

Соколова Н.А., Кочетков В.Г.

Рабочая тетрадь по химии биополимеров.
Нуклеиновые кислоты. Полисахариды

Волжский

2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Соколова Н.А., Кочетков В.Г.

Рабочая тетрадь по химии биополимеров. Нуклеиновые кислоты. Полисахариды

Электронное учебно-методическое пособие



Волжский
2022

УДК 678.7(07)
ББК 24.7я73
С 594

Рецензенты:

кандидат биологических наук, зам.декана географического факультета,
доцент кафедры «Экология и природопользование»

ФГБОУ ВО МПГУ

Гамага В. В.;

кандидат с.-х. наук, зав. производственной лабораторией

ООО «Радиотехника»

Родионов С. Н.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Соколова, Н.А.

Рабочая тетрадь по химии биополимеров. Нуклеиновые кислоты. Полисахариды [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Н.А. Соколова, В.Г. Кочетков ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – Электрон.текстовые дан. (1 файл: 2,32 МБ). – Волжский, 2022. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул.экрана.

ISBN 978-5-9948-4425-0

Учебно-методическое пособие написано в соответствии с программой преподавания курса «Химия биополимеров» для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата 18.03.01 «Химическая технология».

Учебно-методическое пособие содержит методические рекомендации для подготовки студентов к лабораторно-практическим занятиям по химии биополимеров по таким крупным разделам, как «Химия нуклеиновых кислот как биополимеров» и «Полисахариды как биополимеры». Приведены краткий теоретический материал, контрольные вопросы и задачи для самостоятельного решения, тестовые задания по этим разделам. Пособие может быть полезно также и студентам других направлений и всем, интересующимся химией биополимеров.

Илл. 25, табл. 2, библиограф.: 15 назв.

ISBN 978-5-9948-4425-0

© Волгоградский государственный
технический университет, 2022
© Волжский политехнический
институт, 2022

Оглавление

Раздел 1. Химия нуклеиновых кислот как биополимеров.....	4
1.1 Методические указания к лабораторным работам по химии нуклеиновых кислот.....	4
1.2 Упражнения и задачи по химии нуклеиновых кислот.....	25
1.3 Тестовые задания «Строение и физико-химические свойства нуклеиновых кислот как биополимеров»	32
Раздел 2. Полисахариды как биополимеры.....	39
2.1 Методические указания к лабораторным работам по химии полисахаридов	39
2.2 Упражнения и задачи по химии полисахаридов.....	59
2.3 Тестовые задания «Строение и физико-химические полисахаридов как биополимеров».....	65
3 Список рекомендуемых источников.....	70
3.1 Основная литература	70
3.2 Дополнительная литература	70

Раздел 1. Химия нуклеиновых кислот как биополимеров

1.1 Методические указания к лабораторным работам по химии нуклеиновых кислот

<i>Лабораторно-практическое занятие № 6</i> «Нуклеиновые кислоты как биополимеры»		
Выполнил	ст. группы _____	_____ ФИО студента
Проверил		
Дата отчета	«__» _____ 202__	_____ подпись
Выполнение л/р	Отчет л/р	Итог

Цель работы

Раскрыть особенности строения нуклеиновых кислот (ДНК и РНК); определить черты сходства и различия нуклеиновых кислот. Изучить свойства нуклеиновых кислот как биополимеров, значение нуклеиновых кислот.

Теоретическая часть

Еще в прошлом веке было установлено, что в клеточных ядрах содержатся высокомолекулярные вещества, в состав которых входят азотсодержащие гетероциклические основания, углеводы и фосфорная кислота. Несколько десятилетий тому назад биологическая роль нуклеиновых кислот была совершенно неясна, в настоящее же время установлено их первостепенное значение в живой природе.

Несмотря на огромный прогресс, достигнутый в последние десятилетия при изучении химического состава и строения нуклеиновых кислот, много проблем предстоит еще решить для выяснения зависимости между структурой и биологической ролью нуклеиновых кислот.

Подобно белкам, нуклеиновые кислоты – биополимеры, а их функция заключается в хранении, реализации и передаче генетической (наследственной) информации в живых организмах.

Нуклеиновые кислоты выполняют ряд важных биологических функций, не свойственных другим полимерным веществам. В частности, они обеспечивают хранение и передачу наследственной информации и принимают непосредственное участие в механизмах реализации этой информации путем программирования синтеза всех клеточных белков. Структурные компоненты нуклеиновых кислот выполняют, кроме того, функции кофакторов (коэнзим А, уридиндифосфатглюкоза и др.), аллостерических эффекторов, входят в состав коферментов (никотинамидадениндинуклеотид (НАД), флавинадениндинуклеотид (ФАД))

и др.), принимая тем самым непосредственное участие в обмене веществ, а также в аккумуляции (накоплении), переносе и трансформации энергии. Они являются предшественниками вторичных посредников – циклических мононуклеотидов (цАМФ и цГМФ), выполняющих важную функцию в передаче внутриклеточных сигналов.

Методы выделения нуклеиновых кислот

При изучении химического состава и строения нуклеиновых кислот перед исследователем всегда стоит задача выделения их из биологических объектов. Нуклеиновые кислоты являются составной частью сложных белков – нуклеопротеинов, содержащихся во всех клетках животных, бактерий, вирусов, растений. Нуклеиновые кислоты обладают сильно выраженными кислыми свойствами (обусловлены остатками ортофосфорной кислоты в их составе) и при физиологических значениях рН несут отрицательный заряд. Этим объясняется одно из важных свойств нуклеиновых кислот – способность к взаимодействию по типу ионной связи с основными белками (гистонами), ионами металлов (преимущественно с Mg^{2+}), а также с полиаминами. Поэтому для выделения нуклеиновых кислот из комплексов с белками необходимо, прежде всего, разрушить эти сильные и многочисленные электростатические связи между положительно заряженными молекулами белков и отрицательно заряженными молекулами нуклеиновых кислот. Для этого измельченный путем гомогенизации биоматериал обрабатывают крепкими солевыми растворами (10 % раствор хлорида натрия) с последующим осаждением нуклеиновых кислот этанолом.

В настоящее время для выделения нуклеиновых кислот в нативном состоянии пользуются более «мягким» фенольным методом, основанным на обработке нейтрального забуференного раствора нуклеопротеинов фенолом. Обычно эту процедуру проводят в присутствии веществ, вызывающих денатурацию белкового компонента, например додецилсульфата (ДСН) или салицилата натрия, затем смесь подвергают центрифугированию. При этом денатурированный белок попадает в фенольную фазу, а нуклеиновые кислоты остаются в водной среде, из которой их осаждают на холоде добавлением 2–3 объемов этанола. Этим методом удается получить очищенные препараты нуклеиновых кислот.

В настоящее время применяют ряд усовершенствованных методов разделения нуклеиновых кислот на фракции из суммарного препарата, полученного описанным методом. Это, прежде всего, хроматография на геле фосфата кальция, ионообменная хроматография (в качестве адсорбентов используют ДЭАЭ-целлюлозу, ДЭАЭ-сефадекс и др.), ультрацентрифугирование в градиенте плотности сахарозы, хроматография по сродству на белковых носителях, фильтрация через гели агарозы и сефарозы, гель-электрофорез и др.

После получения нуклеиновых кислот в чистом виде их подвергают гидролизу для изучения химического состава. Для этих целей используют ферментативные методы (экзо- и эндонуклеазы), а также чисто химические

методы гидролиза, в частности нагревание нуклеиновых кислот с хлорной кислотой.

Химический состав нуклеиновых кислот

Нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) относятся к сложным высокомолекулярным соединениям, состоят из небольшого числа индивидуальных химических компонентов более простого строения. Так, при полном гидролизе нуклеиновых кислот (нагревание в присутствии хлорной кислоты) в гидролизате обнаруживают пуриновые и пиримидиновые основания, углеводы (рибоза и дезоксирибоза) и фосфорную кислоту:

ДНК	РНК
H_3PO_4	H_3PO_4
<i>углевод</i>	
Дезоксирибоза ($C_5H_{10}O_4$)	Рибоза ($C_5H_{10}O_5$)
<i>Азотистые основания</i>	
<i>пуриновые</i>	
Аденин	Аденин
Гуанин	Гуанин
<i>пиримидиновые</i>	
Цитозин	Цитозин
Тимин	Урацил

В молекуле ДНК углевод представлен дезоксирибозой, а в молекуле РНК – рибозой, отсюда их названия: дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК) кислоты. Кроме того, они содержат фосфорную кислоту, по два пуриновых и по два пиримидиновых основания; различия только в пиримидиновых основаниях: в ДНК содержится тимин, а в РНК – урацил.

Углеводы (рибоза и дезоксирибоза) в молекулах ДНК и РНК находятся в β -D-рибофуранозной форме (рис. 1).

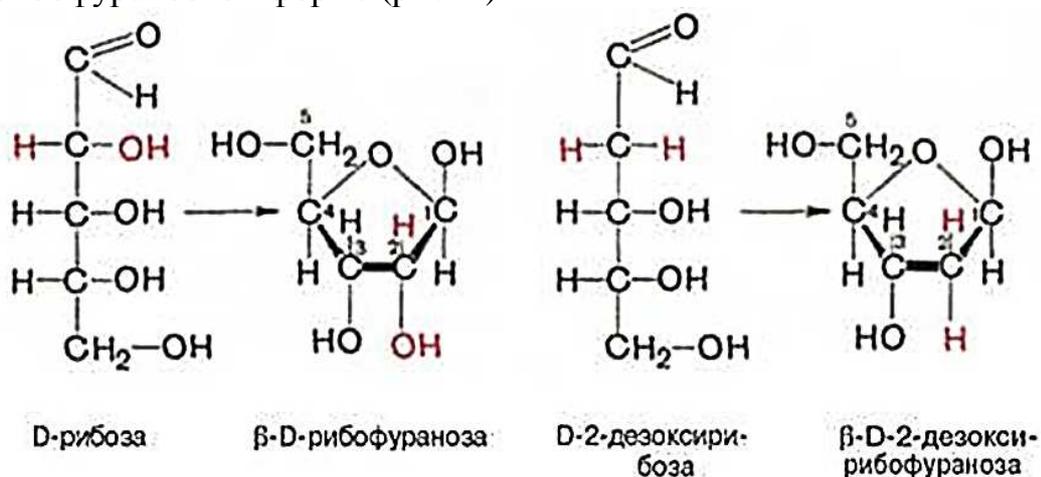


Рисунок 1 – Циклические формы рибозы и дезоксирибозы

В составе некоторых фаговых ДНК обнаружена молекула глюкозы, которая соединяется гликозидной связью с 5-оксиметилцитозином.

Основу структуры пуриновых и пиримидиновых оснований составляют два ароматических гетероциклических соединения – пиримидин и пурин (рис. 2).



Рисунок 2 – Пурин и пиримидин

Молекула пурина состоит из двух конденсированных колец: пиримидина и имидазола.

В составе нуклеиновых кислот встречаются три главных пиримидиновых основания: цитозин, урацил и тимин (рис.3).



Рисунок 3 – Пиримидиновые гетероциклические азотистые основания

Два пуриновых основания, постоянно встречающихся в гидролизатах нуклеиновых кислот, имеют следующее строение (рис. 4).

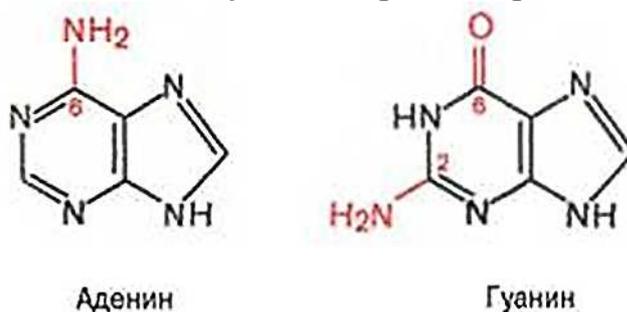


Рисунок 4 – Пуриновые гетероциклические азотистые основания

Одним из важных свойств свободных азотистых оснований (содержащих оксигруппы) является возможность их существования в двух таутомерных формах, в частности лактим- и лактамной формах, в зависимости от значения pH среды: при pH 7,0 они представлены в лактамной форме, при снижении величины pH – в лактимной форме. Таутомерные превращения можно представить на примере урацила (рис. 5).

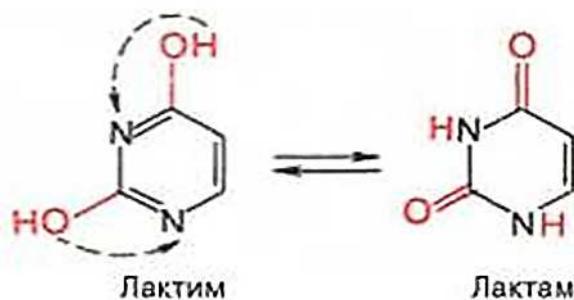


Рисунок 5 – Таутомерные превращения урацила

Оказалось, что в составе природных нуклеиновых кислот все оксипроизводные пуринов и пиримидинов находятся в лактамной форме.

О локализации и количественном содержании нуклеиновых кислот в клетках получены определенные данные. Доказано, что количественное содержание ДНК в клетках одного и того же организма отличается удивительным постоянством и исчисляется несколькими пикограммами, однако в клетках разных видов живых организмов имеются существенные количественные различия в содержании ДНК. Хорошо известно также, что ДНК преимущественно сосредоточена в ядре, а в митохондриях и хлоропластах содержится только небольшой процент клеточной ДНК. О количестве РНК нет точных данных, поскольку содержание ее в разных клетках в значительной степени определяется интенсивностью синтеза белка. На долю РНК приходится около 5–10 % от общей массы клетки. Современная классификация различных типов клеточной РНК основывается на данных топографии, функции и молекулярной массы. Выделяют три главных вида РНК: матричную (информационную) – мРНК, которая составляет 2–3 % от всей клеточной РНК; рибосомную – рРНК, составляющую 80–85% и транспортную – тРНК, которой около 16 %. Эти три вида различаются нуклеотидным составом и функциями (табл. 1).

Таблица 1 – Свойства РНК (по А. Ленинджеру)

Тип РНК	Скорость седиментации	Молекулярная масса	Число нуклеотидных остатков	% от общей РНК
мРНК	6-25	250000-1000 000	75-3000	2
тРНК	4	23 000-30 000	75-90	16
рРНК	5	~35 000	1~20	} 82
рРНК	16	~550 000	~1500	
рРНК	23	~1 100 000	~3100	

Матричная РНК (мРНК) синтезируется в ядре на матрице ДНК, затем поступает в рибосому, выполняя матричную функцию при синтезе белка. По предположению акад. А.С. Спирина, часто мРНК при поступлении из ядра в цитоплазму образует со специфическими РНК-связывающими белками комплексы – так называемые инфермосомы, способные к обратимой

диссоциации. Информосомы рассматриваются как транспортная форма мРНК, способствующая образованию полирибосом в цитоплазме. Транспортные РНК (тРНК) имеют небольшую молекулярную массу и содержатся в растворимой фракции цитоплазмы, выполняя функцию переноса аминокислот к месту белкового синтеза – рибосоме. Рибосомные РНК (рРНК), как видно из данных таблицы 1, имеют разную и большую молекулярную массу.

Структура нуклеиновых кислот

Для понимания ряда особенностей структуры ДНК особое значение имели закономерности состава и количественного содержания азотистых оснований, установленные впервые Э. Чаргаффом. Оказалось, что азотистые основания ДНК обычно варьируют у разных видов организмов, однако почти не претерпевают изменений у одного и того же вида в процессе развития или в зависимости от изменений окружающей среды либо характера питания. Показано также, что ДНК, выделенная из разных тканей одного и того же вида, имеет одинаковый состав азотистых оснований. Полученные количественные соотношения были названы правилами Чаргаффа. При анализе состава очищенной ДНК, выделенной из разных источников, были сделаны следующие выводы:

1. Молярная доля пуринов равна молярной доле пиримидинов:

$$A+G=C+T \text{ или } (A+G)/(C+T)=1$$

2. Количество аденина и цитозина равно количеству гуанина и тимина:

$$A+C=G+T \text{ или } (A+C)/(G+T)=1$$

3. Количество аденина равно количеству тимина, а количество гуанина равно количеству цитозина: $A = T$ и $G = C$, соответственно

$$A/(T)=1; G/C=1$$

4. Существенным для характеристики вида (таксономическое значение) оказался так называемый коэффициент специфичности, отражающий отношение $(G+C)/(A+T)$

Это отношение часто выражают в молярных процентах $(G+C)$, или процентах ГЦ-пар. Для животных и большинства растений этот коэффициент ниже 1 (от 0,54 до 0,94), у микроорганизмов он колеблется в значительных пределах (от 0,45 до 2,57).

Данные, полученные А.Н. Белозерским и его учениками, свидетельствуют о существовании в природе АТ-типа ДНК (у хордовых и беспозвоночных животных, высших растений, ряда бактерий, дрожжевидных организмов) и ГЦ-типа ДНК (у недрожжевидных грибов, актиномицетов, ряда бактерий и вирусов).

Известно, что структурными единицами нуклеиновых кислот являются мономерные молекулы – мононуклеотиды. Следовательно, нуклеиновые кислоты представляют собой полинуклеотиды. Это продукты полимеризации мононуклеотидов, число и последовательность расположения которых в цепях ДНК и РНК определяются в строгом соответствии с программой, заложенной в молекуле матрицы. Мононуклеотиды легко образуются при

гидролизе ДНК и РНК в присутствии нуклеаз, состоят из трех специфических компонентов: азотистого основания, углевода и фосфорной кислоты. В этой «триаде» мононуклеотида углевод занимает среднее положение. Соединения азотистого (любого) основания и углевода (рибозы или дезоксирибозы), получившие название нуклеозидов, легко образуются из мононуклеотида при гидролитическом отщеплении фосфорной кислоты в присутствии щелочи или при участии специфических ферментов – нуклеотидаз.

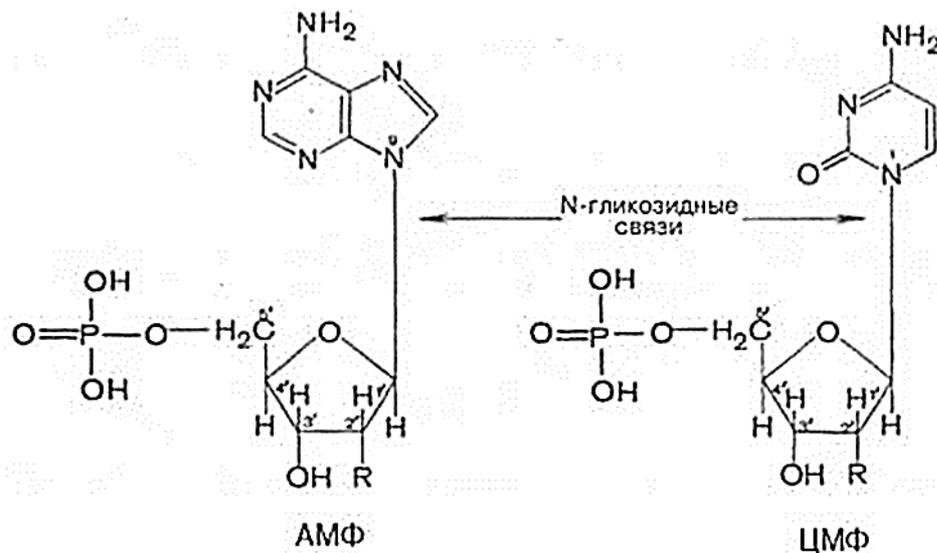


Рисунок 6 – Нуклеозидные связи в нуклеотидах

Нуклеозиды содержат пуриновое или пиримидиновое основание, соединенное с углеводом N-гликозидной связью. В составе нуклеиновых кислот обнаруживаются только β-нуклеозиды. Примером могут служить два мононуклеотида: аденозин-5'-монофосфорная кислота (АМФ) и цитидин-5'-монофосфорная кислота (ЦМФ).

Направление в нуклеotide следует обозначать символом «штрих»: например, атомы у 3-го и 5-го углерода обозначают С-3' и С-5' или чаще 3' и 5'.

Следует отметить, что среди продуктов ферментативного гидролиза ДНК и РНК обнаруживаются, помимо нуклеозид-5'-монофосфатов, также нуклеозид-3'-монофосфаты.

Мононуклеотиды и их производные, а также динуклеотиды присутствуют в клетках в свободном виде и играют важную роль в обмене веществ. В частности, нуклеотидную структуру имеют многие коферменты, включая коферменты оксидоредуктаз. Мононуклеотиды, присоединяя еще один остаток фосфата, образуют фосфоангидридную связь (наподобие связи, имеющейся в пиродифосфате) и превращаются в нуклеозиддифосфаты (соответственно они обозначаются сокращенно АДФ, ГДФ, УДФ, ЦДФ и ТДФ). Последние, присоединяя еще один остаток фосфата, образуют нуклеозидтрифосфаты (соответственно обозначаются АТФ, ГТФ, УТФ, ЦТФ и ТТФ).

Таблица 2 – Состав нуклеозидов и мононуклеотидов (для РНК они называются рибонуклеотидами, а для ДНК – дезоксирибонуклеотидами)

Азотистые основания		Нуклеозиды (основание +углевод)	Мононуклеотиды (нуклеозиды + H ₃ PO ₄)	Сокращенное название
Пуриновые	Аденин	Аденозин	Аденозинмонофосфат (адениловая кислота)	АМФ
	Гуанин	Гуанозин	Гуанозинмонофосфат (гуаниловая кислота)	ГМФ
Пиримидиновые	Урацил	Уридин	Уридинмонофосфат (уридилловая кислота)	УМФ
	Цитозин	Цитидин	Цитидинмонофосфат (цитидилловая кислота)	ЦМФ
	Тимин	Тимидин	Тимидинмонофосфат (тимидилловая кислота)	ТМФ

Следует особо указать, что только свободные нуклеозидтрифосфаты в клетках являются предшественниками ферментативного синтеза ДНК и РНК. Однако в клетках имеются свободные, также природные нуклеозидтрифосфаты, не принимающие участия в синтезе белка, но выполняющие жизненно важные функции. В частности, одной из важнейших функций нуклеозидтрифосфатов и особенно АТФ является их участие в биоэнергетике всех живых организмов. Приводим схему образования молекул аденозинди- и аденозинтрифосфатов (некоторые атомы водорода, как и углерода, в пуриновом ядре и в кольце рибозы опущены) (рис. 7).

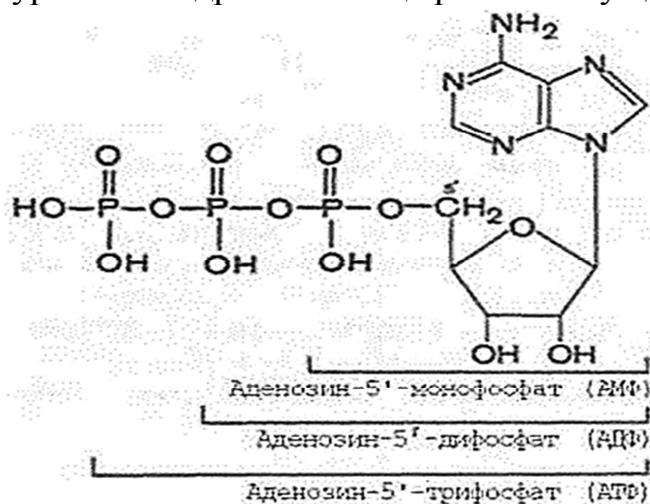


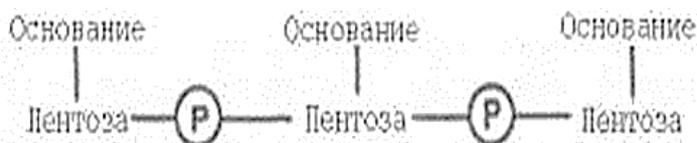
Рисунок 7 – Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)

В медицинской практике, в частности в онкологии, нашли широкое применение синтетические аналоги как азотистых оснований, так и нуклеозидов и нуклеотидов. К наиболее распространенным лекарственным препаратам – аналогам пуриновых и пиримидиновых оснований (и соответствующим нуклеотидам) относятся 5-фторурацил, 6-тио- и 6-меркаптопурин, 8-азагуанин, 6-азауридин и 6-азацитидин, а также 5-йодпроизводное дезоксиуридина.

Помимо сокращенных названий и обозначений нуклеозидов и нуклеотидов, приняты буквенные обозначения нуклеозидов (и нуклеотидов): в частности, для аденозина (АМФ) это А, для гуанозина (ГМФ) – Г, для цитидина (ЦМФ) – Ц, для уридина (УМФ) – У, для тимидина (ТМФ) – Т. Пользуясь этими символами, приведенный выше дирибонуклеозидмонофосфат можно обозначить как Г–Т. Заметим, что как по структуре, так и по свойствам Г–Т и Т–Г будут сильно отличаться друг от друга (как и в случае дипептидов).

Первичная структура нуклеиновых кислот

Под первичной структурой нуклеиновых кислот понимают порядок, последовательность расположения мононуклеотидов в полинуклеотидной цепи ДНК и РНК. Такая цепь стабилизируется 3',5'-фосфодиэфирными связями. Поскольку молекулярная масса нуклеиновых кислот колеблется в широких пределах (от $2 \cdot 10^4$ до 10^{10} – 10^{11}), установить первичную структуру всех известных РНК и особенно ДНК весьма сложно. Тем не менее, во всех нуклеиновых кислотах (точнее, в одноцепочечной нуклеиновой кислоте) имеется один и тот же тип связи – 3',5'-фосфодиэфирная связь между соседними нуклеотидами. Эту общую основу структуры можно представить следующим образом:



Установлено, что в образовании межнуклеотидной связи участвуют гидроксильные группы в 3'- и 5'-положениях остатков углевода.

К настоящему времени удалось определить первичную структуру почти всех тРНК, вирусных РНК, в состав которых входят сотни и тысячи нуклеотидных остатков. Ниже приводится примерная схема последовательности нуклеотидов в молекуле РНК. Все клеточные РНК в основном состоят из одноцепочечной полинуклеотидной цепи:



Полинуклеотидная цепь молекулы РНК имеет на одном конце почти всегда свободный монофосфорный эфир, который принято обозначать как 5'-конец; на противоположном конце цепи такой фосфат отсутствует, а содержится нуклеотид со свободными 2'- и 3'-гидроксильными группами.

В выяснении первичной структуры РНК решающую роль сыграли методы ступенчатого гидролиза, осуществленного в основном экзонуклеазами и заключающегося в последовательном отщеплении по одному мононуклеотиду с одного конца молекулы нуклеиновой кислоты. Первичная нуклеотидная последовательность структуры первой РНК, имеющей 77 нуклеотидов, была расшифрована в 1965 г. Р. Холли и сотрудниками.

Следует особо указать на две существенные особенности первичной структуры всех тРНК. Первая из них заключается в том, что 5'-концом всегда

является гуаниловая (редко цитидиловая) кислота, несущая свободный остаток фосфата у С-5'. Вторая особенность – наличие на противоположном конце молекулы остатков трех мононуклеотидов с одинаковой последовательностью – ЦЦА, причем остаток адениловой кислоты содержит свободную 3'-ОН-группу.

Между этими структурами в строго определенной последовательности располагаются все остальные нуклеотидные остатки, среди которых на долю минорных нуклеотидов приходится до 10%. Полинуклеотидная цепь разных типов тРНК содержит около 75 нуклеотидов.

Матричные (информационные) РНК относятся к наиболее гетерогенному классу нуклеиновых кислот, отличающихся по массе, структуре, размерам, стабильности и функциям. Основной функцией мРНК является перенос информации от ДНК (точнее, от гена) на белоксинтезирующую систему клетки. мРНК выполняет роль матрицы и, следовательно, определяет первичную структуру синтезируемого белка. мРНК наделены рядом особенностей первичной структуры, в частности, на 5'-конце все они содержат определенную последовательность рибонуклеотидов, получившую название шапочки (кэп). Первым нуклеотидом является 7-метилгуанозинтрифосфат, который присоединяется к 5'-гидроксилу соседнего мононуклеотида, представленного 2'-*o*-метилпуриновым нуклеотидом. На другом 3'-конце большинства (но не всех) мРНК содержится полиадениловая последовательность (поли-А), насчитывающая от 150 до 200 нуклеотидов.

Роль «кэпирования» и «полиаденилирования» мРНК в белковом синтезе окончательно не выяснена. Предполагают, что кэп необходим для специфического узнавания в процессе трансляции, в то время как поли-А отводится роль фактора стабилизации всей молекулы мРНК.

Уже выяснены нуклеотидные последовательности дрожжевой клетки, а также первичные структуры высокомолекулярных рРНК клеток эукариот, насчитывающих около 4700 нуклеотидов.

В настоящее время проводятся исследования первичных структур различных молекул ДНК. Около 15 лет назад была полностью расшифрована нуклеотидная последовательность митохондриальной ДНК человека (16569 пар нуклеотидов). Известны полные нуклеотидные последовательности ДНК ряда вирусов и плазмид. Совсем недавно завершено определение нуклеотидных последовательностей геномов двух прокариотических организмов (*Haemophilus influenzae* и *Mycoplasma genitalium*) и появились сообщения о расшифровке генома первого эукариотического организма – дрожжей. Близки к завершению аналогичные исследования генома нематоды *Caenorhabditis elegans*. Исследователи активно работают над полной расшифровкой генома человека.

Результаты секвенирования (определение нуклеотидной последовательности ДНК) на рисунке 8.

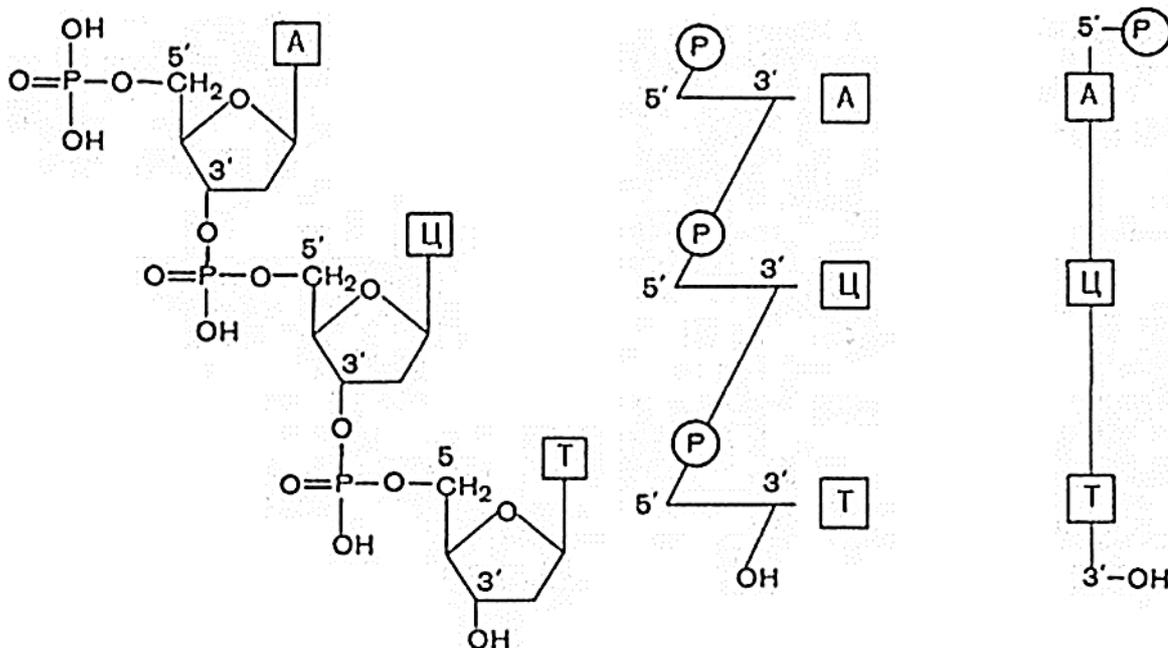


Рисунок 8 – Результаты секвенирования ДНК

Большие надежды в определении первичной структуры ДНК исследователи возлагают на физические, химические (синтез генов), генетические и другие методы, а также на методы выделения некоторых генов (или их фрагментов) из природных источников и синтеза генов на мРНК при участии фермента обратной транскриптазы.

Вторичная структура нуклеиновых кислот

В соответствии с моделью Дж. Уотсона и Ф. Крика, предложенной в 1953г. на основании ряда аналитических данных, а также рентгеноструктурного анализа, молекула ДНК состоит из двух цепей, образуя правовращающую спираль, в которую обе полинуклеотидные цепи закручены вокруг одной и той же оси. Удерживаются цепи благодаря водородным связям, образующимся между их азотистыми основаниями (рис. 8 а). Обе цепи полинуклеотидов в биспиральной молекуле ДНК имеют строго определенное пространственное расположение, при котором азотистые основания находятся внутри, а фосфорильные и углеводные компоненты – снаружи.

Детальный анализ всевозможных вариантов образования водородных связей между основаниями показал, что в биспиральной молекуле ДНК основания уложены парами: пурин из одной цепи и пиримидин из другой в соответствии с правилами Чаргаффа. Поскольку ориентация оснований на плоскости не является, очевидно, произвольной, и основания в полинуклеотидах представлены в лактамной форме, наиболее вероятными были признаны пары аденин–тимин и гуанин–цитозин. Этот способ спаривания получил в дальнейшем экспериментальное подтверждение. Избирательность взаимодействия пар А–Т и Г–Ц принято выражать термином «комплементарность», а соответствующие азотистые основания называют комплементарными. Стабильность А–Т оснований обеспечивается

двумя водородными связями, а пар Г–Ц – тремя, что, в свою очередь, определяется особенностями расположения функциональных групп азотистых оснований. Длина водородных связей между основаниями составляет около 0,3 нм. Таким образом, комплементарными оказываются не только отдельные основания, но и дезоксирибонуклеотидные цепи ДНК в целом, способствующие образованию весьма компактной структуры и стабилизации всей молекулы.

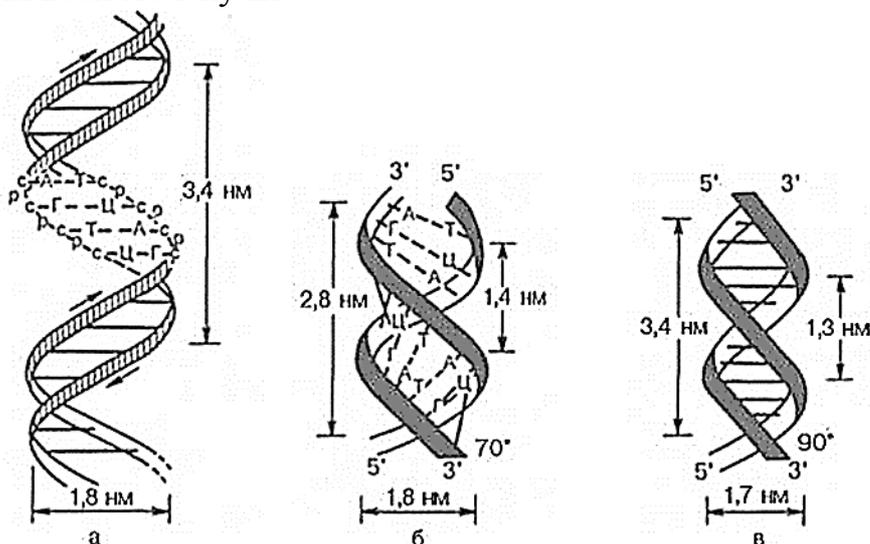


Рисунок 9 – Схематическое изображение двойной спирали ДНК:
 а – по Уотсону и Крику, где *c* – остаток дезоксирибозы, *p* – остаток фосфорной кислоты; б – А-форма ДНК ;в – В-форма ДНК

Обе цепи в молекуле ДНК имеют противоположную полярность. Это означает, что межнуклеотидная связь в одной цепи имеет направление 5'→3', а в другой – 3'→5'. Подобная направленность цепей имеет важное биологическое значение при репликации и транскрипции молекулы ДНК.

На модели ДНК (см. рис. 9 а) видно, что расстояние между витками (шаг спирали) равно 3,4 нм. На этом участке укладываются 10 нуклеотидных остатков, размер одного нуклеотида составляет 0,34 нм; диаметр биспиральной молекулы равен 1,8 нм.

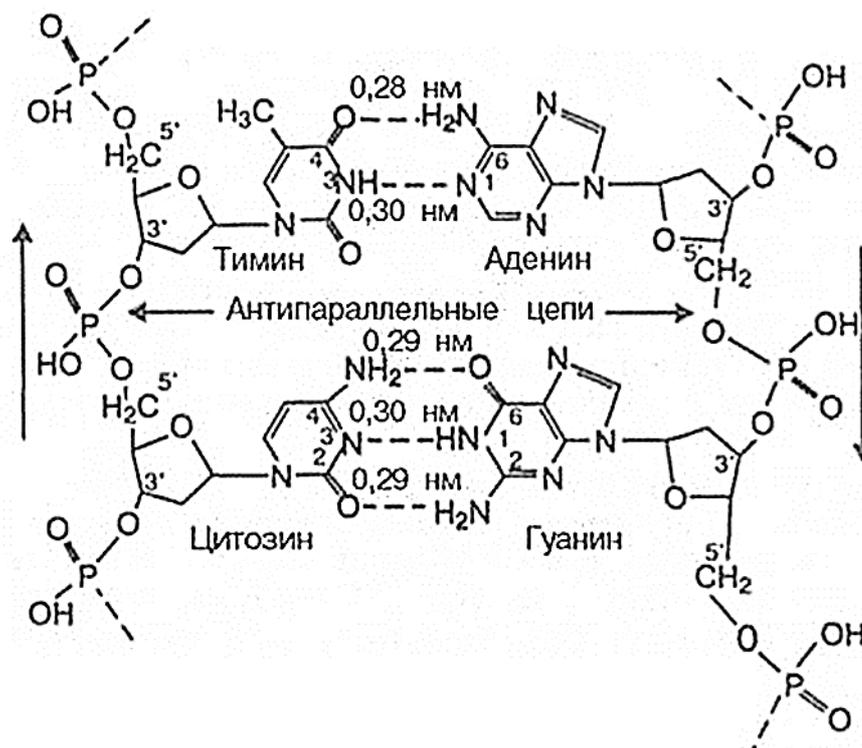


Рисунок 10 – Конфигурация двух моонуклеотидов в молекуле ДНК

Необходимо указать, что конфигурация двойной спирали ДНК сильно меняется в зависимости от количественного содержания воды и ионной силы окружающей среды. Методами рентгеноструктурного анализа доказано существование по крайней мере 6 форм ДНК, названных А-, В-, С-, D-, Е- и Z-формами. Конфигурация двух из них в простейшей форме представлена на рисунке 9 б и в. Если А- и В-формы представляют собой правозакрученную двойную спираль, то Z-форма (зигзагообразная) ДНК имеет левозакрученную конфигурацию, в которой фосфодиэфирный остов располагается зигзагообразно вдоль оси молекулы. Параллельно фосфодиэфирному остову в структуре А- и В-форм ДНК имеются большая и малая бороздки (желобки) – сайты, где присоединяются белки, выполняющие, очевидно, регуляторные функции при экспрессии генов. В настоящее время есть основание считать, что между А- и В-формами ДНК осуществляются взаимные переходы при изменении концентрации соли и степени гидратации. В-форма ДНК больше всего подходит к модели Уотсона и Крика. В этих переходах, которые могут быть вызваны растворителями или белками, очевидно, заключен определенный биологический смысл. Предполагают, что в А-форме ДНК выполняет роль матрицы в процессе транскрипции (синтез РНК на молекуле ДНК), а в В-форме – роль матрицы в процессе репликации (синтез ДНК на молекуле ДНК).

В структуре ДНК, как и в структуре РНК, открыты нуклеотидные последовательности, получившие название «палиндромы», или перевернутые повторы. Они встречаются как внутри одной цепи, так и в двойной спирали. Например, как слово ротатор, которое одинаково читается как справа налево, так и обратно. Подобные обратные повторы могут служить основой для

образования структуры шпилек или других вариаций с измененным внутрицепочечным и межцепочечным спариванием и формированием на отдельных участках тройной спирали. Возможно, эти палиндромные структуры имеют определенный биологический смысл в регуляции экспрессии отдельных генов, выполняя роль сайтов для ДНК-связывающих белков. Предстоит, однако, приложить немало усилий для установления, как точной структуры этих вариаций, так и для определения их функциональной роли.

Менее охарактеризована вторичная структура матричных и рибосомных РНК. Относительно вторичной структуры тРНК наиболее вероятной представляется модель, предложенная Р. Холли, плоское изображение которой напоминает клеверный лист. В настоящее время, когда известна первичная структура большинства тРНК, последовательность всех или почти всех природных тРНК как будто бы укладывается в эту схему «клеверного листа». При сравнении этих структур выявляется ряд закономерностей, несомненно, имеющих определенный биологический смысл. Во всех тРНК есть участки, взаимодействующие с рибосомами, места для связывания с аминокислотами и ферментами, а также специфическая последовательность трех нуклеотидов (триплет), называемая антикодоном, которая оказывается комплементарной тринуклеотидной последовательности мРНК (кодону), кодирующей включение в белковую молекулу определенной аминокислоты.

Независимо от типа РНК синтезированный в клетке продукт транскрипции всегда представлен единственной цепью, упакованной во вторичную структуру не случайно, а в соответствии с программой ДНК. Поскольку в составе РНК имеются свободные 2'-оксигруппы рибозы, не связанные со стандартным крик-уотсоновским спариванием азотистых оснований, появляются дополнительные возможности образования вторичной и третичной структур, содержащих выпуклости, шпильки, или крестообразные структуры. Особенности структуры тРНК имеют прямое отношение к процессу трансляции, поэтому более подробно они рассмотрены в разделе биосинтеза белка.

Третичная структура нуклеиновых кислот

Выделить нативную молекулу ДНК из большинства источников, в частности хромосом, чрезвычайно трудно из-за высокой чувствительности молекулы ДНК к нуклеазам тканей и гидродинамической деструкции.

Удалось выделить в интактном (неповрежденном) виде только некоторые ДНК вирусов, митохондрий и хлоропластов. Исследования этих молекул при помощи физических (в частности, кристаллографических) и физико-химических методов показали, что двойная спираль ДНК на некоторых участках может подвергаться дальнейшей спирализации с образованием суперспирали или открытой кольцевой формы. Оказалось также, что линейная ДНК может образоваться из кольцевой формы или существовать как таковая в природе. В некоторых вирусах обнаружены, кроме того, одноцепочечные ДНК линейной и кольцевой форм (рис. 11).

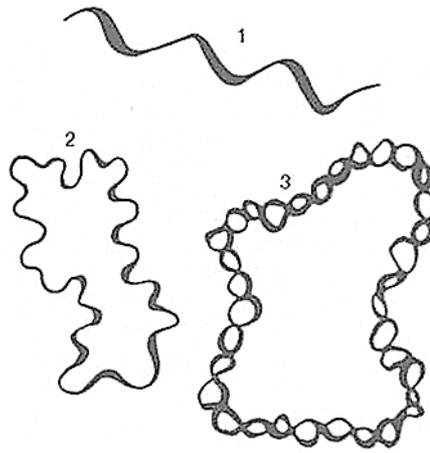


Рисунок 11 – Третичная структура ДНК (схема):
 1 – линейная одноцепочечная ДНК – бактериофаг фХ174 и другие вирусы; 2 –
 кольцевая одноцепочечная ДНК вирусов и митохондрий;
 3 – кольцевая двойная спираль ДНК

Образование кольцевой формы молекулы ДНК у бактерий или в митохондриях клеток животных часто вызвано ковалентным соединением их открытых концов. Известно, что суперспиральная (суперскрученная) структура обеспечивает экономную упаковку огромной молекулы ДНК в хромосоме: вместо 8 см длины, которую она могла бы иметь в вытянутой форме, в хромосоме человека молекула ДНК настолько плотно упакована, что ее длина составляет 5 нм. Обычно в ДНК встречаются положительные и отрицательные супервитки, образованные за счет скручивания по часовой (правосторонней) или против часовой стрелки двойной спирали. Образование подобных супервитков катализируется специфическими ферментами, получившими название топоизомераз. Подобные суперспирали соединяются с белками (гистонами), упакованными в бороздках, обеспечивая тем самым стабильность третичной структуры ДНК. Суперспирализация ДНК может быть нарушена разрывом в одной из цепей или в обеих цепях двойной спирали под действием ДНКазы или может быть вызвана антибиотиками и красителями.

Данные о структуре тРНК свидетельствуют о том, что нативные молекулы тРНК имеют примерно одинаковую третичную структуру, которая отличается от плоской структуры «клеверного листа» большой компактностью за счет складывания различных частей молекулы. Следует указать на существование у ряда вирусов (реовирус, вирус раневых опухолей растений и др.) природных двухцепочечных РНК, обладающих однотипной с ДНК структурой. При физиологических значениях рН среды, ионной силы и температуры создаются условия для образования в одноцепочечных матричных и рибосомных РНК множества участков с двойной спиралью («шпильки») и дальнейшего формирования комплементарных участков, определяющих в известной степени жесткость их третичной структуры (рис. 12).

Транспортные РНК

На долю тРНК приходится около 10–15 % от общего количества клеточной РНК. К настоящему времени открыто более 60 различных тРНК. Для каждой аминокислоты в клетке имеется, по крайней мере, одна специфическая тРНК (для ряда аминокислот открыто более одной: в частности, для серина, лейцина и аргинина – 6 разных тРНК, для аланина, треонина и глицина – по 4 разных тРНК). Молекулярная масса большинства тРНК колеблется от 24000 до 29000. Они содержат от 75 до 85 нуклеотидов. Интересно, что почти все тРНК обладают не только удивительно сходными функциями, но и очень похожей трехмерной структурой (рис. 12).

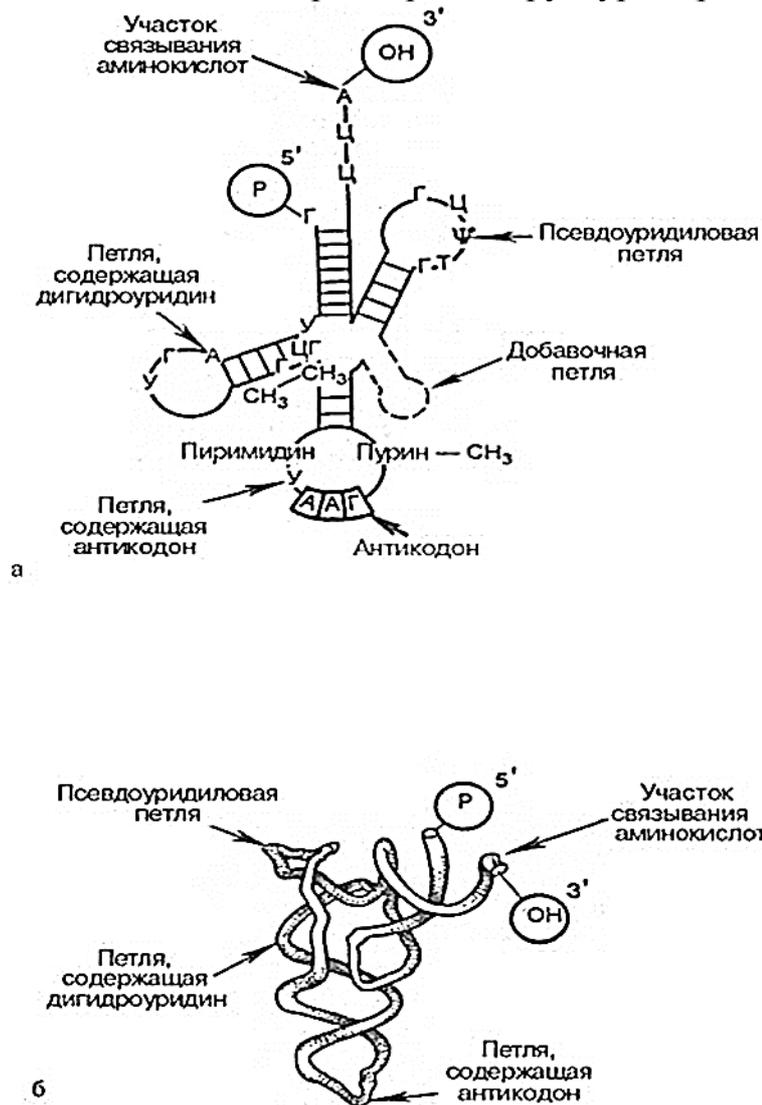


Рисунок 12 – Структура тРНК:

а – общая структура различных тРНК; б – пространственная структура тРНК

Общей для тРНК является нативная трехмерная структура, установленная методом рентгенокристаллографического анализа и названная первоначально конформацией клеверного листа. В молекуле тРНК открыты спирализованные участки, необычные водородные связи и гидрофобные взаимодействия во внеспирализованных участках. Показано, что тРНК имеет псевдоуридиловую петлю, образованную из нуклеотидов, содержащих

псевдоуридин, и дигидроуридиловую петлю. Обе петли участвуют в образовании угла буквы L. На 3'-ОН-конце располагается одинаковая для всех тРНК последовательность триплета ЦЦА-ОН, к которой присоединяется посредством эфирной связи специфическая аминокислота.

Роль отдельных участков тРНК недостаточно раскрыта. В частности, псевдоуридиловая петля, по-видимому, обеспечивает связывание аминоацил-тРНК с рибосомой, а дигидроуридиловая петля, вероятнее всего, необходима как сайт (место) для узнавания специфическим ферментом – аминоацил-тРНК-синтетазой. Имеется, кроме того, добавочная петля, состав которой варьирует у разных типов молекул тРНК; ее назначение неизвестно. Существенным, с полностью раскрытой функцией участком является антикодонная петля, несущая триплет, названный антикодоном, и расположенная на противоположной стороне от того конца, к которому присоединяется аминокислота. Антикодонная петля состоит из семи нуклеотидов: три занимают центральное положение и формируют собственный высокоспецифичный антикодон, соответствующему кодону мРНК, причем оба они антипараллельны в своей комплементарности.

Матричная РНК

В ряде лабораторий (в частности, в лаборатории С. Бреннера) были получены данные о возможности существования в клетках в соединении с рибосомами короткоживущей РНК, названной информационной (иРНК). Сейчас она обозначается как матричная РНК (мРНК), потому что ее роль заключается в переносе информации от ДНК в ядре (где она синтезируется под действием ДНК-зависимой РНК-полимеразы) до цитоплазмы, где она соединяется с рибосомами и служит матрицей, на которой осуществляется синтез белка. Эта блестящая гипотеза затем экспериментально была доказана в лаборатории М. Ниренберга. опыты М. Ниренберга свидетельствуют также о том, что не рибосома и не рибосомная рРНК являются матрицей, на которой синтезируются специфические белки, а эту роль выполняют поступающие извне матричные РНК. Итак, ДНК передает информацию на РНК, которая синтезируется в ядре и затем поступает в цитоплазму; здесь РНК выполняет матричную функцию для синтеза специфической белковой молекулы. Матричная гипотеза белка, как и других полимерных молекул ДНК и РНК, в настоящее время получила подтверждение. Ее правомочность была доказана в экспериментах, которые обеспечивали точное воспроизведение первичной структуры полимерных молекул.

Ход работы:

1. Изучить теоретическую часть.
2. Ответить (письменно) на вопросы
3. Выполнить задания и решить задачи (выдает преподаватель).

Вопросы:

1. Когда и кем были открыты нуклеиновые кислоты?

2. Какова биологическая роль нуклеиновых кислот?

3. Какие виды нуклеиновых кислот существуют в природе?

4. Полинуклеотидная цепь ДНК состоит из нуклеотидов. А что является структурными компонентами нуклеотидов?

5. Какова общая структурная формула нуклеотида?

6. Чем отличаются составы нуклеотидов ДНК и РНК?

7. Как происходит соединение нуклеотидов между собой в олинуклеотидной цепи?

8. Как объединяются две полинуклеотидные цепи в единую молекулу ДНК?

9. Как происходит репликация (самоудвоение) молекулы ДНК?

10. Чем объясняется высокая точность репликации ДНК?

11.Какие бывают ошибки «репликативной машины» и к чему они приводят?

12. Каков диаметр и шаг спирали ДНК?

13.Какова длина и масса нуклеиновых кислот?

14.Почему нуклеиновые кислоты относятся к полимерам? Какие это полимеры?

Вывод:

1.2 Упражнения и задачи по химии нуклеиновых кислот

Задачи по химии нуклеиновых кислот (по вариантам)

Вариант 1

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида рибоаденозина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: АМФ, ЦМФ, УМФ.

Задание 3. Химический анализ показал, что 28% (990 нуклеотидов) от общего числа нуклеотидов данной и-РНК приходится на аденин, 6% – на гуанин, 40% – на урацил. Каков должен быть нуклеотидный состав соответствующего участка двухцепочечной ДНК, информация с которого «переписана» данной и-РНК? Какова длина этой иРНК, и какова ее молекулярная масса? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант 2

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида рибогуанозина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из исследующих мононуклеотидов: ГМФ, ЦМФ, УМФ.

Задание 3. На фрагменте одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в последовательности: А-А-Г-Т-Ц-Т-А-А-Ц-Г-Т-А-Т. Нарисуйте схему структуры двухцепочечной молекулы ДНК. Какова длина этого фрагмента ДНК? Сколько (в %) содержится нуклеотидов в этой цепи ДНК? Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант 3

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозидарибоцитидина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из исследующих мононуклеотидов: д. АМФ, д. ЦМФ, д. ТМФ.

Задание 3. На фрагменте одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в последовательности: Т-Т-Г-А-Ц-Т-А-Ц-Г-Ц-Г-А... Нарисуйте схему структуры второй цепи данной молекулы ДНК. Какова длина в нм этого фрагмента ДНК, если один нуклеотид занимает около 0,34 нм? Сколько (в %) содержится нуклеотидов в этом фрагменте молекулы ДНК? Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК?

Вариант 4

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида уридина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: ГМФ, ЦМФ, УМФ.

Задание 3. Каков будет состав второй цепочки ДНК, если первая содержит 18% (450 нуклеотидов) гуанина, 30% аденина и 20% тимина? Какова длина

этой молекулы? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм. Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК?

Вариант 5

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозидадезоксиденозина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: ЦМФ, ЦМФ, УМФ.

Задание 3. В молекуле ДНК насчитывается 23% (400 нуклеотидов) адениловых нуклеотидов от общего числа нуклеотидов. Определите количество тимидиловых и цитозиловых нуклеотидов. Какова длина этой молекулы, если один нуклеотид занимает около 0,34 нм? Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК?

Вариант 6

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозидадезоксигуанозина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: ЦМФ, ЦМФ, АМФ.

Задание 3. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 69 тыс., из них 8625 приходится на долю адениловых нуклеотидов. Относительная молекулярная масса одного нуклеотида в среднем 345. Сколько содержится нуклеотидов по отдельности в данной ДНК? Какова длина ее молекулы? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант 7

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида дезоксицитидина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: д. ЦМФ, д.ТМФ, д.АМФ.

Задание 3. По мнению некоторых ученых общая длина всех молекул ДНК в ядре одной половой клетки человека составляет около 102 см. Сколько всего пар нуклеотидов содержится в ДНК одной клетки ($1 \text{ нм} = 10^{-6} \text{ мм}$)?

Вариант 8

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозидатимидина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: д. ТМФ, д.АМФ, д.ГМФ.

Задание 3. На фрагменте одной нити ДНК нуклеотиды расположены в последовательности: А-Г-Г-Т-Ц-Т-А-Ц-Г-Т-Ц-Т. Определите процентное содержание всех нуклеотидов в этом гене (двухцепочечная ДНК) и его длину. Один нуклеотид занимает около 0,34 нм. Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК?

Вариант 9

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида дигидроуридина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: ГМФ, ЦМФ, ГМФ.

Задание 3. В молекуле ДНК обнаружено 880 гуаниловых нуклеотидов, которые составляют 22% от общего числа нуклеотидов в этой ДНК. Определите: а) сколько других нуклеотидов в этой ДНК? б) какова длина этого фрагмента? один нуклеотид занимает около 0,34 нм. в) Какова молекулярная масса этой ДНК?

Вариант 10

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозидатиауридина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: д.ТМФ, д.ТМФ, д.ГМФ.

Задание 3. Если известно, что в молекуле ДНК 28.000 нуклеотидов, а гуанина 7.000, Подсчитайте, каков будет процент тимина? Какова длина и молекулярная масса этой молекулы?

Вариант 11

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида тимидила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: ЦМФ, АМФ, УМФ;

Задание 3. Химический анализ показал, что 33% (110 нуклеотидов) от общего числа нуклеотидов данной и-РНК приходится на аденин, 11% – на гуанин, 40% – на урацил. Каков должен быть нуклеотидный состав соответствующего участка двухцепочечной ДНК, информация с которого «переписана» данной и-РНК? Какова длина этой иРНК и какова ее молекулярная масса? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант 12

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида дезоксицитидила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: ГМФ, ЦМФ, ГМФ.

Задание 3. На фрагменте одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в последовательности: Т-А-А-Ц-Г-А-А-Г-Т-Ц-Т-А-Т. Нарисуйте схему структуры двухцепочечной молекулы ДНК. Какова длина этого фрагмента ДНК, если один нуклеотид занимает около 0,34 нм? Сколько (в %) содержится нуклеотидов в этой цепи ДНК? Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК?

Вариант 13

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида дезоксигуанила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: д.ТМФ, д. АМФ, д.ЦМФ.

Задание 3. На фрагменте одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в последовательности: А-А-Г-Т-Ц-Г-Т-А-Т-Ц-Т-А-... Нарисуйте схему структуры второй цепи данной молекулы ДНК. Какова длина в нм этого фрагмента ДНК, если один нуклеотид занимает около 0,34 нм? Сколько (в %) содержится нуклеотидов в этом фрагменте молекулы ДНК? Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК?

Вариант 14

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида дезоксиаденила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: ГМФ, УМФ, ЦМФ.

Задание 3. Каков будет состав второй цепочки ДНК, если первая содержит 22% (340 нуклеотидов) гуанина, 20% аденина и 30% тимина? Какова длина и молекулярная масса этой молекулы? Нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант 15

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида уридила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: УМФ, ЦМФ, ЦМФ.

Задание 3. В молекуле ДНК насчитывается 25% адениловых нуклеотидов от общего числа нуклеотидов. Определите количество тимидиловых и цитозиловых нуклеотидов. Какова длина этой молекулы, если один нуклеотид занимает около 0,34 нм? Какова молекулярная масса этой молекулы?

Вариант 16

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида цитидила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: ЦМФ, ЦМФ, АМФ.

Задание 3. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 87 тыс., из них 9235 приходится на долю адениловых нуклеотидов. Относительная молекулярная масса одного нуклеотида в среднем 345. Сколько содержится нуклеотидов по отдельности в данной ДНК? Какова длина ее молекулы?

Вариант 17

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеотида дезоксирибоаденозина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих мононуклеотидов: рАМФ, рЦМФ, УМФ.

Задание 3. Химический анализ показал, что 38% (770 нуклеотидов) от общего числа нуклеотидов данной и-РНК приходится на аденин, 6% – на гуанин, 25% – на урацил. Каков должен быть нуклеотидный состав соответствующего участка двухцепочечной ДНК, информация с которого

«переписана» данной и-РНК? Какова длина этой иРНК, и какова ее молекулярная масса? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант 18

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида дезоксирибогуанозина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: рГМФ, рГМФ, рЦМФ.

Задание 3. На фрагменте одной цепи ДНК нуклеотиды расположены в последовательности: А-Т-Ц-А-Г-А-Т-Т-Г-Ц-Т-А-Т. Нарисуйте схему структуры двухцепочечной молекулы ДНК. Какова длина этого фрагмента ДНК? Сколько (в %) содержится нуклеотидов в этой цепи ДНК? Какова молекулярная масса этого фрагмента ДНК? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм, масса одного нуклеотида 345.

Вариант 19

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида дезоксицитидина.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: ГМФ, ЦМФ, УМФ.

Задание 3. Каков будет состав второй цепочки ДНК, если первая содержит 22 % (330 нуклеотидов) гуанина, 26 % аденина и 24 % тимина? Какова длина и молекулярная масса этой молекулы? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм, масса одного нуклеотида 345.

Вариант 20

Задание 1. Напишите уравнения реакций образования нуклеозида метилурацила.

Задание 2. Напишите уравнения реакций образования полинуклеотидов из следующих моонуклеотидов: д.ТМФ, д.ТМФ, д.ЦМФ.

Задание 3. Если известно, что в молекуле ДНК 28 000 нуклеотидов, а гуанина 7 000, Подсчитайте, каков будет процент тимина? Какова длина и молекулярная масса этой молекулы? Один нуклеотид занимает около 0,34 нм.

Вариант № ____

Задание 1.

Задание 2.

Задание 3.

1.3 Тестовые задания «Строение и физико-химические свойства нуклеиновых кислот как биополимеров»

Тест 1

(поставьте любой знак напротив правильного ответа)

1. Нуклеотиды – это:.....

А) АТФ	
Б) ДНК	
В) ФАД	
Г) НАДФ	
Д) РНК	

2. Фрагмент ДНК содержит 30 000 нуклеотидов. Происходит удвоение ДНК, сколько свободных нуклеотидов для этого потребуется?

А) 60000	
Б) 45000	
В) 30000	
Г) 15000	

3. Выберите верное суждение:

А) Цепи нуклеотидов в молекуле ДНК антипараллельны	
Б) Между А- и Т- нуклеотидами 2 водородные связи, между Г- и Ц- 3 нуклеотидами водородные связи	
В) А – и Т- нуклеотиды относятся к пиримидиновым нуклеотидам	
Г) В состав нуклеотидов ДНК входит сахар рибоза	

4. Комплементарными основаниями в макромолекулах нуклеиновых кислот являются

А) Аденин и гуанин; тимин и цитозин	
Б) Аденин и цитозин; тимин и гуанин	
В) Урацил и цитозин; гуанин и тимин	
Г) Цитозин и аденин; гуанин и цитозин	
Д) Тимин и аденин; цитозин и гуанин	

5. В состав нуклеотидов не входит

А) рибоза, дезоксирибоза	
Б) азотистые основания	
В) азотистые основания	
Г) моносахариды	
Д) этиленгликоль	

6. Различие ДНК и РНК в том, что...

А) в составе разные углеводы	
Б) находятся в клеточном ядре	
В) нуклеотиды состоят из трех частей	
Г) состоят из нуклеотидов	
Д) молекулярные массы большие	

7. Не входит в состав РНК азотистое основание

А) Аденин	
Б) Тимин	
В) Цитозин	
Г) Гуанин	
Д) Урацил	

8. В молекуле ДНК насчитывается 31% нуклеотидов с аденином. Сколько нуклеотидов с цитозином в этой молекуле?

А) 45%	Б) 43%	В) 25%	Г) 19%

9. Принцип комплементарности (дополнительности) лежит в основе взаимодействия

А) аминокислот и образования первичной структуры белка	
Б) нуклеотидов и образования двуцепочечной молекулы ДНК	
В) глюкозы и образования молекулы полисахарида клетчатки	
Д) глицерина и жирных кислот и образования молекулы жира	

10. Что представляют собой нуклеиновые кислоты?

А) биополимеры, мономерами которых являются нуклеотиды	
Б) биополимеры, состоящие из жирных кислот и глицерина	
В) полимеры, мономерами которых является глюкоза	
Д) полимеры, мономерами которых являются аминокислоты	

11. Рибосомная РНК

А) принимает участие в транспорте аминокислот в клетке	
Б) передает информацию о строении молекул белков из ядра к рибосоме	
В) участвует в синтезе углеводов	
Г) входит в состав органоида клетки, участвующего в биосинтезе белка	

12. На один виток двойной спирали ДНК, находящейся в β -форме, приходится следующее число пар оснований:

А) 5	Б) 10	В) 15	Г) 20	Д) 100

13. Выберите все, что характерно для РНК (1) и для ДНК (2).

А) молекулярная масса млн дальтон и выше	
Б) одноцепочечная	
В) двуцепочечная	
Г) небольшая молекулярная масса	
Д) содержит урацил	
Е) содержит тимин	
Ж) содержит рибозу	
З) содержит дезоксирибозу	

14. Для ДНК характерно все, кроме

А) количество А и Т одинаково	
Б) количество Г и Ц одинаково	
В) одна полинуклеотидная цепь комплементарна другой	
Г) нуклеотидная последовательность одной цепи идентична нуклеотидной последовательности другой	
Д) полинуклеотидные цепи антипараллельны	

15. Подберите к каждой группе (А, Б, В) соответствующие им соединения (1, 2, 3...):

А) Нуклеозид	Б) Азотистое основание	В) Нуклеотид

1. аденин 2. цитидин 5'-монофосфат 3. гуанозин 4. цитозин
5. аденозин 6. уридин 7. тимидин 5'-монофосфат.

16. В каком случае верно указан состав нуклеотида ДНК?

А) рибоза, остаток фосфорной кислоты, тимин	
Б) фосфорная кислота, урацил, дезоксирибоза	
В) остаток фосфорной кислоты, дезоксирибоза, аденин	
Г) рибоза, гуанин, остаток фосфорной кислоты	

17. Молекула РНК содержит азотистые основания

А) аденин, гуанин, урацил, цитозин	
Б) цитозин, гуанин, аденин, тимин	
В) тимин, урацил, аденин, гуанин	
Г) аденин, урацил, тимин, цитозин	

18. К пуриновым азотистым основаниям, входящим в состав ДНК, относятся

А) аденин и тимин	
Б) урацил и цитозин	
В) аденин и гуанин	
Г) цитозин и тимин	

19. Полинуклеотидная цепь при синтезе молекул ДНК и РНК образуется за счет связей между

А) остатками сахаров нуклеотидов	
Б) остатками фосфорных кислот и сахаров нуклеотидов	
В) азотистыми основаниями и остатками сахаров нуклеотидов	
Г) азотистыми основаниями и остатками фосфорных кислот нуклеотидов	

20. В составе РНК моносахарид:

А) Рибоза	Б) Ксилоза	В) Рибулоза	Г) Дезоксирибоза	Д) Арабиноза

21. Какая неорганическая кислота обнаруживается в гидролизате ДНК?

А) Угольная	Б) Серная	В) Фосфорная	Г) Азотная	Д) Уксусная

22. Первичная структура нуклеиновых кислот определяется ...

А) расположением нуклеозидов в полинуклеотидной цепи	
Б) последовательным расположением остатков молекул α -аминокислот в цепи биополимера	
В) последовательным расположением остатков молекул нуклеотидов в полинуклеотидной цепи	
Г) чередованием пуриновых и пиримидиновых оснований в полинуклеотидной цепи	
Д) чередованием дезоксирибозы и рибозы в цепи биополимеров	

23. Какая химическая связь участвует в образовании вторичной структуры нуклеиновых кислот?

А) водородная	Б) пептидная	В) сложноэфирная	Г) ионная	Д) гидрофобная

24. Какие нуклеиновые кислоты отличаются сравнительно невысокими значениями молекулярных масс?

А) рРНК	Б) иРНК	В) тРНК	Г) ДНК	Д) ДНК и рРНК

25. Дезоксорибонуклеопротеиды локализируются в:

А) цитоплазме	
Б) рибосомах	
В) межмембранном пространстве	
Г) клеточном ядре	
Д) эндоплазматическом ретикулууме	

Тест 2

1. Какие азотистые основания входят в состав молекулы ДНК?

А) Аденин	Б) Гуанин	В) Тимин	Г) Цитозин	Д) Урацил

2. Как нуклеотиды ДНК соединены в одну цепь?

А) Через остаток фосфорной кислоты одного нуклеотида и 3-атом дезоксирибозы другого	
Б) Через остаток фосфорной кислоты одного нуклеотида и азотистое основание другого	
В) Через остатки фосфорной кислоты соседних нуклеотидов	
Г) Через дезоксирибозы соседних нуклеотидов	

3. Определите состав нуклеотида характерный для РНК?

А) А – рибоза – фосфат	
Б) Г – дезоксирибоза – фосфат	
В) Т – рибоза – фосфат	
Г) У – рибоза – фосфат	

4. Фрагмент ДНК содержит 30 000 А-нуклеотидов и 40 000 Ц-нуклеотидов. Сколько Т- и Г- нуклеотидов в данном фрагменте?

А) Т- 40 000, Г- 30 000	
Б) Т- 30 000, Г- 40 000	
В) Т- 60 000, Г- 80 000	
Г) Данных для ответа недостаточно	

5. Нуклеиновая кислота – вещество, отвечающее за:

А) Уровень гемоглобина в крови	
Б) Свертываемость крови	
В) Обмен веществ в организме	
Г) Защитную функцию организма	
Д) Наследственные признаки организма	

6. Двухцепочное строение в молекуле ДНК обеспечивает

А) Обращение наружу спирали азотистых оснований	
Б) Гликозидные связи	
В) Пептидные связи	
Г) Обращение внутрь спирали азотистых оснований, комплементарных друг другу	
Д) Дисульфидные мостики	

7. Фрагменты одной цепи ДНК имеют следующую последовательность ГЦААТГГГ. Определите соответствующий фрагмент второй ее цепи

А) ГЦААТГГГ	Б) АТГГЦААА	В) ЦГТТАЦЦЦ	Г) ЦГУУАЦЦ

8. Молекулы ДНК в отличие от молекул белка обладают способностью:

А) образовывать спираль	
Б) образовывать третичную структуру	
В) самоудваиваться	
Г) образовывать четвертичную структуру	

9. Генетический код не является видоспецифичным, так как

А) одна и та же аминокислота в клетках разных организмов кодируется одним и тем же триплетом	
Б) каждую аминокислоту кодирует один триплет	
В) несколько триплетов кодирует одну и ту же аминокислоту	
Г) каждая аминокислота кодируется одним геном	

10. Молекулы ДНК в отличие от молекул белка выполняют функцию

А) хранения генетической информации	
Б) запаса питательных веществ	
В) ускорения химических реакций	
Г) транспорта веществ в клетке	

11. Отдельные нуклеотиды в молекуле нуклеиновых кислот связаны:

А) О-гликозидной связью	
Б) 3,5 –фосфодиэфирной связью	
В) N – гликозидной связью	
Г) α-1,4 –гликозидной связью	

12. Минорными нуклеозидами являются:

А) Риботимидин	Б) Аденозин	В) Цитидин	Г) Инозин	Д) Гуанозин

13. Структурная единица нуклеиновой кислоты является:

А) моноклеотид	
Б) аминокислота	
В) нуклеозид	
Г) пуриновое или пиримидиновое основание	
Д) углевод	

14. Укажите для процесса репликации матрицу:

А) тРНК	Б) Белок	В) ДНК	Г) мРНК	Д) рРНК

15. Мономерами РНК являются:

А) азотистые основания	
Б) рибоза и дезоксирибоза	
В) азотистые основания и фосфатные группы	
Г) нуклеотиды	
Д) нуклеозиды	

16. Молекула ДНК содержит азотистые основания:

А) аденин, гуанин, урацил, цитозин	
Б) цитозин, гуанин, аденин, тимин	
В) тимин, урацил, тимин, цитозин	
Г) аденин, урацил, тимин, цитозин	

17. Состав мономеров молекул ДНК и РНК отличается друг от друга содержанием:

А) сахара	
Б) азотистых оснований	
В) сахара и азотистых оснований	
Г) сахара, азотистых оснований и остатков фосфорных кислот	

18. К пиримидиновым азотистым основаниям, входящим в состав ДНК, относятся:

А) аденин и тимин	
Б) урацил и цитозин	
В) аденин и гуанин	
Г) аденин и гуанин	

19. Соединение двух полинуклеотидных цепей в спираль ДНК осуществляют связи:

А) ионные	
-----------	--

Б) водородные	
В) гидрофобные	
Г) электростатические	

20. В составе ДНК моносахарид:

А) рибоза	
Б) ксилоза	
В) рибулоза	
Г) дезоксирибоза	
Д) арабиноза	

21. ТМФ – это...

А) биополимер ДНК	
Б) нуклеозид РНК	
В) нуклеотид ДНК	
Г) кофермент	
Д) апофермент	

22. Химическая связь в гексануклеотиде ДНК:

А) пептидная	
Б) водородная	
В) сложноэфирная	
Г) ионная	
Д) простая эфирная	

23. Типы связей в нуклеиновых кислотах:

А) N-гликозидная, дифосфоэфирная	
Б) пептидная, ионная	
В) сложноэфирная	
Г) простая эфирная	
Д) дисульфидная	

24. Нуклеопротеины РНК являются составной частью:

А) хромосом	
Б) Рибосом	
В) Мембран	
Г) Митохондрий	
Д) цитоплазмы	

25. Нуклеопротеины ДНК являются составной частью:

А) мембран	
Б) митохондрий	
В) хромосом	
Г) цитоплазмы	
Д) рибосом	

Раздел 2. Полисахариды как биополимеры

2.1 Методические указания к лабораторным работам по химии полисахаридов

<i>Лабораторно-практическое занятие 7</i> <i>«Углеводсодержащие биополимеры»</i>		
Выполнил	ст. группы _____	_____
Проверил		ФИО студента, подпись
Дата отчета	«__» _____ 202_г.	_____
		подпись
Выполнение л/р	Отчет л/р	Итог

Цель работы

Рассмотреть углеводсодержащие биополимеры, изучить их строение, качественные реакции, свойства полисахаридов и других углеводсодержащих биополимеров.

Теоретическая часть

Полисахариды

Большинство углеводов встречается в природе в виде полисахаридов. Полисахариды (полиозы) – это высокомолекулярные соединения, состоящие из большого числа моносахаридных остатков, соединенных гликозидными связями. Общая формула полисахаридов $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Макромолекулы полисахаридов отличаются друг от друга природой повторяющихся моносахаридных звеньев, длиной цепи и степенью разветвления. Относительная молекулярная масса полисахаридов варьирует в широких пределах: от нескольких тысяч до нескольких миллионов, так как любой образец полисахарида негетогенен по составу, а состоит из полимергомологов разной длины и молекулярной массы. Многие полисахариды образуют высокоупорядоченные надмолекулярные структуры, препятствующие гидратации отдельных молекул, поэтому такие полисахариды (хитин, целлюлоза) не только не растворяются, но и не набухают в воде.

Классификация полисахаридов

Полисахариды можно классифицировать по разным признакам.

Полисахаридные цепи могут быть:

- разветвлёнными (амилопектин, гликоген);
- неразветвлёнными, линейными (целлюлоза).

Также, различают

- гомополисахаридами – полисахариды, состоящие из остатков одного моносахарида,
- гетерополисахариды – полисахариды, состоящие из остатков разных моносахаридов.

Наиболее изучены гомополисахариды.

Их можно разделить по их происхождению:

- гомополисахариды растительного происхождения (крахмал, целлюлоза, пектиновые вещества и т.д.);
- гомополисахариды животного происхождения (гликоген, хитин и т.д.);
- гомополисахариды бактериального происхождения (гекстраны).

Гетерополисахариды, к числу которых относятся многие животные и бактериальные полисахариды, изучены меньше, однако они играют важную биологическую роль. Гетерополисахариды в организме связаны с белками и образуют сложные надмолекулярные комплексы.

Для полисахаридов используется общее название гликаны.

Гликаны могут быть:

- гексозанами (состоят из гексоз),
- пентозанами, (состоят из пентоз).

В зависимости от природы моносахарида различают:

- глюкоканы (в основе – моносахарид глюкоза),
- маннаны (в основе – моносахарид манноза),
- галактаны (в основе – моносахарид галактоза) и т.п.

Гомополисахариды

К гомополисахаридам относятся полисахариды растительного (крахмал, целлюлоза, пектиновые вещества), животного (гликоген, хитин) и бактериального (декстрины) происхождения, состоящие из остатков моносахарида одного типа. Для большинства из них этим моносахаридом является D-глюкоза. С учетом биологической роли гомополисахариды делятся на **структурные** и **резервные**. К резервным (запасным питательным веществам) относятся крахмал, инулин, гликоген; к структурным – целлюлоза и хитин. Инулин содержится в клубнях ряда растений. Он легко растворяется в воде, образуя коллоидные растворы. При кислотном или ферментативном гидролизе инулин полностью превращается во фруктозу.

Резервные полисахариды

Крахмал – это смесь двух полисахаридов (амилозы и амилопектина), в состав которых входят остатки α -D-глюкопиранозы. Образуется в растениях в процессе фотосинтеза и содержится в клубнях, корнях, семечках. Цепь **амилозы** линейна и включает 200-1000 глюкозных остатков. Относительная молекулярная масса составляет ~ 160000.

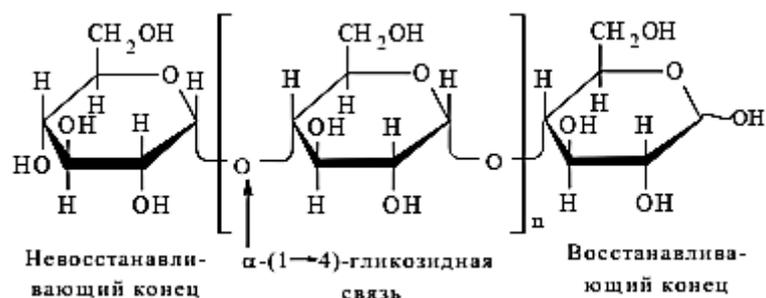


Рисунок 13 – Структурная формула амилозы

В водном растворе макромолекулярная цепь амилозы свернута в спираль, поэтому в воде амилоза не дает истинного раствора, а образует гидратированные мицеллы, которые при добавлении йода окрашиваются в синий цвет.

Амилопектин имеет разветвленное (звездообразное) строение. В отличие от амилозы амилопектин при набухании в водных растворах образует клейстер. В основной цепи амилопектина остатки α -D-глюкопиранозы связаны α -(1,4)-гликозидными связями, а в местах разветвления – α -(1,6)-гликозидными связями:

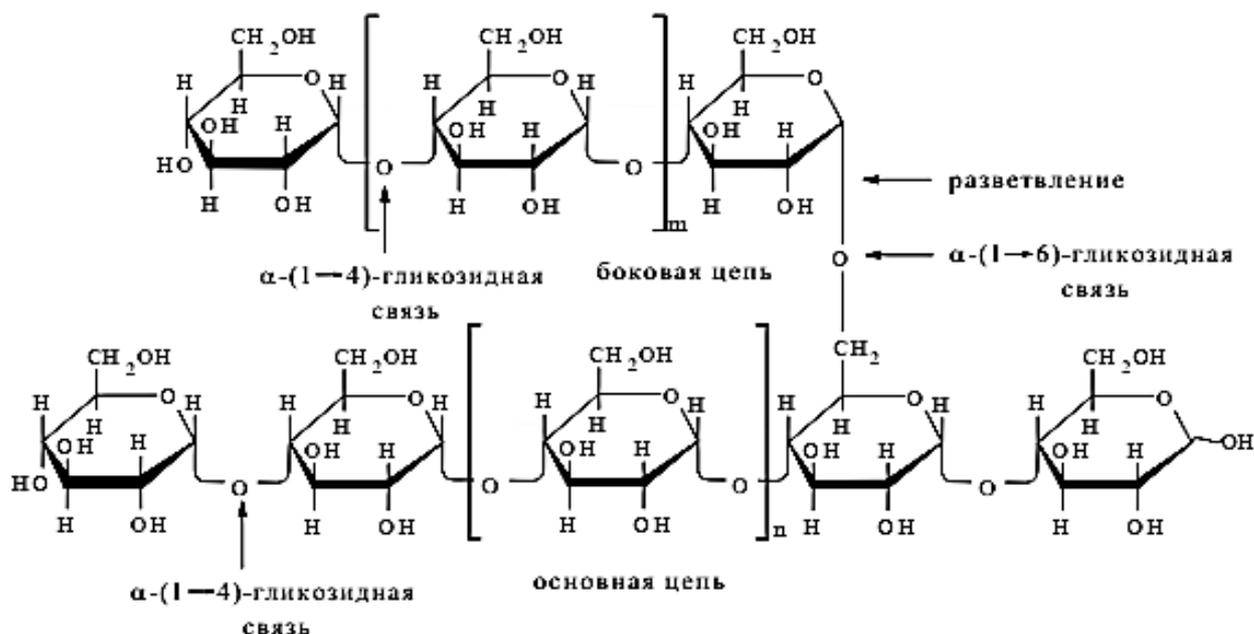
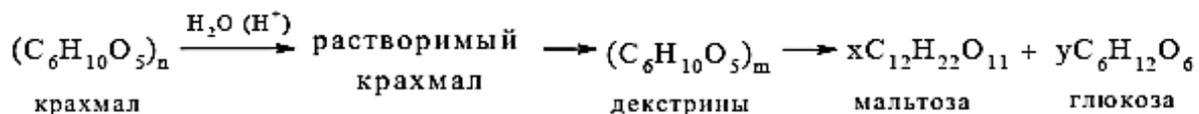


Рисунок 14 – Структурная формула амилопектина

Относительная молекулярная масса амилопектина в сотни больше чем у амилозы и составляет 1-6 млн. В воде амилопектин также образует коллоидные растворы, однако при добавлении йода раствор окрашивается не в синий, а в красно-фиолетовый цвет. Гидролиз крахмала при нагревании в присутствии минеральных кислот приводит к образованию различных продуктов:



где $m < n$.

Растворимый крахмал – это частично гидролизованный полисахарид. Его молекулярная масса несколько меньше, чем обычного крахмала. Растворимый крахмал растворяется в горячей воде, с йодом дает синее окрашивание.

Декстрины – это полисахариды с промежуточной длиной цепи. Они являются продуктами неполного гидролиза крахмала. Они хорошо растворяются в холодной воде и с йодом окрашиваются от фиолетового до желтого цвета. Промышленный способ получения декстринов – нагревание крахмала до 180-200 °С. Например, процесс хлебопечения состоит в превращении нерастворимого крахмала растворимые и гораздо легче усваиваемые организмом декстрины. Блестящая поверхность накрахмаленного белья после глажения горячим утюгом также объясняется образованием декстринов.

Крахмал – ценный пищевой продукт. Применяется он и в химической промышленности. Например, кислотный гидролиз крахмала (при кипячении) служит промышленным методом получения глюкозы. Крахмал является сырьем для производства этилового и *n*-бутилового спиртов, ацетона, молочной и лимонной кислот, глицерина и других продуктов. Он используется для приклеивания бумаги и картона, производства декстринов и клеев. В пищеварительном тракте гидролиз основных компонентов крахмала протекает под действием ферментов. Гидролиз амилозы протекает под действием фермента **α -амилазы**, который присутствует в слюне и соке поджелудочной железы. Этот фермент гидролизует α -(1,4)-гликозидные связи с образованием в конечном итоге смеси глюкозы и мальтозы. α -(1,6)-гликозидные связи, находящиеся в точках ветвления, гидролизуются при помощи фермента **α -(1,6)-глюкозидазы**. Конечными продуктами гидролиза также являются глюкоза и мальтоза.

Инулин содержится в клубнях ряда растений. Он легко растворяется в воде, образуя коллоидные растворы. При кислотном или ферментативном гидролизе инулин почти полностью превращается во фруктозу, и небольшая часть (около 5 %) – в β -глюкофуранозу. Инулин, построенный из остатков D-фруктозы, – редкий случай, когда полисахарид построен из остатков кетоз.

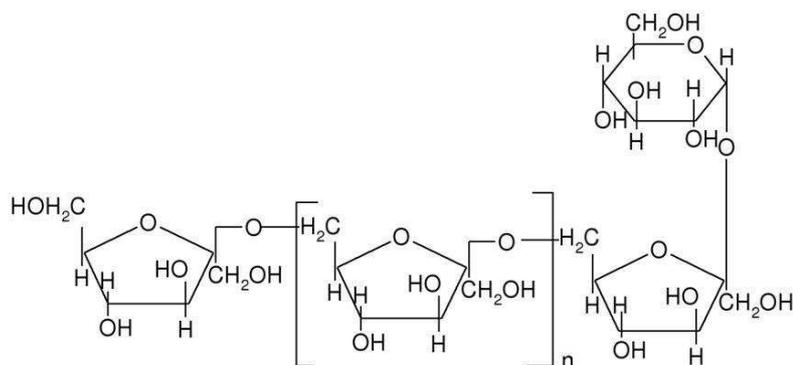


Рисунок 15 – Структурная формула инулина

Гликоген. В животных организмах функциональным аналогом растительного крахмала является **гликоген**. Особенно много его содержится в печени и в мышцах. Относительная молекулярная масса углевода составляет ~ 100 млн. По структуре гликоген близок к амилопектину и отличается от него большей степенью разветвленности. В пищеварительном тракте гликоген легко гидролизуется амилазами, что позволяет проводить быструю регенерацию глюкозы в организме человека в случае стрессовых ситуаций, при физических и умственных нагрузках. В клетках гидролиз гликогена осуществляется фосфоролитическим путем при помощи фермента **фосфоорилазы**, которая последовательно отщепляет молекулы глюкозы в виде 1-фосфата.

В целом, функцию резервных полисахаридов можно представить следующим образом: если в клетке имеется избыток глюкозы, то под действием соответствующих ферментов ее молекулы присоединяются к молекулам крахмала или гликогена; если же возникает метаболическая потребность в глюкозе, то происходит ее ферментативное отщепление от полисахаридов.

Декстраны. В микроорганизмах (дрожжах, бактериях) роль резервных полисахаридов выполняют **декстраны**. Они также представляют собой полисахариды с разветвленной цепью и состоят из остатков D-глюкозы, но отличаются от крахмала и гликогена тем, что структурные единицы их остова связаны главным образом α -(1,6)-гликозидными связями. Декстраны, синтезируемые бактериями, обитающими на поверхности зубов, являются компонентами зубного налета.

Структурные полисахариды

Целлюлоза, или **клетчатка** (от лат. *cellula* – клетка), – главная составная часть оболочек растительных клеток, выполняющая функции конструкционного материала. Древесина состоит из целлюлозы примерно на 50 %, а волокна хлопчатника (очищенная вата) представляет собой почти чистую целлюлозу (до 96 %). Целлюлоза представляет собой полисахарид, который состоит из остатков β -D-глюкопиранозы, связанных между собой β -(1,4)-гликозидными связями.

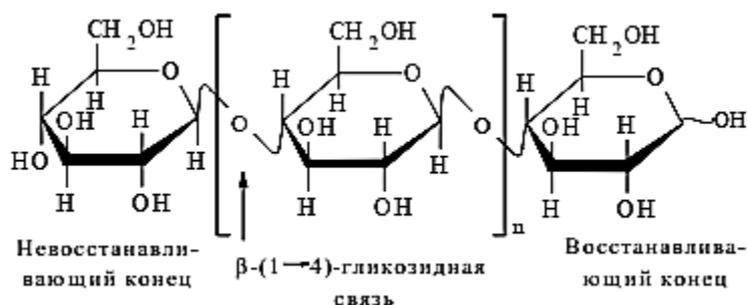
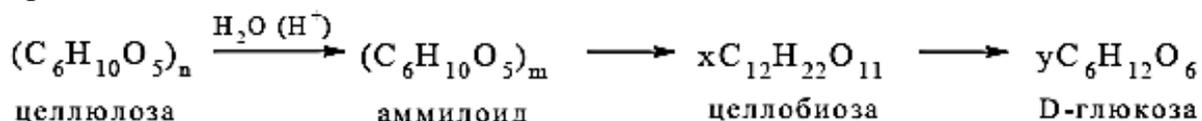


Рисунок 16 – Структурная формула целлюлозы

Относительная молекулярная масса целлюлозы составляет от 400 тысяч до 1-2 млн. Макромолекулы целлюлозы имеют линейное строение и образуют плотную кристаллическую структуру. Этим объясняется высокая устойчивость целлюлозы к механическим и химическим воздействиям, а также крайне низкая растворимость в воде, спирте, эфире, ацетоне и других растворителях.

В организме человека и большинства млекопитающих целлюлоза не расщепляется ферментами желудочно-кишечного тракта, но имеет большое значение: выступает в роли балласта и помогает пищеварению, механически очищая слизистые оболочки желудка и кишечника. Так, клетчатка способствует выведению из организма избытка холестерина. Объясняется это тем, что клетчатка растительной пищи адсорбирует стерины и препятствует их всасыванию. Кроме того, клетчатка играет важную роль в нормализации полезной кишечной микрофлоры. При длительном нагревании целлюлозы с минеральными кислотами, можно получить промежуточные продукты гидролиза, вплоть до D-глюкозы:



где $m < n$.

Хитин. Полисахарид **хитин** служит главным структурным элементом твердого наружного скелета насекомых и ракообразных. Он представляет собой гомополимер N-ацетил-D-глюкозамина, остатки которого связаны между собой β -(1,4)-гликозидными связями, и по структуре близок к целлюлозе.

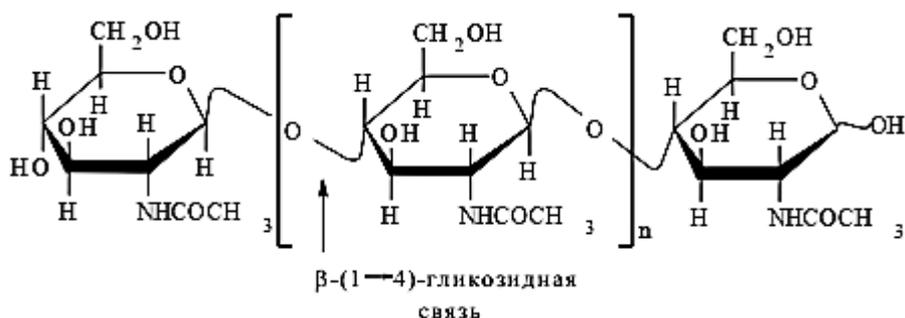


Рисунок 17 – Структурная формула хитина

Как и целлюлоза, хитин нерастворим в воде, и его цепи имеют кристаллическую упаковку.

Пектиновые вещества. К числу структурных гомополисахаридов относятся также **пектиновые вещества**, состоящие из остатков уроновых кислот (например, галактуроновой). Пектиновые вещества содержатся в растительных соках, плодах (яблоки, груши, лимон) и овощах (свекла, морковь). Современными исследованиями установлена возможность их использования с терапевтической целью при заболеваниях желудочно-кишечного тракта. Так, препарат «Плантаглюцид», получаемый из подорожника, используется при язвенной болезни.

Гетерополисахариды

Гетерополисахариды представляют собой полимеры, построенные из моносахаридов различных типов и их производных. Чаще всего гетерополисахариды состоят из двух различных мономеров, расположенных повторяющимся образом.

Важнейшими представителями гетерополисахаридов в органах и тканях животных и человека являются **гликозаминогликаны (мукополисахариды)**. Они состоят из неразветвленных цепей, содержащих аminosахара и уроновые кислоты, и выполняют важные биологические функции. В частности, они являются основой углеводных компонентов соединительных тканей (хрящей, сухожилий и др.), входят в состав костей и обеспечивают прочность и упругость органов.

Гиалуроновая кислота. Важную биологическую роль играет **гиалуроновая кислота**: с ней связаны процессы оплодотворения, защита от проникновения микроорганизмов, она находится в стекловидном теле глаза, в полости суставов и т.д. Повторяющейся единицей гиалуроновой кислоты служит дисахарид, состоящий из остатков D-глюкуроновой кислоты и N-ацетил-D-глюкозамина, связанных β -(1,3)-гликозидной связью. В свою очередь, дисахаридные остатки соединены β -(1,4)-гликозидной связью.

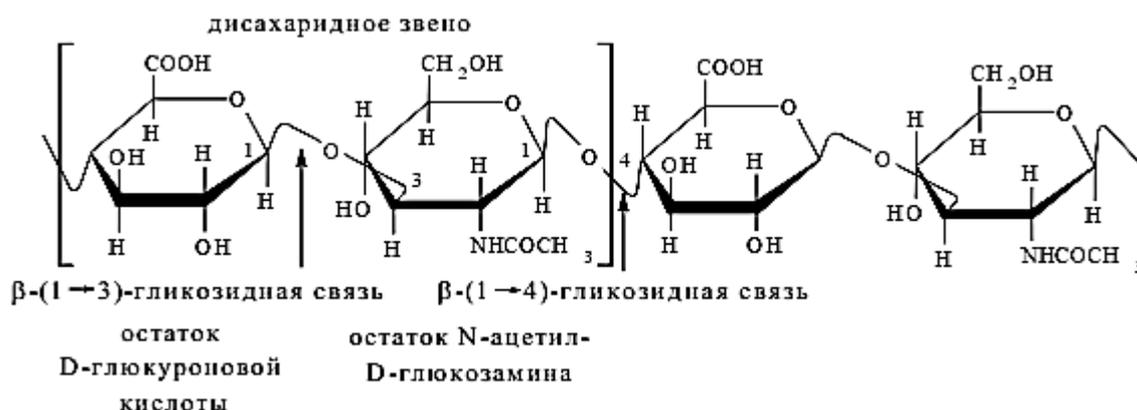


Рисунок18 – Структурная формула гиалуроновой кислоты

Гиалуроновая кислота имеет высокую молекулярную массу – $2 \cdot 7 \cdot 10^6$, ее растворы обладают высокой вязкостью.

Хондроитин. Другой мукополисахарид, обнаруженный в составе клеточных оболочек и основного внеклеточного вещества – это **хондроитин**. По своей структуре хондроитин почти идентичен гиалуроновой кислоте: единственное различие состоит в том, что вместо остатков N-ацетил-D-глюкозамина он содержит остатки N-ацетил-D-галактозамина. Такой дисахарид называется **N-ацетилхондрозин**.

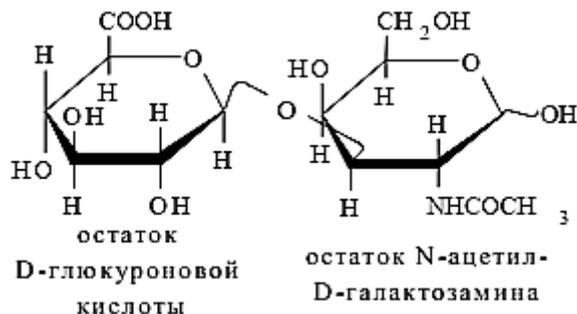


Рисунок 19 – Структурная формула N-ацетилхондрозина

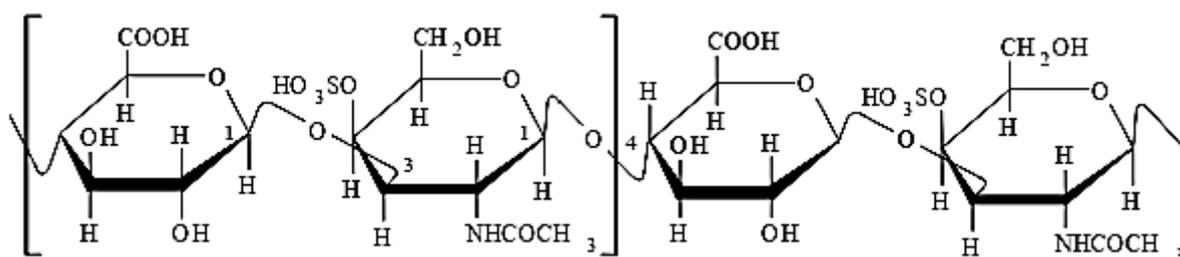


Рисунок 20 – Структурная формула хондроитин-4-сульфата

Гепарин. В животных организмах также широко распространен **гепарин**, который был выделен из печени, тканей сердца и легких, а также из мышц. Он является природным антикоагулянтом крови и поэтому играет важную биологическую роль. Гепарин имеет более сложное строение: чередующимися звеньями являются дисахариды, в состав которых входят остатки D-глюкозамина, связанные α -(1,4)-гликозидной связью с остатками либо D-глюкуроновой, либо L-идуроновой кислоты. В свою очередь, дисахариды связаны между собой β -(1,4)-связью, если дисахарид оканчивается D-глюкуроновой кислотой и α -(1,4)-связью – если D-идуроновой кислотой. Большинство аминогрупп гепарина сульфатированы, некоторые – ацетилированы. Кроме того, у ряда остатков L-идуроновых кислот сульфатные группы содержатся при C-2, а у глюкозаминных – при C-6.

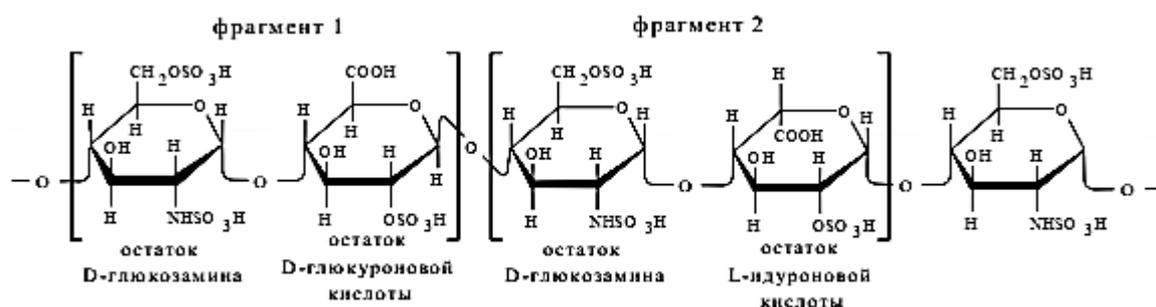


Рисунок 21 – Структурная формула гепарина

Структурным элементом стенок кровеносных сосудов является **гепаритинсульфат**, который содержит аналогичные дисахаридные единицы, но имеет в своем составе больше N-ацетильных групп и меньше сульфатных групп.

Химические свойства полисахаридов

Химические свойства полисахаридов в основном связаны с наличием OH-групп и гликозидных связей. Доля свободных альдегидных групп в макромолекуле сравнительно невелика, поэтому полисахариды восстанавливающих свойств практически не проявляют. Из химических свойств полисахаридов наибольшее значение имеют реакции гидролиза и образование производных за счёт реакций макромолекул по гидроксильным группам.

Полисахариды устойчивы к гидролизу в щелочной среде, но при действии концентрированных растворов щелочей могут образовывать алкоголяты. Так, например, получают **щелочную целлюлозу** (рис. 22).

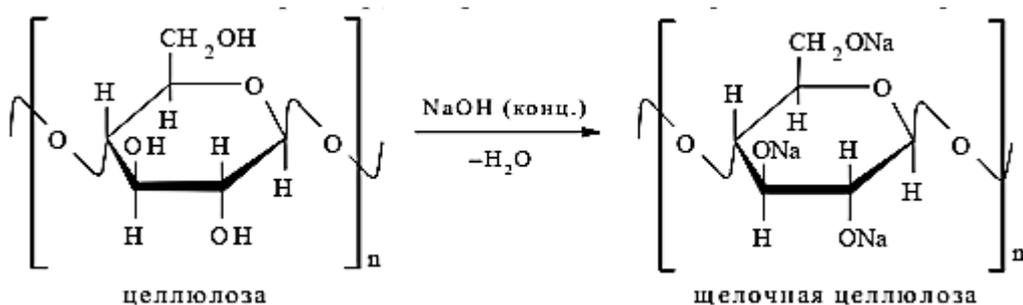
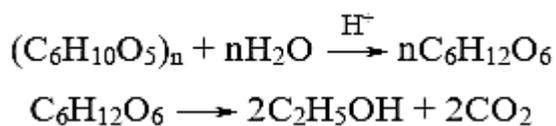


Рисунок 22 – Реакция получения щелочной целлюлозы

В кислой среде при неполном гидролизе образуются олигосахариды, в том числе и дисахариды. Полный гидролиз полисахаридов ведет к образованию моносахаридов. Способность полисахаридов к гидролизу увеличивается в ряду: целлюлоза < крахмал < гликоген.

Из целлюлозы (отходов деревообрабатывающей промышленности) в результате кислотного гидролиза и последующего сбраживания образующейся глюкозы получают этанол (называемый «гидролизным спиртом»):



Среди производных полисахаридов наибольшее практическое значение имеют простые и сложные эфиры. Такая химическая модификация полимеров не сопровождается существенным изменением степени полимеризации макромолекул.

Сложные эфиры целлюлозы образуются при действии на целлюлозу минеральных или органических кислот и их ангидридов. Так, при взаимодействии целлюлозы со смесью азотной и серной кислот можно получить нитраты целлюлозы (рис.23).

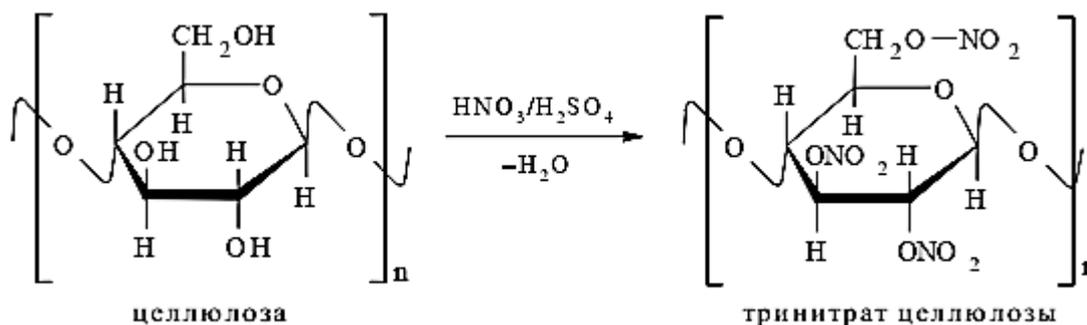


Рисунок 23 – Реакция получения нитрата целлюлозы

В зависимости от числа гидроксильных групп в глюкозном звене, вступивших в реакцию этерификации, образуются различные эфиры: моно-, ди- и тринитрат целлюлозы. Смесь моно- и динитрата целлюлозы называют **колоксилином**, а тринитрат целлюлозы – **пироксилином**. На основе нитратов целлюлозы (нитроцеллюлозы) получают различные взрывчатые вещества, например, порох. Нитраты целлюлозы также служат основой для получения нитролаков и эмалей. При взаимодействии целлюлозы с уксусной кислотой (в присутствии серной кислоты) или уксусным ангидридом образуется ацетат целлюлозы. Наибольшее промышленное значение получил полный эфир – триацетат целлюлозы – называемый **искусственным шелком** (рис. 24).

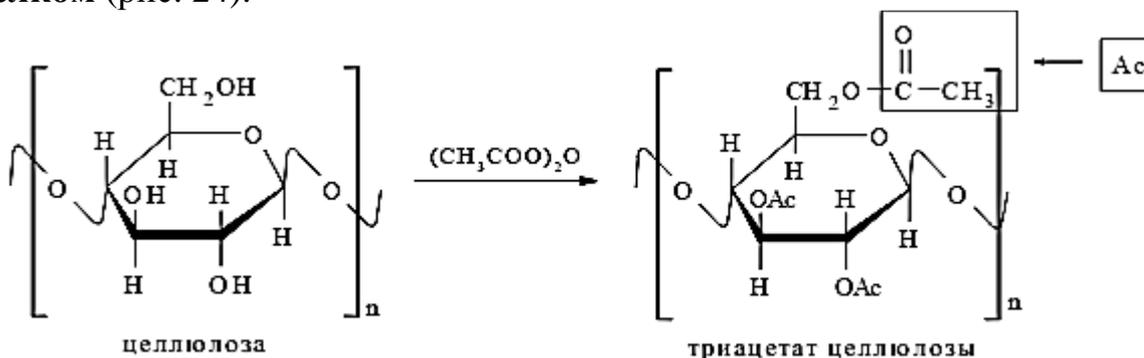


Рисунок 24 – Реакция получения ацетата целлюлозы

Ацетаты целлюлозы применяют также для получения пластмасс, фото- и киноплёнки, специальных лаков. Из простых эфиров целлюлозы особое значение получили метил-, этил- и бутилцеллюлоза. Они образуются при действии галогеналканов на щелочную целлюлозу (рис.25).

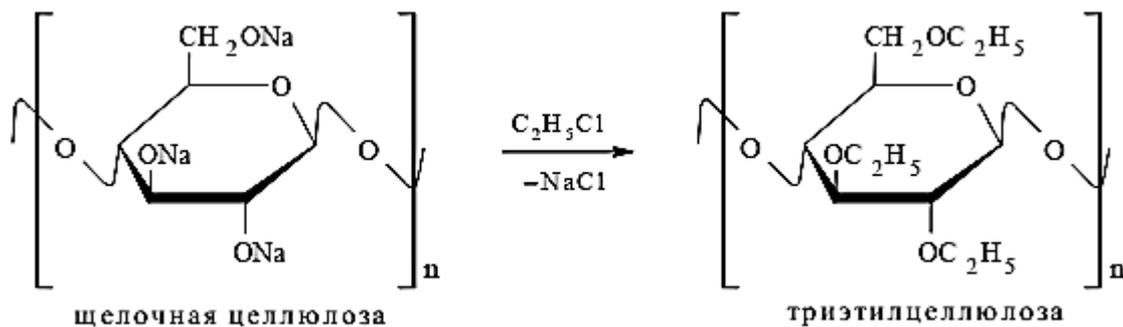


Рисунок 25 – Реакция алкилирования (этилирования) целлюлозы

Алкилированная целлюлоза приобретает некоторую растворимость в воде, в связи с чем ее используют в качестве лаков, клеев и пропиточных материалов.

Для приготовления покрытий и загустителей применяют ацилированный крахмал. Алкильные производные крахмала используют в качестве пластификаторов и клеев.

Ход работы:

1. Изучить теоретическую часть. Вспомнить, что изучали про углеводы на органической химии.
2. Выполнить эксперименты и записать наблюдения и выводы.
3. Ответить на вопросы (письменно).
4. Сделать общие выводы по работе.

Работа 1. Физико-химические свойства растительных биополимеров

Оборудование и реактивы:

- стаканы вместимостью 50 мл и 100 мл
- пипетки, вместимостью 5 мл
- стеклянные палочки
- дистиллированная вода
- образцы исследуемых объектов: целлюлоза, крахмал, лигнин, фильтровальная бумага

Ход работы:

1. Описать внешний вид целлюлозы, крахмала, лигнина
2. Проверить растворимость выданных образцов в воде

№	Исследуемое вещество	Внешний вид	Растворимость в воде
1	Целлюлоза		
2	Крахмал		
3	Лигнин		

Работа 2. Качественные реакции на некоторые растительные биополимеры

Оборудование и реактивы:

- мерные цилиндры на 10 и 50 мл;
- пробирки емкостью 10 мл;
- конические колбы емкостью 100 мл;
- пипетки, вместимостью 1 мл;
- стеклянные палочки;
- сернокислый анилин (сульфат фениламмония), 1 %-ный раствор;
- серная кислота разбавленная;

- дистиллированная вода;
- образцы исследуемых объектов: целлюлоза (фильтровальная бумага, вата, газетная бумага, сосновая лучинка), крахмал;
- раствор йода;
- реактив Швейцера: аммиачный раствор гидроксида тетрааммиаката меди(II).

Опыт 1. Получение крахмального клейстера

Ход работы:

1. В пробирку с 1 мл воды помещают стеклянную лопаточку крахмала, содержимое взбалтывают.
2. Далее порциями при перемешивании выливают взвесь крахмала в стакан с 5 мл горячей воды. Образуется коллоидный раствор – крахмальный клейстер.

Наблюдения и выводы:

Опыт 2. Обнаружение крахмала с помощью йода

Ход работы:

1. В пробирке смешайте 5 капель крахмального клейстера с 1-2 каплями раствора йода.
2. Раствор слегка нагрейте, а потом вновь охладите.

Наблюдения и выводы:

Опыт 3. Открытие лигнина

Ход работы:

1. В три пробирки налить 1 % раствор сернокислого анилина (сульфата фениламмония).
2. В первую пробирку поместить сосновую лучинку, во-вторую – полоску газетной бумаги, в третью – полоску фильтровальной бумаги.

Наблюдения и выводы:

Опыт 4. Растворение целлюлозы в реактиве Швейцера

Ход работы:

1. В пробирку налить 4-5 см³ реактива Швейцера.
2. Поместить кусочек ваты в пробирку.
3. Содержимое пробирки перемешать при помощи стеклянной палочки до полного растворения ваты.
4. В небольшой стакан налить разбавленную серную кислоту и полученный раствор вылить в кислоту.

Наблюдения и выводы:

Работа 3. Исследование химических свойств полисахаридов

Оборудование и реактивы:

- мерные стаканы на 50 мл;
- пробирки емкостью 10 мл;
- пипетки, вместимостью 1 мл;
- стеклянные палочки;
- сернокислый анилин (сульфата фениламмония), 1%-ный раствор;
- 10 %-ный раствор серной кислоты;
- концентрированная серная кислота;
- концентрированная азотная кислота;
- ледяная уксусная кислота;
- раствор сульфата меди;
- 10 %-ный раствор гидроксила натрия;
- реактив (жидкость) Фелинга (медно-тарtratный реактив);
- 1 %-ный раствор аммиака;
- ацетон;
- этилацетат;
- любой эфир;
- этиловый спирт;
- водяная баня;
- дистиллированная вода;

- образцы исследуемых объектов: целлюлоза (фильтровальная бумага, вата, газетная бумага, сосновая лучинка), крахмальный клейстер;
- раствор йода;
- реактив Швейцера: аммиачный раствор гидроксида тетрааммиаката меди(II).

Опыт 1. Кислотный гидролиз крахмала

Ход работы:

1. Поместите в пробирку 10 капель крахмального клейстера и добавьте 2 капли 10 %-го раствора серной кислоты.
2. Поставьте пробирку в кипящую водяную баню. Через 30 минут пробирку выньте.

Наблюдения:

3. К полученному раствору добавьте 1 каплю раствора сульфата меди и по каплям добавляйте 10 %-й раствор гидроксида натрия.

Наблюдения:

4. Нагрейте пробирку на водяной бане.

Наблюдения:

Выводы:

Опыт 2. Ферментативный гидролиз крахмала

Ход работы:

1. В пробирку берут 2 мл крахмального клейстера.
2. Прибавляют 2 мл слюны и оставляют на 10-15 минут стоять в теплом месте (например, в стакане с водой, или термошкафу при температуре 35-40 °С).
3. После этого прибавляют жидкость Фелинга и нагревают.

Наблюдения и выводы:

Опыт 3. Кислотный гидролиз целлюлозы

Ход работы:

При выполнении этого задания необходимо соблюдать особую осторожность!

1. Поместите в пробирку мелкоизмельченный кусочек фильтровальной бумаги (или ваты) и добавьте 1–3 капли (ОСТОРОЖНО!) концентрированной серной кислоты так, чтобы кислота смочила бумагу.

2. Смесь осторожно нагрейте (обычно достаточно тепла руки) до почти полного растворения целлюлозы.

3. К полученному раствору добавьте 10 капель воды, хорошо перемешайте и поместите пробирку в кипящую водяную баню на 30 минут.

4. По окончании реакции к небольшой порции раствора прибавьте 1 каплю раствора сульфата меди и по каплям добавляйте 10 %-й раствор гидроксида натрия.

Наблюдения:

5. Нагрейте пробирку на водяной бане.

Наблюдения:

Выводы:

Опыт 4. Получение растительного пергамента

Ход работы:

1. В фарфоровую чашку, одну для всей группы, налейте раствор крепкой серной кислоты (20 мл конц. серной кислоты и 15 мл воды).

2. В другую чашку налейте 1 % раствор аммиака.

3. Погрузите, полоску фильтровальной бумаги в раствор кислоты на 10 сек, быстро дайте стечь избытку кислоты, затем промойте бумагу холодной водой и раствором аммиака для нейтрализации оставшейся кислоты.

4. Осторожно высушите бумагу. Сравните прочность и плотность бумаги, обработанной и не обработанной кислотой.

Наблюдения и выводы:

Опыт 5. Получение ацетилцеллюлозы

Ход работы:

1. В нагретую на водяной бане пробирку с двумя мл ледяной уксусной кислоты внесите клочок ваты (0,5г) и перемешайте палочкой до получения однородной массы.

2. Для окончательного растворения ваты в пробирку, снятую с бани, прилейте по каплям, непрерывно встряхивая её, 2 мл уксусного ангидрида (ОСТОРОЖНО!).

3. Однородную массу тонкой струйкой перенесите в стакан с холодной водой.

Что при этом образуется? Напишите уравнение реакции образования ацетилцеллюлозы (её состав близок к формуле $[C_6H_7O_2(-O-CO-CH_3)_3]_n$). Опишите свойства полученной нити.

Опыт 6. Нитрование целлюлозы

Ход работы:

1. В небольшой стакан налить 5 см³ концентрированной азотной кислоты и 10 см³ концентрированной серной кислоты.

2. В полученную смесь кислот опустить кусочек ваты.

3. Через 15-20 минут вату вынуть и хорошо промыть под водой (до исчезновения кислой реакции $pH \sim 7$).

4. Высушить вату на воздухе.

5. С нитрованной ватой проделать следующие опыты:

А) взять один комочек нитрованной ваты и обыкновенную вату. Преподнести горящую лучинку

Б) часть нитрованной ваты поместить в смесь спирта и эфира (1 часть спирта и 3 части эфира).

В) один кусочек нитрованной ваты поместить в ацетон. А другой – в этиловый эфир уксусной кислоты (этилацетат). Получается студенистая масса.

6. Написать уравнение протекающих реакций. Сделать вывод о свойствах клетчатки.

Выводы:

Вопросы:

1. Классификация полисахаридов.

2. Что образуется при добавлении йода к крахмалу? Составьте схему взаимодействия.

3. По какой схеме гидролизуетя крахмал? Изменяют продукты гидролиза окраску раствора йода?

4. Приведите строение целлюлозы и составьте схему гидролиза целлюлозы. Написать целлобиозу в трёх таутомерных формах.

5. Написать целлобиозу в трёх таутомерных формах.

6. Обладает ли целлюлоза восстанавливающими свойствами? Ответ поясните.

7. Написать фрагменты формул амилозы, амилопектина, клетчатки.

8. Какими свойствами отличаются полисахариды от других сахаров? Ответ подтвердите реакциями.

Задание 2. Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: крахмал → мальтоза → глюкоза → этиловый спирт → уксусноэтиловый эфир → ацетат натрия.

Вариант 2

Задание 1. Сколько целлюлозы и азотной кислоты (в кг) нужно для производства 8 т тринитроцеллюлозы, если выход ее составляет 88 % от теоретически возможного?

Задание 2. Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: целлюлоза → глюкоза → этиловый спирт → бутadiен-1,3 → бутadiеновый каучук.

Вариант 3

Задание 1. Какую массу целлюлозы за сутки подвергли гидролизу, если при этом на гидролизном заводе из древесных опилок получили 150 т 96%-ного гидролизного этилового спирта?

Задание 2. Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: углекислый газ → крахмал → глюкоза → этиловый спирт → уксусный альдегид → уксусная кислота → триацетилцеллюлоза.

Вариант 4

Задание 1. Каков выход этилового спирта в процентах от теоретически возможного, если из 5 т картофеля, содержащего 0,2 % крахмала, было получено 450 л 95 %-ного этилового спирта с плотностью 0,8 кг/л?

Задание 2. Приведите уравнения реакций полного метилирования (реагенты, условия?) целлюлозы и гидролиза полученных продуктов. Какие свойства целлюлозы подтверждают эти реакции?

Вариант 5

Задание 1. Из 1 т картофеля, в котором массовая доля крахмала равна 0,2, получили 100 л этанола ($\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$). Сколько это составляет процентов по сравнению с теоретическим выходом?

Задание 2. Приведите уравнения реакций полного ацетилирования (реагенты, условия?) целлюлозы и гидролиза полученных продуктов. Какие свойства целлюлозы подтверждают эти реакции?

Вариант 6

Задание 1. Массовая доля крахмала в кукурузе составляет 70 %. Какое количество глюкозы (в молях) можно получить из 500 кг кукурузных семян? (Расчёт ведите на одно элементарное звено молекулы крахмала — $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)

Задание 2. Какие известные Вам полисахариды состоят из остатков β -D-глюкозы? Какие реакции могут доказать их строение?

Вариант 7

Задание 1. Какую массу уксусной кислоты можно получить из 216 г целлюлозы, содержащей 40 % неуглеводных примесей?

Задание 2. Какие углеводы относятся к гомополисахаридам? Приведите структурные фрагменты полисахаридов, построенных из остатков D-глюкопиранозы (амилозы, амилопектина, целлюлозы). Будут ли эти вещества оптически активными и почему?

Вариант 8

Задание 1. Глюкозу, полученную при гидролизе крахмала, подвергли спиртовому брожению. Выделившийся при брожении газ пропустили через избыток раствора гидроксида Кальция и получили 20 г осадка. Найдите массу исходного крахмала.

Задание 2. Приведите схемы гидролиза крахмала и клетчатки с условиями протекания.

Вариант 9

Задание 1. Найдите массу глюкозы, которую можно получить при гидролизе 243 г крахмала, содержащего 25 % негидролизующихся примесей.

Задание 2. Что общего и чем отличаются по строению крахмал и мальтоза? Какими реакциями можно идентифицировать эти соединения?

Вариант 10

Задание 1. При переработке крахмала из каждой тонны его получают 200 кг этилового спирта. Каков выход этанола (в %) от теоретически возможного? Каким объемом этилена можно заменить это количество крахмала?

Задание 2. Напишите схему образования моно-, ди- и тринитратов клетчатки. Укажите область применения продуктов реакции.

Вариант 11

Задание 1. Рассчитайте, какой объем 98-% азотной кислоты (плотность 1500 кг/м^3) потребуется для получения тринитроцеллюлозы массой 1 т при 90 % выходе.

Задание 2. Общие и отличительные признаки строения крахмала и гликогена. Приведите структурные фрагменты. Какой цветной реакцией можно различить эти полисахариды?

Вариант 12

Задание 1. Из 400 кг подсолнечной лузги, массовая доля целлюлозы в которых равна 55 %, было получено 102 кг глюкозы в результате гидролиза. Сколько это составляет процентов от теоретически возможного?

Задание 2. Строение клетчатки (изобразите ее фрагмент). Получение эфиров клетчатки и их применение.

Вариант 13

Задание 1. Сколько целлюлозы и азотной кислоты (в кг) нужно для производства 11 т динитроцеллюлозы, если выход ее составляет 78 % от теоретически возможного?

Задание 2. В каких из полисахаридов, построенных из остатков D-глюкозы, осуществляется: а) α -1,4-гликозидная связь, б) α -1,6-гликозидная связь, в) α -1,4-гликозидная связь? Приведите строение фрагментов молекул, укажите области применения этих полисахаридов и их производных.

Вариант 14

Задание 1. Какую массу целлюлозы за сутки подвергли гидролизу, если при этом на гидролизном заводе из древесных опилок получили 110 т 70 %-ного гидролизного этилового спирта?

Задание 1. Чем различаются процессы переработки крахмала: а) в патоку; б) в глюкозу; в) в этанол?

Вариант 15

Задание 1. Каков выход этилового спирта в процентах от теоретически возможного, если из 8 т картофеля, содержащего 0,18 % крахмала, было получено 550 л 95 %-ного этилового спирта с плотностью 0,8 кг/л?

Задание 2. Напишите уравнения реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения: крахмал \rightarrow глюкоза \rightarrow этанол \rightarrow этиловый эфир уксусной кислоты.

Вариант 16.

Задание 1. Массовая доля крахмала в кукурузе составляет 65 %. Какое количество глюкозы (в молях) можно получить из 650 кг кукурузных семян? (Расчёт ведите на одно элементарное звено молекулы крахмала – $C_6H_{10}O_5$)

Задание 2. В распоряжении имеются образцы глюкозы, сахарозы и крахмала. Как их различить? Подтвердите уравнениями реакций.

Вариант 17

Задание 1. Какую массу уксусной кислоты можно получить из 440 г целлюлозы, содержащей 35 % неуглеводных примесей?

Задание 2. Хитин – линейный высокомолекулярный полисахарид, широко распространенный в природе. Приведите структуру хитина с учетом того, что это гомополимер 2-ацетамидо-2-дезоксид-D-глюкозы, в котором моносахаридные звенья соединены β -(1 \rightarrow 4)-связями и образуют линейные цепи. Какие процессы происходят с хитином при его растворении в концентрированной щелочи или кислоте?

Вариант 18

Задание 1. Глюкозу, полученную при гидролизе крахмала, подвергли спиртовому брожению. Выделившийся при брожении газ пропустили через избыток раствора гидроксида кальция и получили 50 г осадка. Найдите массу исходного крахмала.

Задание 2. Изобразите структуры продуктов, образующихся при взаимодействии целлюлозы с уксусным ангидридом и с нитрующей смесью. Какое применение находят продукты этих реакций в промышленности?

Вариант 19

Задание 1. Найдите массу глюкозы, которую можно получить при гидролизе 575 г крахмала, содержащего 33 % негидролизующихся примесей.

Задание 2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- а) целлюлоза → поливинилхлорид;
- б) целлюлоза → бутадиеновый каучук.

Вариант 20

Задание 1. Рассчитайте, какой объем 98%-процентной азотной кислоты (плотность 1500 кг/м³) потребуется для получения динитроцеллюлозы массой 1,5 т при 80%-процентном выходе.

Задание 2. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

- а) крахмал → этиловый эфир молочной кислоты;
- б) крахмал → хлоридфениламмония.

Вариант № ____

Задание 1.

Задание 2.

2.3 Тестовые задания «Строение и физико-химические полисахаридов как биополимеров»

Тест 1

1. Какое из соединений является полисахаридом?

А) целлюлоза	
Б) раффиноза	
В) трегалоза	
Г) арабиноза	

2. Какой из полисахаридов является животным крахмалом?

А) гликоген	
Б) клетчатка	
В) инулин	
Г) хитин	

3. Из какого полисахарида получают пищевой этиловый спирт

А) клетчатка	
Б) крахмал	
В) гликоген	
Г) целлюлоза	

4. Какое из соединений является кетозой?

А) фруктоза	
Б) лактоза	
В) гликоген	
Г) галактоза	

5. Какое из соединений является биозой?

А) фруктоза	
Б) раффиноза	
В) трегалоза	
Г) апиоза	

6. Какое из соединений является восстанавливающим дисахаридом?

А) лактоза	
Б) амилопектин	
В) целлюлоза	
Г) сахароза	

7. Целлюлоза образует сложные эфиры, взаимодействуя с:

А) азотной кислотой	
Б) соляной кислотой	
В) уксусным ангидридом	
Г) кислородом	

8. Для производства бездымного пороха используется пироксилин, представляющий собой:

А) моонитрат целлюлозы	
------------------------	--

Б) тринитрат целлюлозы	
В) ацетат целлюлозы	
Г) тринитрат глюкозы	

9. Какое вещество из нижеперечисленных образуется при неполном гидролизе крахмала?

А) глюкоза	Б) фруктоза	В) сахароза	Г) мальтоза

10. Синонимом термину «целлюлоза» является:

А) клетчатка	
Б) пироксилин	
В) вискоза	
Г) седогептулоза	
Д) целлулоид	

11. Для крахмала и целлюлозы верны следующие утверждения:

А) имеют одинаковую степень полимеризации	
Б) являются природными полимерами	
В) вступают в реакцию «серебряного зеркала»	
Г) не подвергаются гидролизу	

12. Восстанавливающий дисахарид – это:

А) α -D-глюкопиранозидо-(1,1) β -D-глюкопиранозид	
Б) α -D-фруктофуранозидо-(1,2) β -D-галактопиранозид	
В) α -D-глюкопиранозидо-(1,4) β -D-глюкопираноза	
Г) α -D-глюкопиранозидо-(1,2) β -D-фруктофуранозид	

13. Раствор йода в присутствии KI (раствор Люголя) является качественной реакцией на:

А) глюкозу	
Б) фруктозу	
В) клетчатку	
Г) крахмал	

14. Для изготовления искусственного волокна служит:

А) нитрат целлюлозы	
Б) метилцеллюлоза	
В) натрий карбоксиметилцеллюлоза	
Г) ацетат целлюлозы	

15. Какая гликозидная связь характерна для крахмала:

А) α -гликозидная	
Б) β -гликозидная	
В) γ -гликозидная	
Г) α -и β -гликозидная	

16. Амилоза – это фракция:

А) клетчатки	
Б) гепарина	
В) гликогена	

Г) крахмала	
-------------	--

17. Реактив Люголя (раствор I₂ в KI) используется для обнаружения:

А) сахарозы	
Б) хондроитинсульфата	
В) клетчатки	
Г) крахмала	

18. Ферменты увеличивают скорость реакции

А) повышая энергию активации реакции	
Б) уменьшая изменение свободной энергии (ΔG) в ходе реакции	
В) понижая энергию активации реакции	
Г) изменяя константу равновесия реакции	

19. Из названия полисахаридов выберите гетерополисахарид:

А) гликоген	
Б) крахмал	
В) гиалуроновая кислота	
Г) амилопектин	

20. В каждом структурном звене молекулы целлюлозы число свободных гидроксогрупп равно:

А) 1	Б) 2	В) 3	Г) 4

Тест 2

1. Какое из соединений является полисахаридом?

А) крахмал	
Б) лактоза	
В) мальтоза	
Г) арабиноза	

2. Какой из полисахаридов при кислотном гидролизе образует глюкозу?

А) хитин	
Б) целлюлоза	
В) инулин	
Г) арабиноза	

3. Какое из соединений является альдозой?

А) сорбит	
Б) галактоза	
В) целлюлоза	
Г) рибулоза	

4. Какое из соединений является гексозой?

А) ксилоза	Б) целлюлоза	В) манноза	Г) рибоза

5. Какое соединение является невосстанавливающим дисахаридом?

А) сахароза	
Б) мальтоза	
В) манноза	
Г) арабиноза	

6. Какое соединение является полиозой?

А) глюкоза	
Б) целлюлоза	
В) мальтоза	
Г) сахароза	

7. Отметьте различия в строении и свойствах крахмала и целлюлозы

А) макромолекулы целлюлозы построены из остатков β -глюкозы, а крахмала - из остатков α -глюкозы	
Б) макромолекулы целлюлозы имеют только линейное строение, а крахмала - как линейное, так и разветвленное	
В) целлюлоза является полисахаридом, а крахмал - нет	
Г) степень поликонденсации целлюлозы больше, чем крахмала	

8. При полном гидролизе целлюлозы образуется:

А) рибоза	
Б) глюкоза	
В) галактоза	
Г) фруктоза	

9. Ацетатное волокно изготавливается из продуктов:

А) этерификации целлюлозы азотной кислотой	
Б) этерификации целлюлозы уксусным ангидридом	
В) этерификации крахмала уксусным ангидридом	
Г) этерификации глюкозы уксусным ангидридом	

10. Конечным продуктом гидролиза целлюлозы является:

А) β -глюкоза	
Б) мальтоза	
В) фруктоза	
Г) α -глюкоза	

11. Дисахаридам соответствует общая формула:

А) $C_5H_{10}O_4$	Б) $(C_6H_{10}O_5)_x$	В) $C_6H_{12}O_6$	Г) $C_{12}H_{22}O_{11}$

12. Восстанавливающие свойства проявляет:

А) сахароза ($-\alpha$ -D глюкопиранозидо-(1,2) β -D-фруктофуранозид)	
Б) лактоза ($-\beta$ -D галактопиранозидо-(1,4) α -D-глюкопираноза)	
В) α -D-глюкопиранозидо-(1,1) β -D-глюкопиранозид	
Г) α -D галактопиранозидо-(1,2) β -D-фруктофуранозид	

13. Реактив Фелинга используется для открытия в сахарах:

А) альдегидной группы	
-----------------------	--

Б) гликозидного гидроксила	
В) спиртовой гидроксильной группы	
Г) двух рядом стоящих гидроксильных групп	

14. Гликоген и крахмал:

А) не имеют общего в структуре	
Б) построены из α -глюкозы	
В) построены из β -глюкозы	
Г) образуют хитин	

15. Какая гликозидная связь характерна для целлюлозы:

А) α -гликозидная	
Б) β -гликозидная	
В) γ -гликозидная	
Г) α -и β -гликозидная	

16. К гетерополисахаридам относится:

А) хитин	
Б) клетчатка	
В) гиалуроновая кислота	
Г) амилопектин	

17. Содержание амилопектина в крахмале составляет

А) 10-20 %	Б) 30-40 %	В) 50-60 %	Г) 80-90 %

18. При полном окислении 1 моль крахмала выделяется CO_2 в количестве

А) 6 моль	Б) 6n моль	В) 12 моль	Г) 12n моль

19. Взрывчатое вещество «пироксилин» - это

А) тринитроцеллюлоза	
Б) ди- и триацетилцеллюлоза	
В) моонитроцеллюлоза	
Г) триацетилкрахмал	

20. При образовании сложного эфира с молекулой целлюлозы может максимально прореагировать

А) $3n \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$	
Б) $3n \text{ CH}_3\text{COOH}$	
В) $2n \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH}$	
Г) $2n \text{ CH}_3\text{COOH}$	

3 Список рекомендуемых источников

3.1 Основная литература

1. Химия биополимеров [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Н.А. Соколова, В.Г. Кочетков, О.М. Новопольцева, В.Ф. Каблов; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волжский, 2018. – 126 с. –Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>.
2. Химия полимеров [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Сост. В.Ф. Каблов, О.М. Новопольцева, Н.А. Соколова, В.Г. Кочетков; ВПИ (филиал) ВолгГТУ., 2017. – 85 с.–Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>.
3. Биотехнологические методы в промышленности и экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.А. Соколова, В.Г. Кочетков–Волжский: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2020 г.– 78 с. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>.
4. Химия и технология полимеров [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.Н. Хлобжева, Н.А. Соколова. – Волжский: ВПИ (филиал) ВолгГТУ, 2017. – 61 с. – Режим доступа:<http://lib.volpi.ru>.
5. Введение в химическую технологию полимеров [Электронный ресурс]: учеб. пособие: Ч. 2 / В.Ф. Каблов и др. – Волгоград: ВолгГТУ, 2017. – 158 с. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>.

3.2 Дополнительная литература

1. Алейникова Т.Л., Осипов Е.В., Северин С.Е. Биологическая химия. – М.: Медицинское информационное агентство, 2017. – 496 с.
2. Бах А.Н. Избранные труды по химии и биохимии. – Москва: Наука, 2007. – 299 с.
3. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия: Учебник.– М.: Медицина, 1998.– 704 с.
4. Биоорганическая химия: Учебное пособие / Д.Г. Кнорре, Т.С. Годовикова, С.Д. Мызина, О.С. Федорова. – Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2011. – 480 с.
5. Биохимические основы химии биологически активных веществ: учебное пособие / Л. В. Коваленко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. – 229 с.
6. Нельсон Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3 т. Т. 1: Основы биохимии, строение и катализ / Д. Нельсон, М. Кокс. – М.: Лаборатория знаний, 2022. – 703 с.
7. Нельсон Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3 т. Т. 2: Биоэнергетика и метаболизм / Д. Нельсон, М. Кокс. – М.: Лаборатория знаний, 2022. – 646 с.

8. Нельсон Д. Основы биохимии Ленинджера: в 3 т. Т. 3: Пути передачи информации / Д. Нельсон, М. Кокс. – М.: Лаборатория знаний, 2022. – 434 с.

9. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987. – 815с.

10. Химия углеводов: учебное пособие /Сост.: Ю.А. Овчарова, И.И.Бочкарева. – Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2019. – 125 с.

Электронное учебное издание

Наталья Александровна **Соколова**
Владимир Григорьевич **Кочетков**

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ ПО ХИМИИ БИОПОЛИМЕРОВ.
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ. ПОЛИСАХАРИДЫ**

Учебно-методическое пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2022 г. Поз. № 17.

Подписано к использованию. 05.10.2022. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,5.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.