

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ

**Шарлаева Елена Анатольевна,
к.б.н., доцент каф. экологии,
биохимии и биотехнологии
АлтГУ, зам. председ. предм.
комиссии ЕГЭ по биологии**

Для решения задач необходимо владеть следующими понятиями:

- виды нуклеиновых кислот,
- строение и функции ДНК,
- строение и функции РНК,
- репликация,
- транскрипция,
- трансляция,
- генетический код,
- свойства генетического кода,
- мутация.

Типы задач:

1. Вычисление количества нуклеотидов, их процентного содержания в ДНК.
2. Определение количества аминокислот в белке, а также количества нуклеотидов и триплетов в ДНК или РНК.
3. Определение массы ДНК, гена, белка.
4. Задачи с использованием таблицы генетического кода, требующие знаний по процессам транскрипции и трансляции:
 - установление последовательности нуклеотидов в ДНК, иРНК, антикодонов тРНК по принципу комплементарности;
 - определение последовательности аминокислот в белке и т.д.

Вычисление количества нуклеотидов, их процентного содержания в ДНК

Справочная информация:

- В ДНК существует 4 вида нуклеотидов: А (аденин), Т (тимин), Г (гуанин) и Ц (цитозин).
- Молекула ДНК представляет собой двойную спираль.
- Цепи комплементарны друг другу: напротив аденина в одной цепи всегда находится тимин в другой и наоборот (А-Т и Т-А); напротив цитозина - гуанин (Ц-Г и Г-Ц).
- В ДНК количество аденина и гуанина равно числу цитозина и тимина, а также $A=T$ и $C=G$ (правило Чаргаффа).

Пример 1

В молекуле ДНК содержится 1100 нуклеотидов с аденином, что составляет 10% от их общего числа. Определите, сколько нуклеотидов с тиминном, гуанином, цитозинном содержится в отдельности в молекуле ДНК, объясните полученный результат.

Элементы ответа:

- Тимин комплементарен аденину, соответственно тимина содержится также 1100 нуклеотидов (10%);
- В сумме тимин и аденин составили 20%, следовательно, на гуанин и цитозин в сумме приходится 80%.
- Т.к. гуанин комплементарен цитозину, следовательно, нуклеотидов с гуанином содержится 4400 (40%) и с цитозином – 4400 (40%)

Определение количества аминокислот в белке, а также количества нуклеотидов и триплетов в ДНК или РНК

Справочная информация:

- Аминокислоты, необходимые для синтеза белка, доставляются в рибосомы с помощью т-РНК. Каждая молекула т-РНК переносит только одну аминокислоту.
- Информация о первичной структуре молекулы белка зашифрована в молекуле ДНК.
- Каждая аминокислота зашифрована последовательностью из трех нуклеотидов. Эта последовательность называется триплетом или кодоном.

Пример 2

В процессе трансляции участвовало 30 молекул тРНК. Определите число аминокислот, входящих в состав синтезированного белка, а также число триплетов и нуклеотидов в гене, который кодирует этот белок.

Элементы ответа:

1. Одна тРНК транспортирует 1 аминокислоту, следовательно 30 тРНК соответствуют 30 аминокислотам, и белок состоит из 30 аминокислот.
2. Одну аминокислоту кодирует триплет нуклеотидов, значит 30 аминокислот кодируют 30 триплетов.
3. Количество нуклеотидов в гене, кодирующем белок из 30 аминокислот:
 $30 \times 3 = 90$.

Определение массы ДНК, гена, белка

Справочная информация:

- Информация о первичной структуре молекулы белка зашифрована в молекуле ДНК.
- Каждая аминокислота зашифрована последовательностью из трех нуклеотидов - триплетом или кодоном.

Пример 3

Белок состоит из 100 аминокислот. Установите, во сколько раз молекулярная масса участка гена, кодирующего данный белок, превышает молекулярную массу белка, если средняя молекулярная масса аминокислоты – 110, а нуклеотида – 300. Ответ поясните.

Элементы ответа:

- Одну аминокислоту кодирует триплет – 3 нуклеотида, следовательно, всего участок гена включает 300 нуклеотидов;
- Масса 100 аминокислот: $100 \cdot 110 = 11000$;
масса 300 нуклеотидов: $300 \cdot 300 = 90000$
- Масса участка гена больше массы белка в:
 $90000 / 11000 = 8,2$ раза

Решение задач с использованием таблицы генетического кода

**Необходимы знания
по процессам транскрипции,
трансляции:
принцип комплементарности,
свойства генетического кода,
понятия кодон, антикодон и т.д.**

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
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

Правила пользования таблицей

Первый нуклеотид в триплексе берётся из левого вертикального ряда; второй – из верхнего горизонтального ряда и третий – из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
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

В КИМ ЕГЭ-2019 не будет правил пользования таблицей генетического кода!

Пример 4

Отрезок молекулы ДНК, определяющий первичную структуру полипептида, содержит следующую последовательность нуклеотидов: **ААТГЦАЦГГ**.

Определите последовательность нуклеотидов на иРНК, число тРНК, участвующих в биосинтезе пептида, нуклеотидный состав их антикодонов и последовательность аминокислот, которые переносят эти тРНК. Для решения задачи используйте таблицу генетического кода.

Объясните полученные результаты.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Гли	Арг	А
	Лей	Про	Гли	Арг	Г
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

Схема решения задачи

включает:

1. На матрице ДНК синтезируется иРНК по принципу комплементарности; её последовательность: УУАЦГУГЦЦ;
2. Антикодон каждой тРНК состоит из трёх нуклеотидов, следовательно, в биосинтезе пептида участвуют три молекулы тРНК, антикодоны тРНК: ААУ, ГЦА, ЦГГ, комплементарны кодонам иРНК;

Так как антикодоны разных тРНК не являются единой цепью, их необходимо писать через запятую.

3. Последовательность аминокислот определяется по кодонам иРНК: -лей-арг-ала-

Пример 5

Одна из цепей ДНК имеет последовательность нуклеотидов: **ТГТЦТГТТЦААГГА.**

Определите последовательность нуклеотидов на иРНК и соответствующую последовательность аминокислот фрагмента молекулы белка. Объясните, что произойдет со структурой фрагмента молекулы белка, если в цепи ДНК выпадет третий триплет нуклеотидов.

Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Гли	Арг	А
	Лей	Про	Гли	Арг	Г
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

Элементы ответа:

1. Последовательность нуклеотидов иРНК:
АЦАГАЦААГУУЦЦЦУ.
2. Последовательность аминокислот:
тре-асп-лиз-фен-про.
3. Выпадение третьего триплета ТТЦ ведет к выпадению из полипептидной цепи аминокислоты лизина (лиз) и изменению первичной структуры белка.

Пример 6

В биосинтезе полипептида участвуют молекулы тРНК с антикодонами УАЦ, УУУ, ГЦЦ, ЦАА в данной последовательности.

Определите соответствующую последовательность нуклеотидов иРНК, ДНК и последовательность аминокислот во фрагменте молекулы белка, используя таблицу генетического кода.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Гли	Арг	А
	Лей	Про	Гли	Арг	Г
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

Схема решения задачи включает:

1. Последовательность нуклеотидов иРНК: АУГАААЦГГГУУ;
2. Фрагмент цепи ДНК: ТАЦТТТГЦЦЦАА;
3. Аминокислотная последовательность: мет-лиз-арг-вал

Пример 7

Известно, что все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. Фрагмент цепи ДНК, на которой синтезируется участок центральной петли тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов: **АЦГГТААААГЦТАТЦ**.

Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте, и аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если третий триплет соответствует антикодону тРНК. **Обоснуйте последовательность Ваших действий.** Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

Генетический код (иРНК)

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Гли	Арг	А
	Лей	Про	Гли	Арг	Г
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

Элементы ответа:

1. Нуклеотидная последовательность участка тРНК: УГЦЦАУУУУЦГАУАГ, так как она комплементарна нуклеотидам матрицы ДНК;
2. Нуклеотидная последовательность антикодона – УУУ (третий триплет) соответствует кодону на иРНК ААА;
3. По таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота Лиз, которую и будет переносить данная тРНК.

Пример 8

Фрагмент молекулы ДНК имеет последовательность нуклеотидов: АТААГГАТГЦЦТТТТ. Определите последовательность аминокислот во фрагменте полипептидной цепи и **обоснуйте свой ответ**. Какие изменения могли произойти в результате генной мутации во фрагменте молекулы ДНК, если вторая аминокислота в полипептиде заменилась на аминокислоту Фен? Какое свойство генетического кода позволяет получить разные фрагменты мутированной молекулы ДНК? **Ответ обоснуйте**. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

Элементы ответа:

1. Последовательность аминокислот в полипептиде: Тир-Сер-Тир-Гли-Лиз – определяется по последовательности нуклеотидов в молекуле иРНК: -УАУУЦЦУАЦГГАААА.
2. Во фрагменте полипептида вторая аминокислота Сер заменилась на Фен, что возможно при замене второго триплета в ДНК АГГ на триплеты ААА либо на ААГ (во втором кодоне иРНК УЦЦ на УУУ либо УУЦ).
3. Свойство генетического кода – избыточность (вырожденность), т.к. одной аминокислоте (Фен) соответствует более одного триплета (два триплета).

Задачи имеют четкую
структуру ответа и
оцениваются максимально
в **3 балла** при наличии всех
элементов.

ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ

- При написании последовательности нуклеотидов во фрагментах молекул ДНК, иРНК, тРНК **допускается запись** через тире между триплетами или нуклеотидами, так как это соответствует связи нуклеотидов между собой в единую цепь:

-ААГ-ЦГТ-АГТ-ТЦА-ГАА-

-А-А-Г-Ц-Г-Т-А-Г-Т-Т-Ц-А-Г-А-А-

- **Недопустимо** разделение триплетов в сплошной цепи ДНК или иРНК запятыми:

ААГ,ЦГТ,АГТ,ТЦА,ГАА

ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ

- **Ошибкой** **считается** запись антикодонов разных молекул тРНК через тире между триплетами, что означает связывание их в единую цепь:

Антикодоны тРНК: УАГ-УУГ-ЦУА

- Это свидетельствует о непонимании участником экзамена того, что антикодоны принадлежат разным молекулам тРНК и не связаны в единую цепь

ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ

- При записи фрагмента молекулы полипептида аминокислоты **могут быть соединены** друг с другом с помощью тире или написаны без разделения, одним словом:

Ала-Гли-Фен-Тир-Лиз ИЛИ АлаГлиФенТирЛиз

- Запятые между аминокислотами одной цепи **считаются ошибкой:**

Ала, Гли, Фен, Тир, Лиз

- **Отсутствие пояснения, если это требуется в задании, не дает возможность выставить высший балл**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!