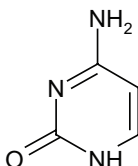


(22)

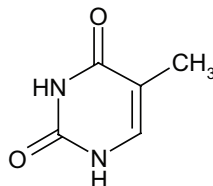
14. Назовите азотистые основания, формулы которых представлены ниже (23–25). Укажите номера углеродных атомов, к которым присоединены кетогруппы.



(23)

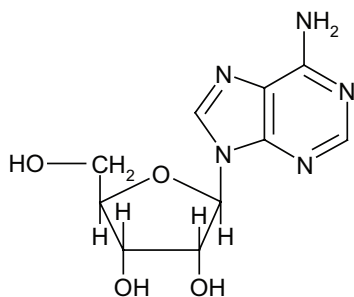


(24)

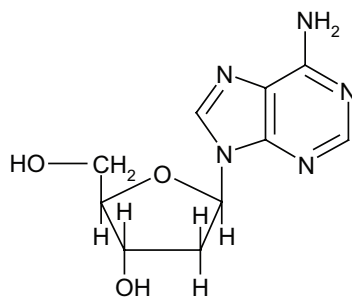


(25)

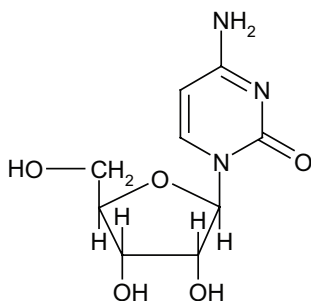
15. Укажите названия нуклеозидов, формулы которых представлены ниже (26–29):



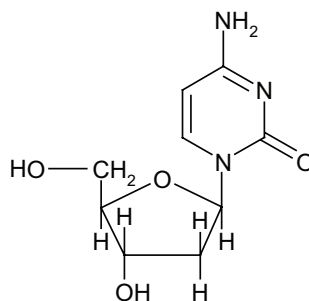
(26)



(27)



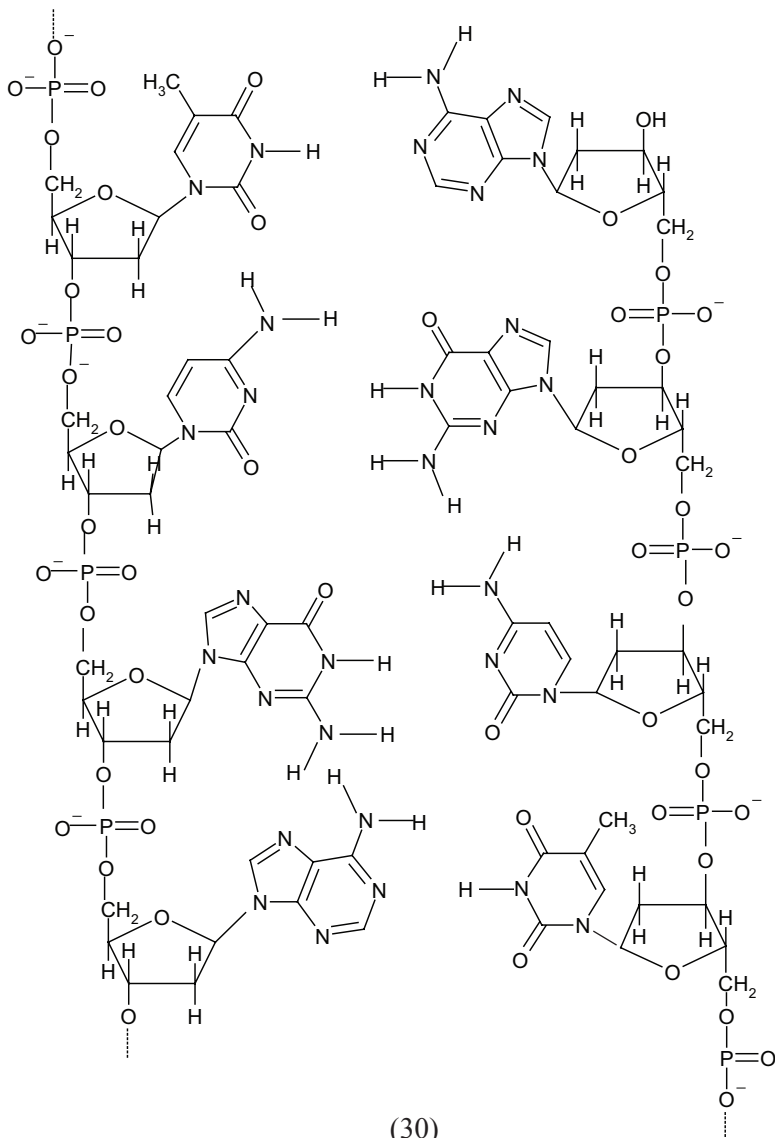
(28)



(29)

16. Гиперхромный эффект ДНК — это:
 - а) увеличение плавучей плотности;
 - б) увеличение отрицательного угла вращения плоскости поляризованного света;
 - в) увеличение светопоглощения при 260 нм;
 - г) уменьшение вязкости.
17. Выберите правильные утверждения:
 - а) ДНК и РНК содержат в своем составе одинаковые пуриновые основания;
 - б) ДНК и РНК содержат одинаковые пиримидиновые основания;
 - в) только в составе ДНК есть минорные пиримидиновые и пуриновые основания.
18. Какие азотистые основания входят в состав фрагмента ДНК, формула которого приведена ниже (30)? Укажите *N*-гликозидные и фосфорноэфирные связи, соединяющие компоненты мононуклеотидов,

и сложные эфирные мостики между мононуклеотидами. Между какими атомами комплементарных азотистых оснований образуются водородные связи?



Ферменты, кофакторы и витамины

1. Определите принадлежность следующих ферментов (1–3) к соответствующим классам (а–в):

Ферменты:

- 1) гидратаза;
- 2) фосфатаза;
- 3) фосфоорилаза.

Классы:

- а) лиаза;
- б) гидролаза;
- в) трансфераза.

2. Конкурентные ингибиторы ферментов изменяют:

- а) максимальную скорость реакции;
- б) константу Михаэлиса;
- в) как максимальную скорость, так и константу Михаэлиса;
- г) специфичность фермента к субстрату.

3. Неконкурентные ингибиторы ферментов изменяют:

- а) максимальную скорость реакции;
- б) константу Михаэлиса;
- в) как максимальную скорость, так и константу Михаэлиса;
- г) специфичность фермента к субстрату.

4. Определите соответствие между названиями коферментов (а–г) и их функциями (1–4):

Функции коферментов:

- 1) кофермент дегидрогеназ;
- 2) кофермент аминотрансфераз;
- 3) кофермент декарбоксилаз кетокислот;
- 4) кофермент ацилтрансфераз.

Название кофермента:

- а) ФАД;
- б) коэнзим А;
- в) тиаминпирофосфат;
- г) пиридоксальфосфат.

5. Определите соответствие между названиями коферментов (1–5) и особенностями их химической структуры (а–д):

Название кофермента:

- 1) НАД;
- 2) тиаминпирофосфат;
- 3) коэнзим А;
- 4) ФАД;
- 5) пиридоксальфосфат.

Особенности структуры:

- а) производное витамина В₆;
- б) производное витамина В₂;
- в) производное витамина В₁;
- г) производное витамина В₃;
- д) производное витамина В₅.

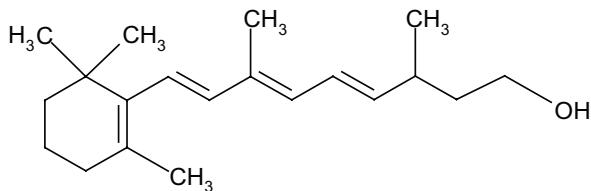
6. Фермент инвертаза является:
- а) гидролазой;
 - б) трансферазой;
 - в) оксидоредуктазой;
 - г) изомеразой.
7. Фермент лактатдегидрогеназа является:
- а) гидролазой;
 - б) трансферазой;
 - в) оксидоредуктазой;
 - г) изомеразой.
8. Ферменты протеазы катализируют гидролиз:
- а) полисахаридов;
 - б) нейтральных жиров;
 - в) белков и пептидов.
9. Участок молекулы фермента, ответственный одновременно и за присоединение субстрата и за осуществление ферментативного катализа, называется:
- а) каталитическим центром;
 - б) активным центром;
 - в) субстратным центром.
10. Специфичность действия ферментов обусловлена:
- а) особенностями строения молекулы субстрата;
 - б) особенностями строения молекулы фермента;
 - в) комплементарностью субстрата и активного центра ферментов.
11. Кофактор, прочно связанный с белковой частью фермента, называется:
- а) апоферментом;
 - б) коферментом;
 - в) простетической группой.
12. α -амилаза — это эндофермент, катализирующий:
- а) гидролиз внутренних α -1,4-связей в молекуле крахмала;
 - б) гидролиз α -1,4-связей в молекуле крахмала с нередуцирующего конца;
 - в) гидролиз α -1,6-связей в молекуле крахмала.
13. β -амилаза — это фермент, катализирующий:

- а) гидролиз внутренних α -1,4-связей в молекуле крахмала;
 - б) гидролиз α -1,6-связей в молекуле крахмала;
 - в) гидролиз α -1,4-связей в молекуле крахмала с нередуцирующего конца с отщеплением остатка мальтозы.
14. Укажите класс ферментов, представители которого не участвуют в гликолизе:
- а) оксидоредуктазы;
 - б) трансферазы;
 - в) гидролазы;
 - г) лиазы.
15. Из предложенного перечня выберите названия ферментов, которые участвуют в эндэргоническом этапе гликолиза:
- а) пируваткиназа;
 - б) фосфофруктокиназа;
 - в) гексокиназа;
 - г) фосфоглицераткиназа;
 - д) енолаза;
 - е) альдолаза.
16. Из предложенного перечня выберите названия ферментов, которые участвуют в экзэргоническом этапе гликолиза:
- а) пируваткиназа;
 - б) фосфофруктокиназа;
 - в) гексокиназа;
 - г) фосфоглицераткиназа;
 - д) енолаза;
 - е) альдолаза.
17. Определите правильную последовательность нижеперечисленных ферментов гликолиза в соответствии с катализируемыми реакциями:
- а) енолаза;
 - б) пируваткиназа;
 - в) фосфоглицератмутаза;
 - г) глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа;
 - д) фосфоглицераткиназа;
18. Назовите ферменты гликолиза, которые относятся к 5-му классу:
- а) _____; б) _____; в) _____; г) _____.

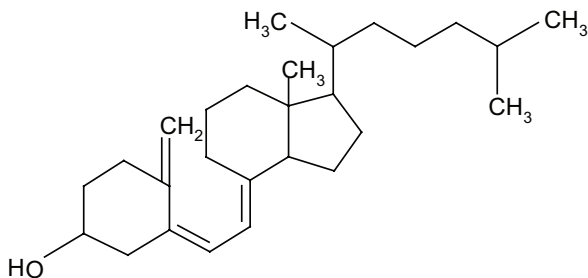
19. Назовите ферменты гликолиза, которые относятся ко 2-му классу:
а) _____; б) _____; в) _____; г) _____.
20. Назовите ферменты гликолиза, которые катализируют необратимые реакции:
а) _____; б) _____; в) _____.
21. Укажите ферменты гликолиза, которые относятся к лиазам:
а) _____; б) _____.
22. Укажите классы ферментов, представители которых не участвуют в цикле Кребса:
а) _____; б) _____.
23. Назовите ферменты цикла Кребса, которые относятся к 1-му классу:
а) _____; б) _____; в) _____; г) _____.
24. Назовите ферменты цикла Кребса, которые относятся к 4-му классу:
а) _____; б) _____; в) _____.
25. Расположите ферменты цикла Кребса в правильной последовательности в соответствии с порядком катализируемых реакций:
а) малатдегидрогеназа;
б) сукцинил-коэнзим А синтетаза;
в) фумаратгидратаза;
г) изоцитратдегидрогеназа;
д) 2-оксоглутаратдегидрогеназный комплекс;
е) цитратсинтаза;
ж) сукцинатдегидрогеназа;
з) цис-аконитатгидратаза.
26. Выберите из предложенного перечня названия ферментов цикла Кребса, которые могут работать только в аэробных условиях:
а) малатдегидрогеназа;
б) сукцинил-коэнзим А синтетаза;
в) фумаратгидратаза;
г) изоцитратдегидрогеназа;
д) 2-оксоглутаратдегидрогеназный комплекс;
е) цитратсинтаза;
ж) сукцинатдегидрогеназа;
з) цис-аконитатгидратаза.

27. Витамин B_2 является составной частью кофактора:
- а) пиридоксальфосфата;
 - б) тиаминпирофосфата;
 - в) флавинадениндинуклеотида.
28. Пантотеновая кислота является составной частью:
- а) липоевой кислоты;
 - б) глутатиона;
 - в) тиаминпирофосфата;
 - г) коэнзима А;
 - д) никотинамидадениндинуклеотида.
29. Тиаминпирофосфат, липоевая кислота и коэнзим А одновременно входят в качестве кофакторов в состав:
- а) синтетазы высших жирных кислот;
 - б) лактатдегидрогеназы;
 - в) глутаматдегидрогеназы;
 - г) пируватдегидрогеназы декарбоксилирующей;
 - д) каталазы.
30. К жирорастворимым витаминам относится:
- а) витамин D;
 - б) витамин PP;
 - в) витамин B_2 ;
 - г) витамин C.
31. При недостатке витамина А наблюдается:
- а) рахит;
 - б) куриная слепота;
 - в) нарушение свертываемости крови;
 - г) бесплодие;
 - д) цинга.
32. При недостатке витамина К наблюдается:
- а) рахит;
 - б) куриная слепота;
 - в) нарушение свертываемости крови;
 - г) бесплодие;
 - д) цинга.
33. К жирорастворимым витаминам относится:
- а) витамин C;

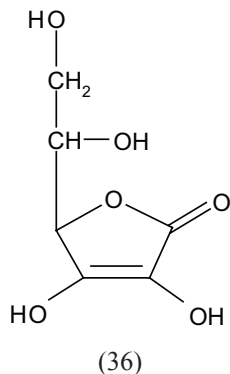
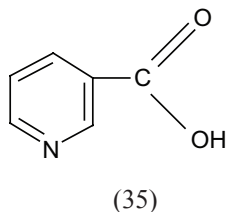
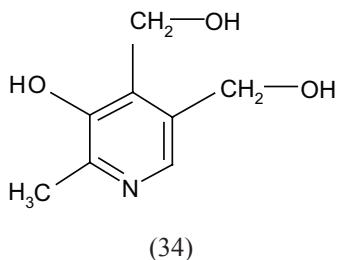
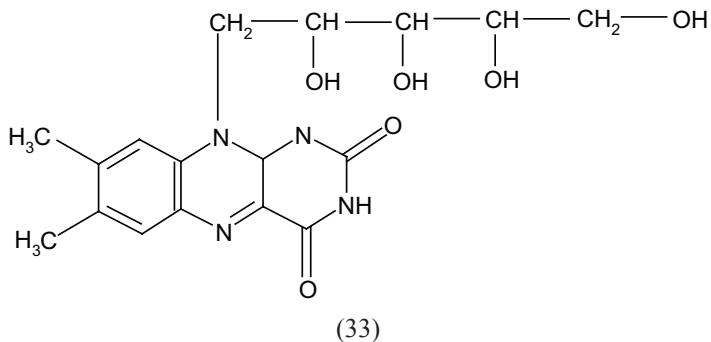
- б) витамин РР;
 в) витамин Е;
 г) витамин В₁₂.
34. При недостатке витамина Е наблюдается:
 а) рахит;
 б) куриная слепота;
 в) нарушение свертываемости крови;
 г) бесплодие.
35. При недостатке витамина D наблюдается:
 а) рахит;
 б) куриная слепота;
 в) нарушение свертываемости крови;
 г) цинга.
36. Укажите названия витаминов, формулы которых представлены ниже (31–36). Какие из них являются жирорастворимыми?



(31)



(32)



Обмен аминокислот и белков

1. Перечислите реакции орнитинового цикла в правильной последовательности:

- а) гидролиз аргинина;
- б) образование карбамоилфосфата;

- в) синтез аргининосукцината;
 - г) образование цитруллина;
 - д) расщепление аргининосукцината до аргинина и fumarate.
2. Аминокислотой, выполняющей роль акцептора аминогруппы в цикле мочевины, является:
- а) цитруллин;
 - б) глутамат;
 - в) орнитин;
 - г) аргинин.
3. Фермент аргиназа (один из ферментов орнитинового цикла) относится к классу:
- а) лигаз;
 - б) гидролаз;
 - в) оксидоредуктаз;
 - г) трансфераз;
 - д) изомераз.
4. У животных организмов, для которых характерно обезвреживание аммиака путем перевода его в мочевину, этот процесс осуществляется:
- а) во всех клетках;
 - б) в клетках печени;
 - в) в мышечных волокнах;
 - г) в почках.
5. Укажите ферменты орнитинового цикла, которые локализованы в митохондриях:
- а) карбамоилфосфатсинтетаза;
 - б) орнитинкарбамоилтрансфераза;
 - в) аргининосукцинатсинтетаза;
 - г) аргининосукцинатлиаза;
 - д) аргиназа.
6. Укажите, какой из перечисленных ферментов относится к протеиназам:
- а) карбоксипептидаза;
 - б) пепсин;
 - в) аминопептидаза;
 - г) дипептидаза.

7. Гидролиз белков, поступающих в организм человека с пищей, начинается:

- а) в ротовой полости;
- б) в пищеводе;
- в) в желудке;
- г) в двенадцатиперстной кишке.

8. Гидролиз тканевых (собственных) белков в животном организме осуществляется главным образом:

- а) на рибосомах;
- б) в лизосомах;
- в) в митохондриях;
- г) в ядре.

9. К аминокислотам, являющимся резервом азота для большинства растений, относятся:

- а) глутамат и аспартат;
- б) аланин и лейцин;
- в) орнитин и цитруллин;
- г) глутамин и аспарагин.

10. Большинство реакций превращения аминокислот связаны с участием кофактора:

- а) пиридоксальфосфата;
- б) тиаминпирофосфата;
- в) биотина;
- г) флавинадениндинуклеотида;
- д) никотинамидадениндинуклеотида.

11. В качестве продукта дезаминирования α -аминокислот в клетках живых организмов наиболее широко представлены:

- а) непредельные кислоты;
- б) предельные кислоты;
- в) α -кетокислоты;
- г) альдокислоты.

12. Какая аминокислота является акцептором аммиака при его образовании в клетке:

- а) лейцин;
- б) глутамат;
- в) глицин;

- г) триптофан.
13. Глутатион — это:
- а) простой белок;
 - б) дипептид, состоящий из глутамата и аспартата;
 - в) трипептид, состоящий из глицина, глутамата и цистеина;
 - г) трипептид, состоящий из глутамата, аспартата и метионина.
14. Назовите продукты, которые образуются при переаминировании между:
- а) глутаминовой и пировиноградной кислотами;
 - б) 2-оксоглутаровой кислотой и аланином;
 - в) глутаматом и оксалоацетатом.

Углеводы и их обмен

1. К классу альдоз относится:
- а) сахароза;
 - б) глюкоза;
 - в) фруктоза;
 - г) мальтоза.
2. α -глюкоза отличается от β -глюкозы:
- а) линейной формой;
 - б) положением группы $\text{C}=\text{O}$;
 - в) положением группы $\text{C}-\text{OH}$.
3. Эпимерами называются моносахариды:
- а) являющиеся зеркальными изображениями друг друга (по пространственному строению);
 - б) принадлежащие к классам альдоз и кетоз соответственно;
 - в) отличающиеся пространственным расположением водорода и гидроксильной группы у одного из асимметрических углеродных атомов.
4. Аномерами называются моносахариды:
- а) отличающиеся положением водорода и гидроксильной группы у соседнего с альдегидной группой углеродного атома;
 - б) принадлежащие к классам альдоз и кетоз соответственно;
 - в) отличающиеся положением водорода и гидроксильной группы у полуацетального (гликозидного) углеродного атома.

5. Рибулоза является:
- а) кетогексозой;
 - б) альдогексозой;
 - в) кетопентозой;
 - г) альдопентозой.
6. Фруктоза является:
- а) кетогексозой;
 - б) альдогексозой;
 - в) кетопентозой;
 - г) альдопентозой.
7. Мальтоза состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - б) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - в) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4 и α -1,6-связями;
 - г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
8. Сахароза состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - б) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - в) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4 и α -1,6-связями;
 - г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
9. Целлобиоза состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - б) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - в) из двух остатков β -глюкозы, соединенных β -1,4-связью.
 - г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
10. Лактоза состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;

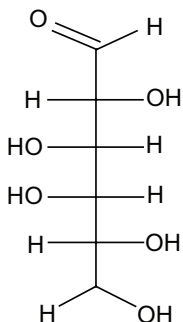
- б) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - в) из остатков β -галактозы и α -глюкозы, соединенных β -1,4-связью;
 - г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
11. Трегалоза состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,1-связью;
 - б) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - в) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4 и α -1,6-связями;
 - г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
12. Рафиноза состоит:
- а) из трех остатков α -глюкозы;
 - б) из остатков α -галактозы, α -глюкозы и β -фруктозы;
 - в) из остатков α -глюкозы и β -галактозы, соединенных β -1,4-связью;
 - г) из остатков α -глюкозы, β -фруктозы и двух остатков α -галактозы.
13. Стахиоза состоит:
- а) из трех остатков α -глюкозы;
 - б) из остатков α -глюкозы, α -галактозы и β -фруктозы;
 - в) из остатков α -глюкозы и β -галактозы, соединенных β -1,4-связью;
 - г) из остатков α -глюкозы, β -фруктозы и двух остатков α -галактозы.
14. Полисахаридом, состоящим из остатков фруктозы, является:
- а) целлюлоза;
 - б) инулин;
 - в) гликоген;
 - г) хитин.
15. Амилоза состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
 - б) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;

- в) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4 и α -1,6-связями;
- г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
16. Амилопектин состоит:
- а) из двух остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
- б) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,6-связью;
- в) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4 и α -1,6-связями;
- г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
17. Выберите из нижеследующих утверждений правильные:
- а) при восстановлении альдоз и кетоз образуются многоатомные спирты;
- б) циклические формы моносахарида в растворе обычно резко преобладают над открытой цепной формой;
- в) полисахариды — высокомолекулярные соединения, содержащие остатки моносахарида только одного вида;
- г) гликозидный гидроксил моносахарида гораздо активнее вступает в химические реакции, чем остальные гидроксильные группы молекулы;
- д) по химическому составу дисахариды являются фосфорными эфирами моносахаридов.
18. Гемицеллюлоза состоит:
- а) из большого количества остатков α -глюкозы, соединенных α -1,4-связью;
- б) из большого количества остатков пентоз и гексоз;
- в) из остатков α -глюкозы и β -галактозы, соединенных β -1,4-связью;
- г) из остатков α -глюкозы и β -фруктозы, соединенных β -фруктозидной связью.
19. Полисахаридом, состоящим из остатков β -глюкозы, является:
- а) целлюлоза;
- б) инулин;
- в) гликоген;

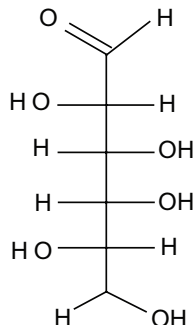
г) декстран;

д) хитин.

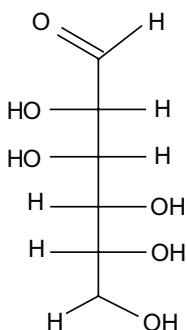
20. Укажите названия сахаров, формулы которых приведены ниже (37–40):



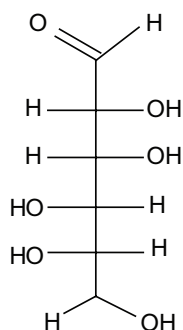
(37)



(38)

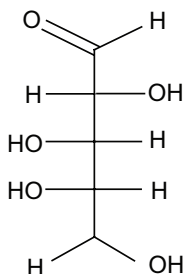


(39)

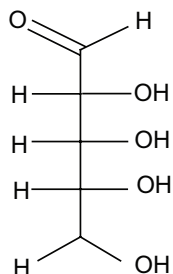


(40)

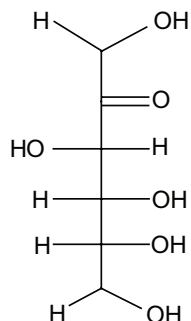
21. Выберите из предложенных формул (41–43) моносахарид, который относится к *L*-ряду.



(41)

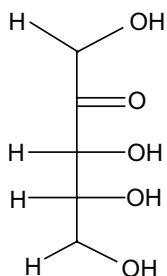


(42)

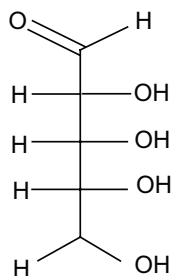


(43)

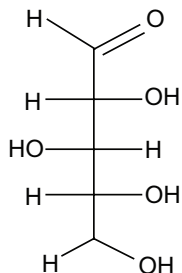
22. Укажите названия сахаров, формулы которых приведены ниже (44–47). Какие из них относятся к альдегидоспиртам?



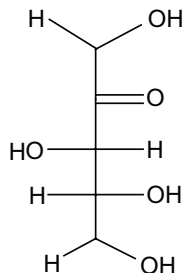
(44)



(45)

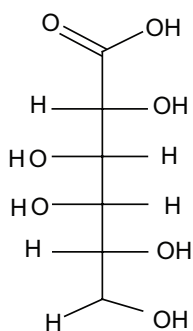


(46)

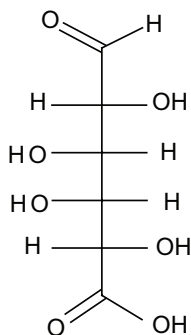


(47)

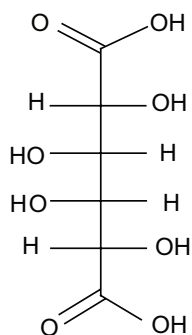
23. Укажите названия кислот (48–50), являющихся продуктами окисления *D*-галактозы.



(48)

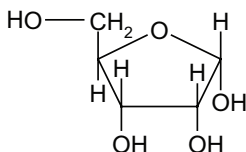


(49)

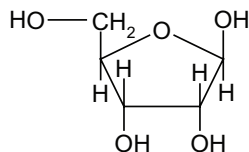


(50)

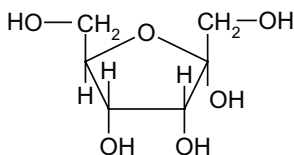
24. Выберите из предложенных формул (51–54) моносахариды, являющиеся β-аномерами.



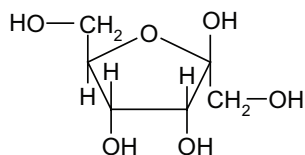
(51)



(52)



(53)



(54)

25. Расщепление сложных углеводов, поступающих в организм человека с пищей, начинается:

- а) в ротовой полости;
- б) в желудке;
- в) в тонком кишечнике;
- г) в толстом кишечнике.

26. Процесс гликолиза осуществляется:
- а) в матриксе митохондрий;
 - б) на внутренней мембране митохондрий;
 - в) в цитозоле.
27. Гликолиз осуществляется:
- а) только в анаэробных условиях;
 - б) только в аэробных условиях;
 - в) как в анаэробных, так и аэробных условиях.
28. При гликолитическом расщеплении одной молекулы глюкозы в анаэробных условиях образуется:
- а) 2 молекулы АТФ;
 - б) 3 молекулы АТФ;
 - в) 8 молекул АТФ;
 - г) 30 молекул АТФ.
29. В процессе гликолиза, которому предшествует фосфоорилиз гликогена, из одной молекулы глюкозы в анаэробных условиях образуется:
- а) 2 молекулы АТФ;
 - б) 3 молекулы АТФ;
 - в) 8 молекул АТФ;
 - г) 30 молекул АТФ.
30. Молекулярный кислород необходим для нормального функционирования:
- а) гликолиза;
 - б) фосфоорилиза гликогена;
 - в) цикла Кребса;
 - г) гидролиза крахмала.
31. Окислительное декарбоксилирование пирувата осуществляется:
- а) в цитозоле;
 - б) на внутренней мембране митохондрий;
 - в) в матриксе митохондрий.
32. Окислительное декарбоксилирование пирувата и цикл Кребса осуществляются:
- а) только в анаэробных условиях;
 - б) только в аэробных условиях;
 - в) как в анаэробных, так и аэробных условиях.

33. При полном расщеплении одного моля глюкозы до воды и углекислого газа максимальное (теоретически возможное) количество АТФ, которое может образоваться, составляет:

- а) 2 моля;
- б) 8 молей;
- в) 30 молей;
- г) 38 молей.

34. При полном расщеплении одного моля пировиноградной кислоты до воды и углекислого газа максимальное количество АТФ, которое может образоваться, составляет:

- а) 2 моля;
- б) 9 молей;
- в) 12 молей;
- г) 15 молей.

35. Что является источником кислорода при фотосинтезе?

- а) углекислый газ;
- б) углеводы;
- в) вода;
- г) 3-фосфоглицериновая кислота.

36. Какое соединение является первичным акцептором углекислого газа в цикле Кальвина?

- а) 3-фосфоглицериновая кислота;
- б) рибулозо-1,5-бисфосфат;
- в) 1,3-бисфосфоглицериновая кислота;
- г) фосфодиоксиацетон.

37. Выберите из предложенного перечня условия, необходимые для осуществления реакций цикла Кальвина:

- а) диоксид углерода;
- б) АТФ;
- в) вода;
- г) фотосинтетические пигменты;
- д) хлоропласты;
- е) НАДФН;
- ж) кванты света.

38. Какое соединение является первичным устойчивым продуктом фотосинтеза у C_3 -растений?

- а) рибулозо-1,5-бисфосфат;
- б) глюкоза;
- в) 1,3-бисфосфоглицериновая кислота;
- г) 3-фосфоглицериновая кислота.

Липиды и их обмен

1. Жиры — это:

- а) сложные эфиры глицерола и жирных кислот, содержащие остаток фосфорной кислоты и азотсодержащий спирт;
- б) сложные эфиры глицерола и высших жирных кислот;
- в) сложные эфиры циклических спиртов и жирных кислот.

2. Фосфатиды — это:

- а) сложные эфиры высших спиртов и высших жирных кислот, содержащие фосфорную кислоту и азотсодержащий спирт;
- б) сложные эфиры глицерола и высших жирных кислот, содержащие фосфорную кислоту и азотсодержащий спирт;
- в) сложные эфиры сфингозина и высших жирных кислот, содержащие углеводный компонент.

3. Стероиды — это:

- а) сложные эфиры глицерола и жирных кислот, содержащие остаток фосфорной кислоты и азотсодержащий спирт;
- б) производные циклопентанпергидрофенантрена;
- в) эфиры высших спиртов и жирных кислот.

4. Воски — это:

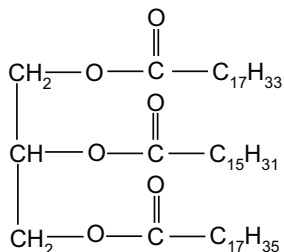
- а) сложные эфиры глицерола и жирных кислот, содержащие остаток фосфорной кислоты и азотсодержащий спирт;
- б) производные циклопентанпергидрофенантрена;
- в) эфиры высших спиртов и жирных кислот.

5. Церамиды — это:

- а) сложные эфиры сфингозина и жирных кислот, содержащие остаток фосфорной кислоты и азотсодержащий спирт;
- б) производные циклопентанпергидрофенантрена;
- в) сложные эфиры сфингозина и жирных кислот.

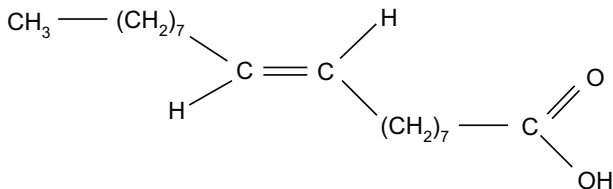
6. Ненасыщенные жирные кислоты:
- а) имеют высокую температуру плавления и обеспечивают твердую консистенцию жиров;
 - б) имеют низкую температуру плавления и обеспечивают жидкую консистенцию жиров;
 - в) не влияют на консистенцию жиров.
7. Насыщенные жирные кислоты:
- а) имеют высокую температуру плавления и обеспечивают твердую консистенцию жиров;
 - б) имеют низкую температуру плавления и обеспечивают жидкую консистенцию жиров;
 - в) не влияют на консистенцию жиров.
8. Линолевая и линоленовая кислоты составляют главную часть высших жирных кислот:
- а) льняного, конопляного и подсолнечного масел;
 - б) пальмового масла;
 - в) сливочного масла;
 - г) бараньего жира.
9. Расщепление пищевых жиров в организме человека происходит главным образом:
- а) в ротовой полости;
 - б) в желудке;
 - в) в тонком кишечнике;
 - г) в толстом кишечнике.
10. Показатель, позволяющий оценить содержание в жире суммы свободных и связанных жирных кислот, называется:
- а) йодным числом;
 - б) кислотным числом;
 - в) эфирным числом;
 - г) числом омыления.
11. При гидролитическом расщеплении жира происходит увеличение:
- а) кислотного числа;
 - б) числа омыления;
 - в) эфирного числа;
 - г) йодного числа.
12. Вставьте пропущенные слова в следующие предложения:

- а) фосфосфинголипиды — это сложные эфиры _____ и _____, содержащие _____ и _____;
- б) фосфатиды — это сложные эфиры _____ и _____, содержащие _____ и _____;
- в) глицерогликолипиды — это сложные эфиры _____ и _____, содержащие _____;
- г) терпены и терпеноиды — это производные _____.
13. Биологическая ценность жира определяется:
- а) температурой плавления;
- б) усвояемостью;
- в) жирно-кислотным составом;
- г) органолептическими свойствами.
14. Укажите название ацилглицерола, формула которого представлена ниже (55):

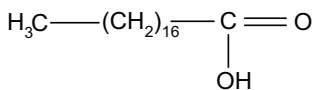


(55)

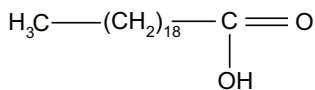
15. Назовите высшие жирные кислоты, формулы которых представлены ниже (56–59), и укажите, какие из них являются ненасыщенными:



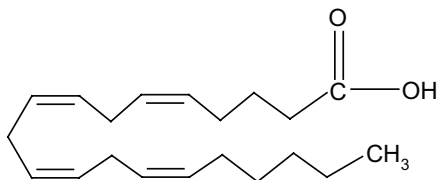
(56)



(57)

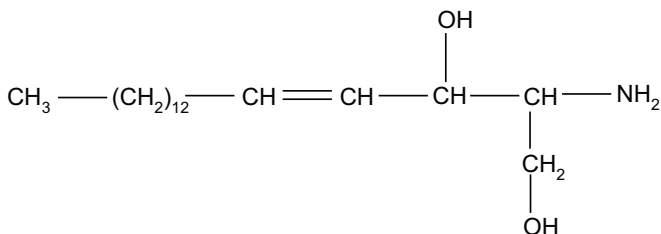


(58)

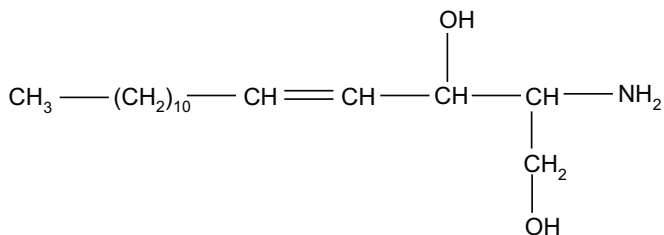


(59)

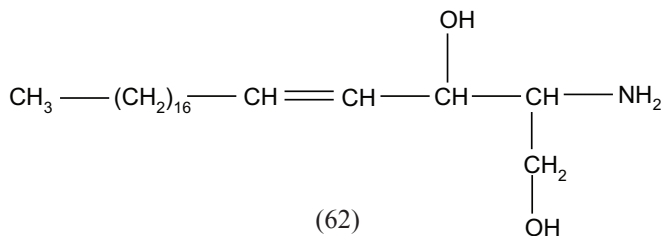
16. Найдите формулу сфингозина из представленных ниже (60–62).



(60)



(61)



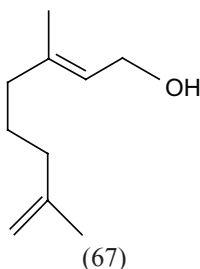
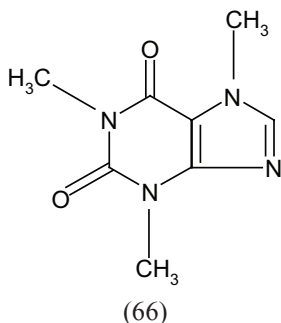
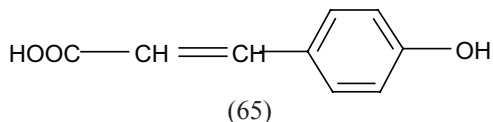
(62)

Вещества вторичного метаболизма растений

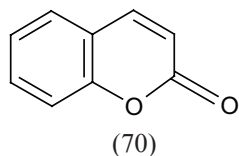
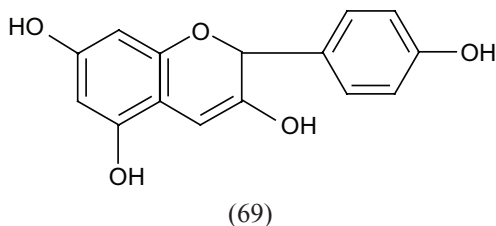
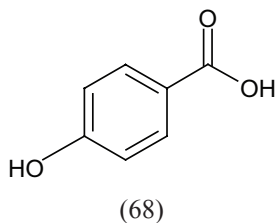
1. Терпены — группа изопреноидов, которые состоят из _____ числа изопреновых единиц.
2. Монотерпены содержат в основе _____ атомов углерода;
сесквитерпены — _____ атомов углерода;
тритерпены — _____ атомов углерода;
тетратерпены — _____ атомов углерода.
3. Компонентами эфирных масел, как правило, являются:
а) монотерпены;
б) сесквитерпены;
в) дитерпены;
г) тетратерпены.
4. Основными компонентами смол, как правило, являются:
а) монотерпены;
б) сесквитерпены;
в) дитерпены;
г) тетратерпены.
5. Представителями политерпенов являются:
а) лигнин;
б) суберин;
в) каучук;
г) кутин;
д) фитол;
е) гутта.
6. Алкалоиды — это:
а) группа азотсодержащих органических соединений природного происхождения, большинство которых обладает свойствами слабой кислоты;
б) группа серосодержащих органических соединений природного происхождения, большинство которых обладает свойствами слабого основания;
в) группа азотсодержащих органических соединений природного происхождения (чаще всего животного), большинство которых обладает свойствами слабого основания;

г) группа азотсодержащих органических соединений природного происхождения (чаще всего растительного), большинство которых обладает свойствами слабого основания.

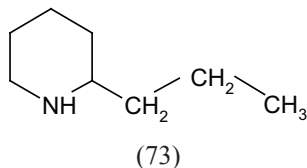
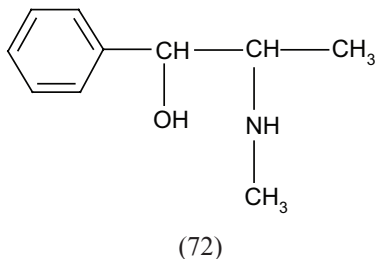
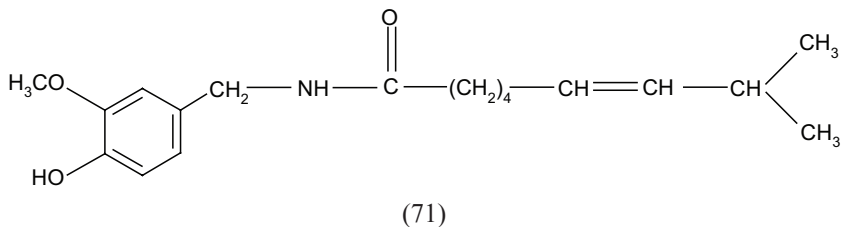
7. Укажите, к каким классам вторичных метаболитов относятся вещества, формулы которых представлены ниже (65–67):



8. Выберите из трех метаболитов фенольной природы, формулы которых приведены ниже (68–70), представителя флавоноидов:



9. Укажите, к каким группам алкалоидов (истинные алкалоиды, протоалкалоиды и псевдоалкалоиды) относятся вещества, формулы которых представлены ниже (71–73).



Биоэнергетика

1. Назовите способ образования АТФ, который реализуется непосредственно в процессе гликолиза:

- а) окислительное фосфорилирование с участием электрон-транспортной цепи;
- б) фотосинтетическое фосфорилирование;
- в) субстратное фосфорилирование.

2. Назовите способ образования АТФ, который реализуется непосредственно в цикле Кребса:

- а) окислительное фосфорилирование с участием электрон-транспортной цепи;
- б) фотосинтетическое фосфорилирование;
- в) субстратное фосфорилирование.

3. Назовите способ образования АТФ, который реализуется при участии динуклеотидов, восстановленных при окислительном декарбоксилировании пировиноградной кислоты и в цикле Кребса:

- а) окислительное фосфорилирование с участием электронтранспортной цепи;
 - б) фотосинтетическое фосфорилирование;
 - в) субстратное фосфорилирование.
4. Окислительное фосфорилирование АДФ, которое реализуется при участии дыхательной электронтранспортной цепи, осуществляется:
- а) на внешней мембране митохондрий;
 - б) на внутренней мембране митохондрий;
 - в) в матриксе митохондрий.
5. Расположите названия комплексов электронтранспортной дыхательной цепи в порядке возрастания величины окислительно-восстановительного потенциала:
- а) цитохром с оксидаза;
 - б) сукцинат-убихинон оксидоредуктаза;
 - в) убихинол-цитохром с оксидоредуктаза;
 - г) НАДН-убихинон оксидоредуктаза.
6. Укажите названия цитохромов, которые входят в состав комплекса III электронтранспортной дыхательной цепи:
- а) цитохром а;
 - б) цитохром c_1 ;
 - в) цитохром a_3 ;
 - г) цитохром b_{560} ;
 - д) цитохром с.
7. Укажите названия цитохромов, которые входят в состав комплекса IV электронтранспортной дыхательной цепи:
- а) цитохром а;
 - б) цитохром c_1 ;
 - в) цитохром a_3 ;
 - г) цитохром b_{560} ;
 - д) цитохром с.
8. Выберите из предложенного перечня процессы, происходящие во время световой фазы фотосинтеза:
- а) регенерация пентоз — акцепторов CO_2 ;
 - б) фотолиз воды;
 - в) связывание углекислого газа;
 - г) фотофосфорилирование АДФ;
 - д) синтез сахаров;

- е) выделение кислорода;
ж) фотовозбуждение хлорофилла.
9. Образование АТФ в тилакоидах хлоропластов осуществляется:
а) при циклическом транспорте электронов;
б) при нециклическом транспорте электронов;
в) как при циклическом, так и нециклическом транспорте электронов.
10. Восстановление НАДФ во время световой фазы фотосинтеза происходит:
а) при циклическом транспорте электронов;
б) при нециклическом транспорте электронов;
в) как при циклическом, так и нециклическом транспорте электронов.
11. Первичным акцептором электронов в фотосистеме I является:
а) тушитель флуоресценции Q_a ;
б) хлорофилл $a A_0$;
в) CO_2 ;
г) феофитин;
д) рибулозо-1,5-бисфосфат.
12. Какая из реакций, приведенных ниже, может быть сопряжена с образованием АТФ:
а) $1,3\text{-бисфосфоглицерат} + H_2O \rightarrow 3\text{-фосфоглицерат} + P_i$
 $\Delta G = -47,5 \text{ кДж/моль}$;
б) $\text{фруктозо-6-фосфат} + H_2O \rightarrow \text{фруктоза} + P_i$
 $\Delta G = -13,9 \text{ кДж/моль}$.
13. Наибольшим энергетическим выходом при полном окислении 1 г вещества отличаются:
а) белки;
б) липиды;
в) углеводы;
14. Соотношение между белками, жирами и углеводами в рационе человека должно составлять по количеству:
а) 1 : 1 : 4;
б) 1 : 2 : 4;
в) 1 : 2 : 5;
г) 1 : 1 : 6.

Взаимосвязь и регуляция процессов обмена веществ

1. Анаболизм — это:
 - а) расщепление макромолекул до простых соединений;
 - б) процесс образования АТФ с использованием дыхательных субстратов;
 - в) синтез сложных веществ из более простых.
2. Катаболизм — это:
 - а) совокупность реакций, идущих с затратой энергии,
 - б) расщепление молекул до более простых соединений;
 - в) синтез макромолекул из простых соединений.
3. Определите последовательность событий, происходящих при аллостерическом ингибировании активности фермента:
 - а) уменьшается скорость превращения субстрата в активном центре;
 - б) изменяется конформация фермента;
 - в) изменяется конформация аллостерического центра;
 - г) нарушается комплементарность активного центра фермента субстрату;
 - д) эффектор присоединяется в аллостерическом центре;
 - е) изменяется конформация активного центра.
4. Определите последовательность событий, происходящих при аллостерической активации фермента:
 - а) увеличивается скорость превращения субстрата в активном центре;
 - б) изменяется конформация фермента;
 - в) изменяется конформация аллостерического центра;
 - г) повышается комплементарность активного центра фермента субстрату;
 - д) эффектор присоединяется в аллостерическом центре;
 - е) изменяется конформация активного центра.
5. Расположите в правильном порядке названия компонентов системы сигнальной трансдукции через плазмалемму:
 - а) вторичный медиатор;
 - б) цитозольный или ядерный эффектор;
 - в) белок-трансдуктор;

- г) первичный медиатор (мессенджер);
 - д) мембранный эффекторный фермент.
6. Из предложенного списка выберите пептидные гормоны:
- а) половые гормоны;
 - б) тиреоидные гормоны;
 - в) гормоны коры надпочечников;
 - г) гормоны гипоталамуса и гипофиза;
 - д) гормоны поджелудочной железы;
 - е) гормоны мозгового слоя надпочечников.
7. Из предложенного списка выберите стероидные гормоны:
- а) половые гормоны;
 - б) тиреоидные гормоны;
 - в) гормоны коры надпочечников;
 - г) гормоны гипоталамуса и гипофиза;
 - д) гормоны поджелудочной железы;
 - е) гормоны мозгового слоя надпочечников.
8. Из предложенного списка выберите гормоны, являющиеся производными аминокислот:
- а) половые гормоны;
 - б) тиреоидные гормоны;
 - в) гормоны коры надпочечников;
 - г) гормоны гипоталамуса и гипофиза;
 - д) гормоны поджелудочной железы;
 - е) гормоны мозгового слоя надпочечников.
9. Гормон инсулин:
- а) снижает содержание мальтозы в крови;
 - б) повышает содержание сахарозы в крови;
 - в) снижает содержание глюкозы в крови;
 - г) повышает содержание гликогена в крови.
10. Гормон глюкагон:
- а) снижает содержание аминокислот в крови;
 - б) повышает содержание сахарозы в крови;
 - в) повышает содержание глюкозы в крови;
 - г) повышает содержание гликогена в крови.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Авитаминоз — полное отсутствие какого-либо витамина в организме.

Аденозинтрифосфат (АТФ) — рибонуклеозид-5-трифосфат, участвующий в энергетическом обмене клетки в качестве донора фосфатной группы.

Азотистое основание — азотсодержащая молекула со свойствами основания; пуриновые и пиримидиновые азотистые основания входят в состав нуклеотидов.

Азотфиксация — перевод атмосферного азота в биологически доступную форму с помощью азотфиксирующих микроорганизмов.

Активный транспорт — энергозависимый транспорт растворенного вещества через биологическую мембрану против градиента электрохимического потенциала.

Активный центр — в энзимологии — часть молекулы фермента, ответственная за присоединение и превращение субстрата, образуется функциональными группами аминокислотных остатков, расположенных строго определенным образом в пространстве.

Акцептор электронов/протонов — соединение, принимающее электроны/протоны в процессе окислительно-восстановительных реакций.

Алкалоиды — азотсодержащие циклические соединения, синтезируемые растениями и являющиеся вторичными метаболитами.

Аллостерическое взаимодействие — изменение пространственной конфигурации белковой молекулы (чаще белковой молекулы фермента) в результате присоединения к ней другой молекулы (активатора или ингибитора).

Аллостерические ферменты — ферменты, каталитическая активность которых изменяется при нековалентном связывании специфического вещества не в каталитическом (активном) центре, а в другом участке молекулы фермента (аллостерическом центре).

Альбумины — простые глобулярные белки, хорошо растворимые в воде.
Аминокислоты — алифатические, ароматические или гетероциклические карбоновые кислоты с аминогруппой.

Аммонификация — разложение микроорганизмами азотсодержащих органических соединений (белков, мочевины, нуклеиновых кислот и др.) с образованием свободного аммиака.

Амфиболиты — соединения, которые могут рассматриваться как интермедиаты и катаболизма, и анаболизма.

Анаболизм — совокупность реакций, обеспечивающих биосинтез клеткой более сложных соединений из более простых.

Анаэробное дыхание — тип энергетического метаболизма, при котором фосфорилирование осуществляется в дыхательной цепи, но в качестве терминального акцептора электронов микроорганизмы используют нитрат, сульфат и другие соединения.

Аномеры — два стереоизомера одного сахара, отличающиеся только по расположению разных атомов и групп относительно карбонильного (аномерного) атома углерода.

Антивитамины — вещества, подавляющие функции витаминов (конкурируя с ними либо разрушая).

Антикодон — специфическая последовательность из трех нуклеотидов в тРНК, комплементарная кодону для аминокислоты в мРНК.

Антиметаболиты — биологически активные вещества, образующиеся в организме или искусственно синтезированные, являются структурными аналогами нормальных метаболитов (органических кислот, гормонов, витаминов и др.), но не способны выполнять их функцию.

Антипараллельность — свойство двойной спирали ДНК, выражающееся в том, что фосфодиэфирные связи в одной цепи имеют направление $3' \rightarrow 5'$, а в другой $5' \rightarrow 3'$.

Антипорт — сопряженный перенос через мембрану двух веществ в разных направлениях.

Апофермент — белковая часть сложного фермента.

Асимметрический атом — атом многовалентного элемента, к которому присоединены неодинаковые атомные группы или атомы других элементов.

Ассимиляция (анаболизм) — образование в организме сложных веществ из более простых, поступающих из внешней среды.

Ацилглицеролы — сложные эфиры трехатомного спирта глицерола и одной, двух или трех жирных кислот.

Аэробное дыхание — тип энергетического метаболизма, при котором осуществляется фосфорилирование в дыхательной цепи и в качестве

терминального акцептора электронов (протонов) организмы используют молекулярный кислород.

Белки (синоним — *протеины*) — высокомолекулярные природные полимеры, состоящие из остатков α -аминокислот, соединенных пептидными связями.

БиOLUMИнесценция — видимое свечение живых организмов (бактерии, грибы, беспозвоночные и др.).

Брожение — анаэробный метаболический процесс разложения органических соединений на более простые, при котором АТФ образуется за счет субстратного фосфорилирования, а продукты расщепления субстрата могут выступать как донорами, так и акцепторами атомов водорода.

Витамины — низкомолекулярные органические соединения различной химической природы, необходимые в небольших количествах для нормального обмена веществ и жизнедеятельности живых организмов.

Вирусы — неклеточные формы жизни, способные проникать в клетки и размножаться только внутри клеток.

Витамеры — группа витаминов с общей биологической функцией.

Витаминоподобные вещества — вещества, обладающие витаминными свойствами, но, в отличие от витаминов, выполняющие пластическую функцию и требующиеся организму в гораздо больших количествах, чем витамины.

Водородная связь — относительно слабая связь между атомом водорода, ковалентно связанным с атомом кислорода или азота, и другим электроотрицательным атомом.

Воски — сложные эфиры высших жирных кислот и одноатомных спиртов с длинной углеводородной цепью.

Гель-хроматография (гель-фильтрация) — способ разделения веществ, различающихся молекулярной массой, с использованием так называемых молекулярных сит, например, сефадекса.

Гель-электрофорез — метод анализа или разделения веществ под действием электрического поля, когда в качестве носителя используется гель.

Ген — участок молекулы ДНК, который кодирует одну или несколько полипептидных цепей или молекулу РНК.

Геном — совокупность генов, характерных для гаплоидного набора хромосом данного вида организмов.

Генотип — совокупность всех генов организма, включая внеядерные (хлоропластов, митохондрий, плазмид).

Гидролиз — расщепление молекул сложных веществ на более простые при участии воды.

Гипервитаминоз — избыток какого-либо витамина в организме.

Гиповитаминоз — недостаток какого-либо витамина в организме.

Гистоны — группа основных белков, участвующих в формировании нуклеосом эукариот.

Гликолиз — анаэробная фаза дыхания, в процессе которой происходит преобразование молекулы гексозы до двух молекул пировиноградной кислоты.

Глиоксилатный цикл — циклический ферментативный процесс (видоизмененная форма цикла Кребса), в котором происходит последовательное превращение активированного ацетата (ацетил-КоА) через стадию образования глиоксилевой кислоты.

Глюконеогенез — многоступенчатый ферментативный процесс образования глюкозы организмами из неуглеводных предшественников (кетокислоты, оксикислоты, аминокислоты, глицерол и др.), реализуется путем обращения большинства реакций гликолиза.

Дальтон — единица измерения массы атомов, молекул, а также вирусов, клеток и их структур (хромосом, рибосом, митохондрий и др.), равная $1/12$ массы атома углерода (^{12}C), или $1,661 \cdot 10^{-24}$ г. Название дано в честь английского физика и химика Дж. Дальтона (1766–1844).

Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) — носитель генетической информации в клетке, состоит из двух полинуклеотидных цепей, включающих пуриновые и пиримидиновые основания, дезоксирибозу и фосфат, способна самоудваиваться.

Декарбоксилирование — отщепление углекислого газа от карбоксильной группы карбоновых кислот обычно при участии декарбоксилаз.

Декстрины — продукты частичного расщепления полисахаридов (крахмала, гликогена).

Денатурация белка — изменение нативной конформации белковой молекулы под действием различных дестабилизирующих факторов, сопровождающееся потерей характерных свойств, при этом аминокислотная последовательность белка не изменяется.

Денатурация ДНК — переход молекулы ДНК из двухцепочечной формы в одноцепочечную, разделение цепей наиболее часто достигается нагреванием.

Денитрификация — микробиологический процесс восстановления окисленных соединений азота (нитратов, нитритов) до газообразных продуктов (обычно N_2 , иногда закиси азота, редко — оксида азота).

Дефосфорилирование — отщепление остатка фосфорной кислоты от молекулы фосфорсодержащего соединения, осуществляется главным

образом фосфатазами, при действии которых образуется свободная фосфорная кислота.

Диссимиляция — процесс расщепления сложных органических соединений в организме до низкомолекулярных соединений с высвобождением энергии, что обеспечивает его жизнедеятельность.

Дисульфидный мостик — ковалентная поперечная связь между цистеиновыми остатками двух полипептидных цепей или двух участков одной полипептидной цепи.

Домен — обособленная область молекулы белка, обладающая в определенной степени структурной и функциональной автономией.

Дыхание — процесс биологического окисления органических соединений, сопровождающийся синтезом АТФ.

Дыхательная цепь — система связанных с мембранами переносчиков белковой (флавопротеиды, FeS-белки, цитохромы) и небелковой (хиноны) природы, осуществляющих транспорт электронов (протонов) от восстановленных динуклеотидов на кислород.

Дыхательный коэффициент — отношение количества выделенного углекислого газа к количеству поглощенного кислорода.

Заменимые аминокислоты — протеиногенные аминокислоты, которые могут синтезироваться организмом человека и животных из более простых предшественников.

Изомеры — химические соединения, одинаковые по составу и молекулярной массе, но различающиеся по строению.

Изоферменты — формы фермента одного подподкласса, отличающиеся друг от друга по степени активности и сродства к субстрату.

Изoeлектрическая точка (ИЭТ) — значение pH среды, при котором количество положительных и отрицательных зарядов уравнивается и амфолит становится электронейтральным.

Ингибирование по типу обратной связи — регулирование процессов в организме, заключающееся в том, что при повышении концентрации вещества сверх определенного уровня подавляется дальнейший синтез.

Ингибиторы — химические вещества, снижающие скорость биохимических реакций или подавляющие их путем воздействия на соответствующие ферменты.

Индукцибельные ферменты (индуцируемые ферменты) — ферменты, синтез которых индуцируется экзогенными или эндогенными факторами.

Интенсивность дыхания — количество поглощенного кислорода или выделившегося углекислого газа за единицу времени (1 час) на единицу массы (г).

Интермедиат — вещество, являющееся промежуточным соединением какого-либо метаболического процесса.

Интрон — вставочная последовательность в гене, которая транскрибируется, но не транслируется.

Информационная (матричная) РНК — РНК, которая служит матрицей при синтезе белков на рибосомах.

Каротиноиды — пигменты алифатического или ациклического строения, состоящие из изопреновых остатков, обычно желтого или оранжевого цвета.

Катаболизм — совокупность реакций метаболизма, приводящих к расщеплению (диссимиляции) сложных органических веществ до более простых, в том числе CO_2 и H_2O , сопровождается синтезом АТФ и восстановительных эквивалентов.

Ковалентная связь — химическая связь между атомами молекулы, возникающая за счет образования общей пары электронов.

Кодон — последовательность из трех соседних нуклеотидов в молекуле ДНК или мРНК, кодирующая одну аминокислоту или окончание полипептидной цепи.

Компартментация — разделение клеточного пространства или протопласта органеллами или мембранами на отдельные изолированные ячейки.

Комплементарность — взаимодополняемость.

Константа Михаэлиса — концентрация субстрата, при которой скорость ферментативной реакции равна половине ее максимальной скорости.

Конститутивные ферменты — ферменты, постоянно синтезирующиеся организмом независимо от условий существования или наличия соответствующих субстратов.

Конформация молекулы — пространственное расположение атомов в молекуле определенной конфигурации, обусловленное поворотом вокруг одной или нескольких одинарных сигма-связей.

Кофактор — небелковая часть сложного фермента (органической или неорганической природы), входящая в состав активного центра.

Кофермент — органическое соединение небелковой природы, входящее в состав активного центра некоторых сложных ферментов.

Ксантофилл — желтый пигмент группы каротиноидов.

Лектины — растительные белки, агглютинирующие клетки млекопитающих и микроорганизмов в результате связывания с компонентами клеточной поверхности, выполняют защитные функции, являются гликопротеинами.

Люминесценция — нетепловое свечение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения.

Мессенджеры — это медиаторы (посредники), участвующие в передаче сигналов в клетке.

Метаболизм — совокупность процессов катаболизма и анаболизма, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с внешней средой.

Метаболоны — надмолекулярный комплекс ферментов, катализирующих последовательные стадии метаболического пути, и структурных элементов клетки.

Молекулярная масса — сумма относительных масс атомов в составе молекулы, выраженная в единицах, равных $1/12$ массы наиболее распространенного атома углерода, измеряется в дальтонах.

Мультиферментная система — совокупность связанных между собой ферментов, коферментов, витаминов и других соединений, участвующих в данном метаболическом пути.

Нативный — естественный, натуральный, неповрежденный при исследовании.

Нативный белок — белок, обладающий всеми характерными для него природными свойствами.

Незаменимые аминокислоты — аминокислоты, которые не могут синтезироваться в организме человека и животных и, следовательно, поступают с пищей.

Нуклеозид — азотистое основание (пуриновое или пиримидиновое), связанное с молекулой сахара (β -D-рибозы или β -D-дезоксирибозы).

Нуклеоид — ДНК-содержащая зона клетки прокариот.

Нуклеосома — структурная единица хроматина, состоящая из восьми молекул белков гистонов, вокруг которых закручена двойная спираль ДНК (около 200 пар нуклеотидов).

Нуклеотид — нуклеозид, связанный с молекулой фосфорной кислоты.

Обратная транскрипция — процесс биосинтеза ДНК на матрице РНК.

Окислительное фосфорилирование — синтез молекул АТФ из АДФ и неорганического фосфата за счет энергии окисления молекул органических и неорганических веществ, сопряженный с переносом электронов по дыхательной цепи.

Олигомерный белок (мультимер) — белок, состоящий из двух или нескольких полипептидных цепей.

Оптическая активность — способность вещества вращать плоскость поляризованного луча света.

Пассивный транспорт — транспорт веществ через мембрану без затраты энергии, по градиенту электрохимического потенциала.

Пептидная связь — ковалентная связь, образующаяся между карбоксильной группой одной аминокислоты и аминогруппой соседней с выделением воды.

Пермеазы — белки-переносчики, участвующие в транспорте веществ через биологическую мембрану и обладающие специфичностью к переносимым соединениям.

Пиридиновые дегидрогеназы — группа ферментов, катализирующих отщепление от субстратов двух атомов водорода, у которых кофакторами являются никотинамидмононуклеотид (НМН), никотинамидадениндинуклеотид (НАД) или никотинамидадениндинуклеотидфосфат (НАДФ).

Плазмиды — кольцевые внехромосомные ДНК, способные к автономной репликации в клетке.

Праймер (затравка) — короткая последовательность нуклеотидов, комплементарно взаимодействующая с одной из цепей ДНК, имеет свободный 3'-конец, используя который, ДНК-полимераза начинает синтез дочерней цепи при репликации.

Провитамины — предшественники витаминов.

Промотор — участок гена, область начала транскрипции.

Простетическая группа — кофактор, прочно связанный с белком сложного фермента.

Простой белок — белок, при гидролизе которого образуются только аминокислоты.

Процессинг — процесс посттранскрипционной модификации РНК-предшественников и превращения их в зрелые РНК.

Простой липид — соединение, состоящее только из жирных кислот и спирта.

Ренативация (ренатурация) — процесс, обратный денатурации; возможен благодаря сохранению при денатурации первичной структуры белков и нуклеиновых кислот.

Репарация (от лат. *reparatio* — восстановление) — свойственный клеткам всех организмов процесс восстановления природной (нативной) структуры ДНК.

Репликация — процесс биосинтеза ДНК на матрице материнской молекулы ДНК.

Рестриктазы — ферменты, разрезающие ДНК по определенным нуклеотидным последовательностям.

Рибозимы — каталитически активные РНК.

Рибонуклеиновая кислота (РНК) — нуклеиновая кислота, представляющая собой полинуклеотидную цепь, состоящую из пуриновых и пиримидиновых оснований, рибозы и фосфатов.

Рибосомальная РНК (рРНК) — РНК, входящая в состав рибосом, необходимая для поддержания их структуры и функционирования.

Сателлитная ДНК — высокоповторяющиеся (многократно повторяющиеся) нетранслируемые участки ДНК в геноме эукариот.

Светособирающий комплекс (ССК) — молекулы фотосинтетических ферментов, поглощающие свет и переносящие энергию возбуждения в реакционный центр фотосистемы.

Симпорт — сопряженный перенос через мембрану двух веществ в одном направлении.

Сложный белок — белок, при гидролизе которого образуются не только аминокислоты, но и группы другой химической природы (липид, углевод, металл, фосфорная кислота и т. д.).

Сплайсинг — процесс удаления интронов и соединения экзонов.

Стероидные гормоны — гидрофобные соединения, способные диффундировать через плазматическую мембрану в клетку, где они связываются с рецепторными белками в цитоплазме.

Сфингозин — неразветвленный C_{18} спирт с двойной связью в *транс*-конфигурации между С-4 и С-5, аминогруппой при С-2 и гидроксильными группами при С-1 и С-3.

Субстрат — вещество, превращение которого катализирует фермент.

Субстраты дыхания — вещества, используемые в процессе дыхания (белки, липиды, углеводы и др.).

Субъединица (протомер) — одна из нескольких полипептидных цепей олигомерного белка.

Супернатант — вещество, располагающееся над твердым слоем (осадком, седиментом) после центрифугирования или седиментации.

Терминатор — зона остановки транскрипции.

Терминирующие кодоны — три кодона (УАА, УАГ и УГА), которые служат сигналами окончания синтеза полипептидной цепи.

Трансдукторы — внутриклеточные передатчики, обеспечивающие передачу сигнала.

Транскрипция — процесс биосинтеза РНК на матрице ДНК.

Трансляция — процесс биосинтеза белка на рибосомах.

Транспозон — фрагмент ДНК, который может менять свое положение в геноме.

Транспортная РНК (тРНК) — РНК, содержащая участок, к которому присоединяется специфическая аминокислота, и антикодон, комплементарный кодону в мРНК.

Фенотип — совокупность всех признаков и свойств организма.

Ферментация — биохимическая переработка сырья под воздействием ферментов, содержащихся в нем самом, а также вызываемая микроорганизмами или грибами.

Ферменты (синоним — *энзимы*) — биологические катализаторы белковой природы, способные во много раз ускорять химические реакции, протекающие в живом организме.

Фитогормоны — вещества, действующие в ничтожных количествах, образующиеся в одних органах растения и оказывающие регуляторное действие на какие-либо физиологические процессы в других органах.

Флавиновые дегидрогеназы — группа ферментов, катализирующих отщепление от субстрата двух атомов водорода, у которых кофакторами являются флавинмоноклеотид (ФМН) или флавинадениндинуклеотид (ФАД).

Флавоноиды — водорастворимые фенольные соединения, в основе структуры которых лежит флаван, состоящий из двух ароматических колец А и В, соединенных через кислородсодержащую C_3 -единицу.

Флуоресценция — вид фотолюминесценции, быстро затухающей после прекращения освещения молекул квантами света.

Фолдинг белка — процесс спонтанного сворачивания полипептидной цепи в уникальную нативную пространственную структуру.

Фотодыхание — светозависимый процесс поглощения кислорода и высвобождения углекислого газа у растений, сопряженный с фотосинтезом.

Фотосинтез — у растений и некоторых микроорганизмов процесс образования органического вещества из неорганических веществ — углекислого газа и воды, осуществляющийся на свету, при участии фотосинтетических пигментов.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) — участок видимого спектра, поглощаемый пигментами хлоропластов (400–700 нм).

Фотосинтетическое фосфорилирование — синтез АТФ за счет энергии света при участии фотосинтетической электротранспортной цепи.

Фотосистема — совокупность молекул фотосинтетических пигментов совместно с определенными белками-переносчиками электронов.

Хелаты — внутрикомплексные органические соединения, в состав которых входит ион того или иного металла.

Хемосинтез — образование органических веществ из неорганических с использованием энергии химических связей.

Хлорофиллы — зеленые пигменты растений и ряда фототрофных микроорганизмов, с помощью которых они улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез. Основу составляет магний-порфириновый комплекс и ряд заместителей.

Цикл Кребса — аэробная фаза дыхания, в процессе которой происходит окисление ацетильного радикала ацетилкоэнзима А до углекислого газа и атомов водорода.

Цитохромы — сложные белки (гемопротеины), осуществляющие в клетках ступенчатый перенос электронов посредством обратимого изменения валентности атома железа в геме от окисляемых органических веществ к молекулярному кислороду.

Четвертичная структура белка — пространственное расположение субъединиц олигомерного белка.

Шапероны — класс белков, главная функция которых состоит в восстановлении правильной нативной третичной или четвертичной структуры белков, а также образовании и диссоциации белковых комплексов.

Экзон — участок прерывистого гена эукариот, кодирующий структуру белка.

Экзонуклеазы — ферменты, гидролизующие нуклеиновые кислоты, начиная с концов полинуклеотидной цепи.

Электронтранспортная цепь дыхательная — система связанных с мембранами переносчиков белковой или небелковой природы, осуществляющих транспорт электронов/протонов от восстановленных динуклеотидов на кислород.

Энзимология — наука о ферментах.

Эффект Пастера — торможение процесса брожения у дрожжей в присутствии кислорода и замена его дыханием.

Эффектор (модулятор) — соединение, которое, связываясь с аллостерическим центром регуляторного фермента, меняет его кинетические характеристики.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

Белясова Н. А. Биохимия и молекулярная биология : учеб. пособие / Н. А. Белясова. — Минск : Книжный Дом, 2004. — 416 с.

Биохимия / под ред. Е. С. Северина. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2003. — 779 с.

Биохимия : крат. курс с упражнениями и задачами : учеб. пособие / под ред. Е. С. Северина, А. Я. Николаева. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2005. — 448 с.

Биохимия : задачи и упражнения (для самостоятельной работы студентов) / А. С. Коничев, Т. А. Егорова, Г. А. Севастьянова и др. ; под ред. А. С. Коничева. — М. : КолосС, 2007. — 140 с.

Жеребцов Н. А. Биохимия : учебник для вузов / Н. А. Жеребцов, Т. Н. Попова, В. Г. Артюхов. — Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. — 696 с.

Кольман Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний ; Мир, 2009. — 469 с.

Комов В. П. Биохимия / В. П. Комов, В. Н. Шведова. — М. : Дрофа, 2004. — 640 с.

Ленинджер А. Биохимия / А. Ленинджер. — М. : Мир, 1974. — 957 с.

Мусил Я. Современная биохимия в схемах / Я. Мусил, О. Новакова, К. Кунц. — М. : Мир, 1984. — 216 с.

Спирин А. С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка / А. С. Спирин. — М. : Академия, 2011. — 496 с.

Филиппович Ю. Б. Основы биохимии : учебник для вузов / Ю. Б. Филиппович. — М. ; СПб. : Агар ; Флинта ; Лань, 1999. — 512 с.

Хелдт Г.-В. Биохимия растений : учеб. пособие / Ганс-Вальтер Хелдт ; под ред. А. М. Носова, В. В. Чуба. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 471 с.

Шапиро Я. С. Биологическая химия / Я. С. Шапиро. — СПб. : ЭЛБИ-СПб., 2004. — 368 с.

Дополнительная

Баранов Н. П. Биохимия белков и нуклеиновых кислот : учеб.-метод. пособие / Н. П. Баранов, Ю. А. Старых. — Сургут : Изд-во Сургут. гос. ун-та, 2002. — 88 с.

Биохимия и молекулярная биология : учеб. пособие / Ю. П. Фролов, М. М. Серых, О. Н. Макурина и др. ; под ред. Ю. П. Фролова. — Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2004. — 501 с.

Варфоломеев С. Д. Химическая энзимология / С. Д. Варфоломеев. — М. : Академия, 2005. — 480 с.

Кнорре Д. Г. Биологическая химия / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. — М. : Высш. шк., 2000. — 479 с.

Коничев А. С. Молекулярная биология : учебник для вузов / А. С. Коничев, Г. А. Севастьянова. — М. : Академия, 2005. — 400 с.

Кретович В. Л. Биохимия растений : учебник для вузов / В. Л. Кретович. — М. : Высш. шк., 1986. — 503 с.

Кулаев И. С. Высокомолекулярные неорганические полифосфаты: биохимия, клеточная биология, биотехнология / И. С. Кулаев, В. М. Вагабов, Т. В. Кулаковская. — М. : Науч. мир, 2005. — 216 с.

Малахов Л. Г. Витамины / Л. Г. Малахов, О. С. Белоновская. — М. : МГАВ-МиВ, 2004. — 43 с.

Плакунов В. К. Основы энзимологии : учеб. пособие / В. К. Плакунов. М. : Логос, 2002. — 128 с.

Попов Е. М. Структура и функции белка / Е. М. Попов. — М. : Наука, 2000. — 482 с.

Рапис Е. Г. Белок и жизнь / Е. Г. Рапис. — М. : МИЛТА ГИТ, 2003. — 262 с.

Степанов В. М. Молекулярная биология. Структура и функции белков / В. М. Степанов. — М. : Наука, 2005. — 334 с.

Ушкалова В. Н. Химия компонентов клетки : учеб. пособие / В. Н. Ушкалова. — Сургут : Изд-во Сургут. гос. ун-та, 2001. — 246 с.

Фирсов Н. Н. Краткий словарь микробиологических терминов / Н. Н. Фирсов. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2002. — 192 с.

Шайтан К. В. Молекулярная динамика белков и пептидов / К. В. Шайтан, К. Б. Терешкина. — М. : Ойкос, 2004. — 105 с.

Щербаков В. Г. Биохимия / В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов, Т. Н. Прудникова, А. Д. Минакова. — СПб. : ГИОРД, 2009. — 472 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Лабораторный практикум	4
Лабораторная работа 1. Разделение свободных аминокислот растительного материала методом хроматографии на бумаге	6
Лабораторная работа 2. Разделение веществ методом тонкослойной хроматографии.....	12
Лабораторная работа 3. Получение раствора растительного белка и изучение его свойств.....	15
Лабораторная работа 4. Качественные реакции на белок	18
Лабораторная работа 5. Обнаружение ферментов каталазы и пероксидазы в картофельном соке	21
Лабораторная работа 6. Озольнение биологического материала методом мокрого сжигания	25
Лабораторная работа 7. Определение содержания общего азота в растительном материале	28
Лабораторная работа 8. Определение содержания общего и неорганического фосфора.....	30
Лабораторная работа 9. Влияние pH на действие ферментов. Определение pH оптимума действия амилазы	33
Лабораторная работа 10. Качественные реакции на крахмал и редуцирующие сахара	36
Лабораторная работа 11. Разделение смеси крахмала и глюкозы методом гель-хроматографии	39
Лабораторная работа 12. Определение содержания глюкозы в биологических жидкостях глюкозооксидазным методом	44
Лабораторная работа 13. Определение активности фермента липазы в семенах подсолнечника.....	47
Лабораторная работа 14. Люминесцентный анализ витаминов B ₁ и B ₂	50
Самостоятельная работа студентов	
Контрольные вопросы и задания	53
Тестовые задания	62
Термины и определения	102
Список рекомендуемой литературы	113

Борисова Галина Григорьевна
Чукина Надежда Владимировна
Киселева Ирина Сергеевна
Малева Мария Георгиевна

БИОХИМИЯ

Практикум

Заведующий редакцией	<i>М. А. Овечкина</i>
Редактор	<i>В. И. Попова</i>
Корректор	<i>В. И. Попова</i>
Оригинал-макет	<i>Л. А. Хухаревой</i>

План выпуска 2017 г. Подписано в печать 20.04.2017.
Формат 60 × 84^{1/16}. Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 5,5. Усл. печ. л. 6,7. Тираж 50 экз. Заказ 80.
Издательство Уральского университета
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.
Тел.: + (343) 350-56-64, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
E-mail: press-urfu@mail.ru

