



Р.Г. Заяц В.Э. Бутвиловский В.В. Давыдов

# БИОЛОГИЯ

Сборник задач  
для абитуриентов



Минск  
«Вышэйшая школа»

УДК 57(076.1)(075.3/.4)  
ББК 28я729  
3-40

**Заяц, Р. Г.**

3-40 Биология : сборник задач для абитуриентов / Р. Г. Заяц, В. Э. Бутвиловский, В. В. Давыдов. — Минск : Вышэйшая школа, 2017. — 144 с. : ил.  
ISBN 978-985-06-1952-5.

Излагаются основные теоретические положения разделов молекулярной биологии, генетики, эволюции и экологии, необходимые для решения задач. Приводится методика решения задач, даются задачи для самоконтроля. В издании представлено 327 задач, для 47 из них дано решение.

Для абитуриентов учреждений высшего и среднего специального образования. Будет полезен слушателям подготовительных отделений, учащимся и преподавателям учреждений общего среднего образования.

УДК 57(076.1)(075.3/.4)  
ББК 28я729

Учебное издание

**Заяц Роман Георгиевич**  
**Бутвиловский Валерий Эдуардович**  
**Давыдов Владимир Витольдович**

## **БИОЛОГИЯ**

**Сборник задач для абитуриентов**

Редактор *Л.Н. Макейчик*. Художественный редактор *В.А. Ярошевич*. Технический редактор *Н.А. Лебедевич*. Корректор *О.И. Голденкова*. Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 02.02.2017. Формат 84×108/32. Бумага для офсетной печати. Гарнитура «NewtonС». Офсетная печать. Усл. печ. л. 7,56.  
Уч.-изд. л. 7,18. Тираж 1500 экз. Заказ 361.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013. Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.  
e-mail: market@vshph.com http://vshph.com

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Белорусский Дом печати”». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 2/102 от 01.04.2014. Пр. Независимости, 79, 220013, Минск.

**ISBN 978-985-06-1952-5**

© Заяц Р.Г., Бутвиловский В.Э.,  
Давыдов В.В., 2017  
© Оформление. УП «Издательство  
“Вышэйшая школа”», 2017

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Для успешного прохождения централизованного тестирования или единого государственного экзамена при поступлении в учреждения высшего и среднего специального образования биологического, сельскохозяйственного и медицинского профиля необходимы глубокие знания основ биологии, преподаваемых в учреждениях общего среднего образования. Абитуриенты должны знать строение и процессы жизнедеятельности вирусов, бактерий, грибов, растений, животных и человека, владеть основными терминами, законами и теориями биологии, уметь решать задачи.

Пособие состоит из 11 глав. В каждой главе изложены основные теоретические положения, которые необходимо знать для успешного решения задач по молекулярной биологии, генетике, эволюции и экологии, представлены примеры решения типовых задач и задачи для самостоятельного решения и проверки своих знаний. Пособие содержит 327 задач, для 47 из них дано решение. В конце пособия приведены ответы на все задачи для самостоятельного решения. Наиболее сложные задачи помечены значком \*. Если теоретических положений, изложенных в данном пособии, недостаточно для полного понимания темы, можно воспользоваться пособием для абитуриентов: Биология: для поступающих в вузы (Р.Г. Заяц и др.). Минск: Высшая школа, 2015 г.

При написании пособия авторами использован многолетний опыт преподавания биологии на подготовительном отделении Белорусского государственного медицинского университета.

Пособие предназначено в первую очередь для абитуриентов учреждений высшего и среднего специального образования, слушателей подготовительных отделений. Может быть использовано учителями биологии учреждений общего среднего и среднего специального образования.

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА

## Основные теоретические положения

**Генетика** – наука о закономерностях наследственности и изменчивости живых организмов. Термин «генетика» ввел в 1906 г. У. Бэтсон.

**Наследственность** – это свойство живых организмов передавать из поколения в поколение морфологические, биохимические, физиологические признаки и особенности индивидуального развития в определенных условиях среды.

**Наследование** – это способ передачи генетической информации.

**Изменчивость** – это свойство дочерних организмов приобретать в процессе онтогенеза признаки, отличающие их от родительских форм.

**Наследуемость** – это степень соотношения наследственности и изменчивости.

## Нуклеиновые кислоты

В начале 1950-х гг. было доказано, что единицей наследственности и изменчивости является ген, материальную основу которого составляет ДНК.

Структура молекулы **ДНК** была расшифрована Дж. Уотсоном, Ф. Криком и М. Уилкинсом в 1953 г. Она представляет собой две спирально закрученные антипараллельные (напротив 3' конца одной цепи располагается 5' конец другой) полинуклеотидные цепи (рис. 1). Мономерами ДНК являются **нуклеотиды**, в состав каждого из них входят:

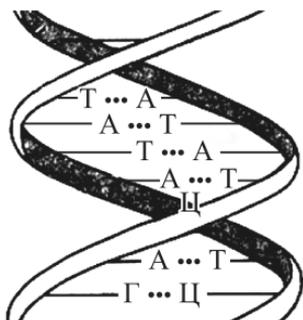


Рис. 1. Схема строения ДНК

• пятиуглеродный сахар дезоксирибоза;

• остаток фосфорной кислоты;

• одно из четырех азотистых оснований (аденин, тимин, гуанин, цитозин).

Нуклеотиды соединяются в цепочку путем образования ковалентных (**фосфодиэфирных**) связей меж-

ду дезоксирибозой одного и остатком фосфорной кислоты другого нуклеотида. Азотистые основания присоединяются к дезоксирибозе и образуют боковые радикалы. Между азотистыми основаниями цепочек ДНК устанавливаются *водородные* связи: две — между аденином и тимином, три — между гуанином и цитозином. Строгое соответствие (взаимодополнение) нуклеотидов друг другу в парных цепочках ДНК (А–Т, Г–Ц) называется *комплементарностью*.

ДНК является хранителем генетической информации во всех клетках про- и эукариот. У вирусов эту функцию может выполнять также молекула РНК.

**РНК**, как и ДНК, представляет собой полинуклеотид. Структура нуклеотидов РНК сходна с таковой ДНК, но имеются *следующие отличия*:

- 1) вместо дезоксирибозы в состав нуклеотидов РНК входит пятиуглеродный сахар рибоза;
- 2) вместо азотистого основания тимина входит урацил;
- 3) молекула РНК обычно представлена одной цепочкой (у некоторых вирусов — двумя).

В клетках существуют три вида РНК: информационная, транспортная и рибосомальная.

*Информационная РНК (иРНК)* представляет собой копию кодирующей цепочки определенного участка ДНК, выполняет роль переносчика генетической информации от ДНК к месту синтеза белка (в рибосомы) и непосредственно участвует в сборке его молекул.

*Транспортная РНК (тРНК)* транспортирует аминокислоты из цитоплазмы в рибосомы.

*Рибосомальная РНК (рРНК)* входит в состав рибосом. Считают, что рРНК обеспечивает определенное пространственное взаиморасположение иРНК и тРНК.

### ***Первичные функции гена***

По современным представлениям **ген** — это участок молекулы ДНК, определяющий последовательность нуклеотидов в молекулах РНК и аминокислот в полипептиде.

*Первичные функции ДНК* — это хранение и передача генетической информации. Передача генетической информации происходит от ДНК к ДНК при репликации ДНК (*аутосинтетическая функция* при размножении клеток) и от ДНК через иРНК к белку (*гетеросинтетическая функция* при биосинтезе белка).

## Репликация молекулы ДНК

Репликация молекулы ДНК происходит в синтетический период интерфазы при участии фермента *ДНК-полимеразы*. Каждая из двух цепей материнской молекулы служит матрицей для дочерней. После репликации вновь синтезированная молекула ДНК содержит одну материнскую цепочку, а вторую — дочернюю, вновь синтезированную (*полуконсервативный способ*). Для матричного синтеза новой молекулы ДНК необходимо, чтобы старая молекула была деспирализована и вытянута. Репликация начинается в нескольких местах молекулы ДНК (рис. 2). Участок молекулы ДНК от точки начала одной репликации до точки начала другой называется *репликоном*. «Бактериальная хромосома» содержит один репликон, а эукариотическая — много репликонов.

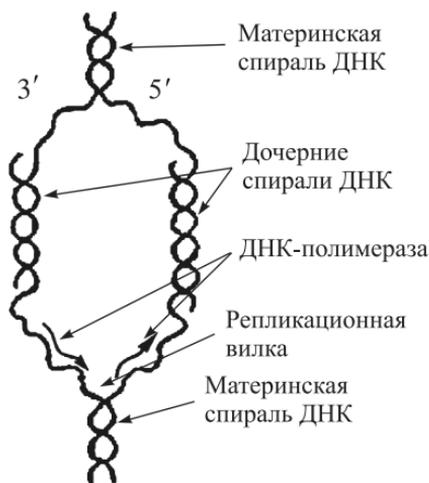


Рис. 2. Схема репликации молекулы ДНК

В каждом репликоне ДНК-полимераза может двигаться вдоль материнской нити только в одном направлении ( $3' \rightarrow 5'$ ). Поэтому присоединение комплементарных нуклеотидов дочерних нитей ДНК к материнским нитям идет в противоположных направлениях (*антипараллельно*). Репликация во всех репликонах идет одновременно. Весь геном клетки реплицируется один раз за период времени, соответствующий одному митотическому циклу.

## Биосинтез белков

Информация о первичной структуре белковой молекулы закодирована последовательностью нуклеотидов (*генетический код*) в кодирующей цепочке соответствующего участка молекулы ДНК – гене.

### *Свойства генетического кода:*

- *однозначность* – каждый триплет кодирует только одну аминокислоту;

- *избыточность* – так как число возможных комбинаций из 4 нуклеотидов по 3 равно  $4^3$ , т.е. 64, а аминокислот – 20, то некоторые из них будут кодироваться 2, 3, 4 или даже 6 триплетами (валин кодируется 4 триплетами, а серин – 6);

- *неперекрываемость* – одновременно один нуклеотид входит в состав только одного триплета;

- *универсальность* – у всех организмов одинаковые триплеты кодируют одинаковые аминокислоты;

- *однонаправленность* – считывание последовательности нуклеотидов идет только в одном направлении:  $3' \rightarrow 5'$ ;

- *наличие нонсенс (стоп)-кодонов* – триплетов, которые не кодируют аминокислоты. Когда рибосома в процессе трансляции доходит до таких кодонов, синтез белка прекращается. В молекуле иРНК – это кодоны *UAA, UGA, UAG*;

- *непрерывность (без знаков препинания)* – при выпадении одного нуклеотида в процессе считывания его место занимает нуклеотид из соседнего кодона. Правильное считывание кода обеспечивается только в том случае, если он считывается со строго определенного пункта. Стартовым кодоном в молекуле иРНК является кодон *AUG* (табл. 1).

Таблица 1

**Соответствие кодонов иРНК аминокислотам (генетический код)**

Первое азотистое основание	Второе азотистое основание				Третье азотистое основание
	У	Ц	А	Г	
1	2	3	4	5	6
У	фен	сер	тир	цис	У
	фен	сер	тир	цис	Ц
	лей	сер	поп	поп	А
	лей	сер	поп	три	Г
Ц	лей	про	гис	арг	У
	лей	про	гис	арг	Ц
	лей	про	глн	арг	А
	лей	про	глн	арг	Г

1	2	3	4	5	6
А	иле	тре	асн	сер	У
	иле	тре	асн	сер	Ц
	иле	тре	лиз	арг	А
	мет	тре	лиз	арг	Г
Г	вал	ала	асп	гли	У
	вал	ала	асп	гли	Ц
	вал	ала	глу	гли	А
	вал	ала	глу	гли	Г

**Транскрипция** – процесс синтеза молекулы информационной РНК (иРНК), происходящий в ядре. Фермент *РНК-полимераза* подходит к молекуле ДНК, раскручивает ее и разрывает водородные связи между двумя комплементарными цепочками. Одна из цепей ДНК является *кодирующей (кодогенной)*. Она начинается с 3′ конца; фермент РНК-полимераза движется от 3′ конца к 5′ концу, и в этом же направлении происходит транскрипция (считывание последовательности нуклеотидов), а иРНК синтезируется в направлении 5′ → 3′. Из свободных нуклеотидов РНК, которые есть в кариолимфе, фермент строит молекулу иРНК по принципу *комплементарности* азотистых оснований нуклеотидов (*аденину ДНК* соответствует *урацил РНК*, *тимину ДНК* – *аденин РНК*, *гуанину ДНК* – *цитозин РНК*, *цитозину ДНК* – *гуанин РНК*).

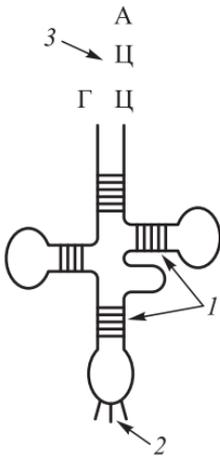


Рис. 3. Схема строения транспортной РНК:

1 – водородные связи;  
2 – антикодон; 3 – место прикрепления аминокислоты

Таким образом, генетическая информация молекул ДНК преобразовывается в последовательность нуклеотидов молекулы иРНК, которая затем выходит из ядра и направляется к рибосомам.

**Рекогниция** – процесс узнавания молекулами тРНК своих аминокислот и присоединение их к одному из своих активных центров (акцепторный конец) тРНК (рис. 3). Активацию аминокислот осуществляют ферменты *аминоацил-тРНК-синтазы* (для каждой аминокислоты – свой фермент).

**Механизм активации:** фермент одновременно взаимодействует с соответствующей аминокислотой и с АТФ, которая те-

ряет при этом фосфат. Тройной комплекс из фермента, аминокислоты и АТФ называется *активированной (богатой энергией) аминокислотой*, которая способна спонтанно образовать в процессе последующей трансляции пептидную связь с соседней аминокислотой. Свободные неактивированные аминокислоты не могут прямо присоединяться к полипептидной цепи. Тройной комплекс соединяется с тРНК, и образовавшаяся *аминоацил-тРНК* идет в рибосому.

Следующий этап в биосинтезе белка — трансляция.

**Трансляция** — перевод генетической информации с языка последовательности нуклеотидов на язык последовательности аминокислот (расшифровка генетического кода) происходит в цитоплазме на рибосомах. Участвуют: иРНК, аминоацил-тРНК, рРНК, ферменты. Считывание информации с иРНК осуществляется в направлении  $5' \rightarrow 3'$ .

В рибосоме есть 2 активных центра: *аминоацильный* (происходит фиксация тРНК с аминокислотой) и *пептидильный* (образуются пептидные связи между соседними аминокислотами). Трансляция состоит из трех этапов: инициации, элонгации и терминации.

**Инициация** — объединение малой субъединицы рибосом, иницирующего триплета иРНК (АУГ), метионин-аминоацил-тРНК и большой субъединицы рибосомы.

**Элонгация** — наращивание полипептида. Эта фаза включает все реакции с момента образования первой пептидной связи до присоединения последней аминокислоты.

Внутри рибосомы находятся 2 кодона иРНК: в аминоацильном и в пептидильном центрах. После инициации тРНК<sub>1</sub> с метионином располагается в пептидильном центре, аминоацильный центр свободен. К аминоацильному центру подходит тРНК<sub>2</sub> с аминокислотой и устанавливается там, если антикодон тРНК комплементарен кодону иРНК. Между аминокислотами, находящимися в рибосоме, устанавливается пептидная связь. Для освобождения аминоацильного центра рибосома передвигается на один триплет иРНК вперед. Вследствие этого тРНК с аминокислотой переходят в пептидильный центр рибосомы. К свободному аминоацильному центру рибосомы подходит следующая тРНК с аминокислотой, и процесс повторяется.

**Терминация** — заключительный этап трансляции, на котором рибосома доходит до одного из нонсенс-кодонов иРНК, и синтез полипептида прекращается.

## Классификация генов

Все гены подразделяются на структурные и функциональные.

**Структурные гены** несут информацию о последовательности нуклеотидов в различных видах РНК и о последовательности аминокислот в белках (ферментах, гистонах и др.).

**Функциональные гены** подразделяются на *гены-модуляторы*, усиливающие или ослабляющие действие структурных генов (ингибиторы, модификаторы), и гены, регулирующие работу структурных генов, — *регуляторы* и *операторы*.

### Регуляция работы генов у прокариот

Схема регуляции транскрипции у прокариот была предложена Ф. Жакобом, Ж. Моно и А. Львовым в 1961 г. Группа структурных генов, управляемая одним геном-оператором, образует **оперон** (рис. 4). В состав оперона входит также небольшой участок ДНК — *промотор* — место первичного прикрепления РНК-полимеразы — фермента, катализирующего реакции ДНК-зависимого синтеза иРНК. За ним располагается *инициатор* — место начала считывания генетической информации. *Ген-оператор* способен включать в работу и выключать структурные гены. Заканчивается оперон *терминатором*. В конце каждого структурного гена располагается *стоп-кодон*. Регулирует работу оперона *ген-регулятор*, находящийся обычно на определенном расстоянии от него. Он постоянно активен, и на основе его информации синтезируется особый *белок-репрессор*. Этот белок обладает способностью блокировать ген-оператор, вступая с ним в химическую связь, после чего фермент РНК-полимераза не может расщеплять двойную цепочку ДНК, и считывание информации не происходит.

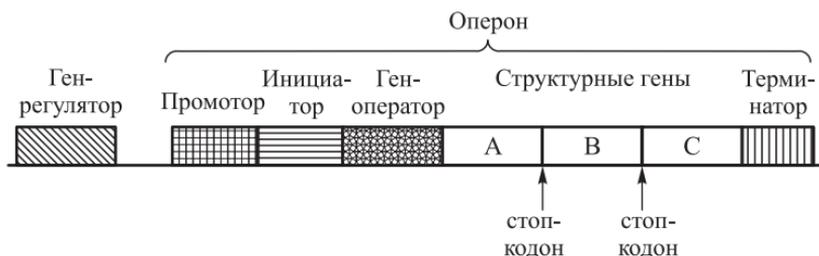


Рис. 4. Схема строения оперона

Если в клетку поступает *индуктор* (вещество, которое расщепляется под действием ферментов, закодированных в данном опероне), он связывает белок-репрессор (вступает с ним в химическое соединение), освобождая ген-оператор. РНК-полимераза разрывает связи между двумя цепочками ДНК, и на одной из них (*кодирующей*) по принципу комплементарности начинается синтез иРНК, которая переносит информацию в рибосомы для синтеза ферментов, разлагающих индуктор. Когда последние молекулы индуктора будут разрушены, освобождается белок-репрессор, который снова блокирует ген-оператор (работа оперона прекращается).

Для каждого оперона имеется свой специфический индуктор (например, для лактозного оперона индуктором является лактоза).

### **Регуляция работы генов у эукариот**

Схема регуляции транскрипции у эукариот разработана Г.П. Георгиевым в 1972 г. Единица транскрипции называется **транскриптоном** (рис. 5). Он состоит из *неинформативной* (акцепторной) и *информативной* (структурной) зон. Неинформативная зона начинается *промотором*. Далее следуют *инициатор* и группа *генов-операторов*, за которыми расположена информативная зона. Информативная зона образована *структурным геном*, разделенным на *экзоны* (информативные участки) и *интроны* (неинформативные участки). Заканчивается транскриптон *терминатором*.

Работу транскриптона регулирует группа *генов-регуляторов*, дающих информацию для синтеза нескольких белков-репрес-

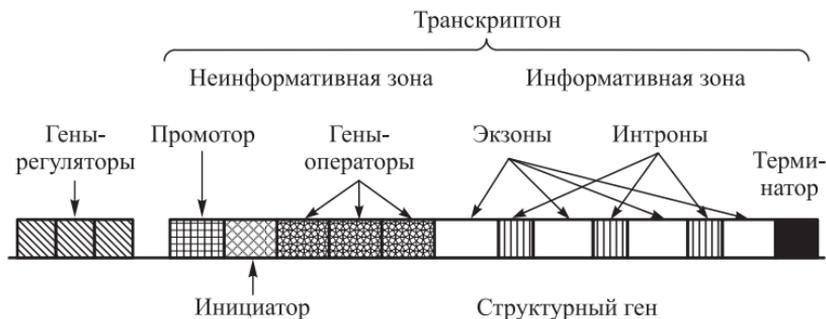


Рис. 5. Схема строения транскриптона

соров. Индукторами являются сложные соединения (например, гормоны), для расщепления которых необходимо несколько ферментов. На транскрипционе первоначально синтезируется большая молекула *про-иРНК*, списывающая информацию как с информативной, так и с неинформативной зоны. Затем в ядре происходит *процессинг* – превращение про-иРНК в иРНК: ферментативное разрушение неинформативной части про-иРНК, расщепление ферментами *рестриктазами* информативной части на фрагменты, соответствующие экзонам, и последующий *сплайсинг* отдельных информативных фрагментов *лигазами*. Далее иРНК идет в рибосомы, где происходит синтез ферментов, необходимых для расщепления индуктора. После расщепления индуктора освобождаются белки-репрессоры, они блокируют гены-операторы, функционирование транскриптона прекращается.

## Решение типовых задач

**Задача 1.** В схемах участков молекул РНК и ДНК расставьте первые буквы названий соединений, составляющих нуклеотиды: А – аденин, Г – гуанин, Ц – цитозин, Т – тимин, У – урацил, Ф – фосфат, Р – рибоза, Д – дезоксирибоза. На схеме обозначьте: нуклеотид, триплет, фосфодиэфирные и водородные связи.

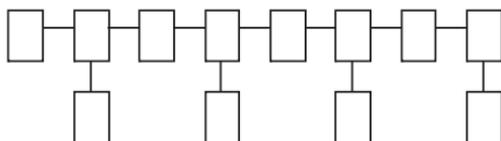


Схема строения молекулы РНК

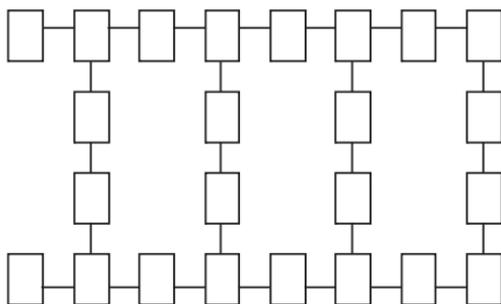
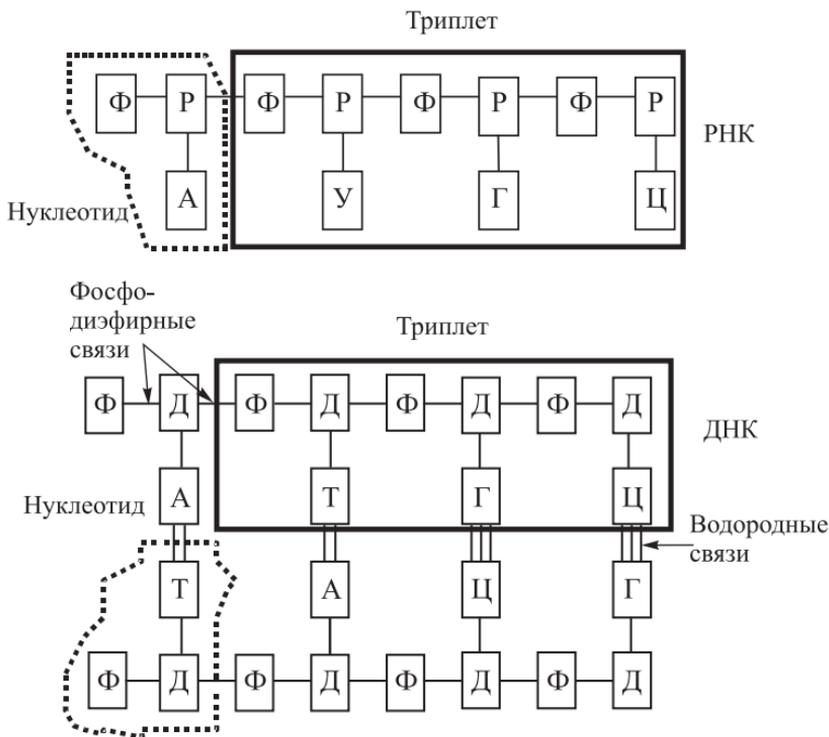


Схема строения молекулы ДНК

Решение:



**Задача 2.** Одна из цепочек молекулы ДНК имеет следующий порядок нуклеотидов: ААГГЦТЦТАГГТАЦЦАГТ.

1. Определите последовательность нуклеотидов в комплементарной цепи.
2. Определите последовательность кодонов и РНК, синтезированной на комплементарной цепи.
3. Определите последовательность аминокислот в полипептиде, закодированном в комплементарной цепи.

Решение.

1. Согласно принципу комплементарности азотистых оснований в молекуле ДНК (А–Т, Ц–Г) строим вторую цепочку молекулы:

ААГГЦТЦТАГГТАЦЦАГТ – первая цепочка ДНК;

ТТЦЦГАГАТЦЦАТГГТЦА – вторая цепочка ДНК.

2. Согласно принципу комплементарности азотистых оснований молекул ДНК и РНК (А–У, Ц–Г) строим цепочку и РНК:

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
<i>Глава 1.</i> Молекулярная генетика .....	4
<i>Глава 2.</i> Закономерности наследования .....	19
2.1. Закономерности образования гамет .....	20
2.2. Моногибридное скрещивание .....	23
2.3. Полигибридное скрещивание .....	30
2.4. Множественные аллели, летальные гены, плейотропия, пенетрантность .....	38
<i>Глава 3.</i> Взаимодействие генов .....	46
<i>Глава 4.</i> Сцепление генов .....	58
<i>Глава 5.</i> Генетика пола .....	71
<i>Глава 6.</i> Изменчивость .....	84
<i>Глава 7.</i> Популяционная генетика .....	89
<i>Глава 8.</i> Методы генетики человека .....	95
<i>Глава 9.</i> Определение вероятности генетически обусловленных событий .....	103
<i>Глава 10.</i> Генная инженерия .....	109
<i>Глава 11.</i> Закономерности движения вещества и энергии в экосистеме .....	115
Ответы .....	125
Литература .....	143