

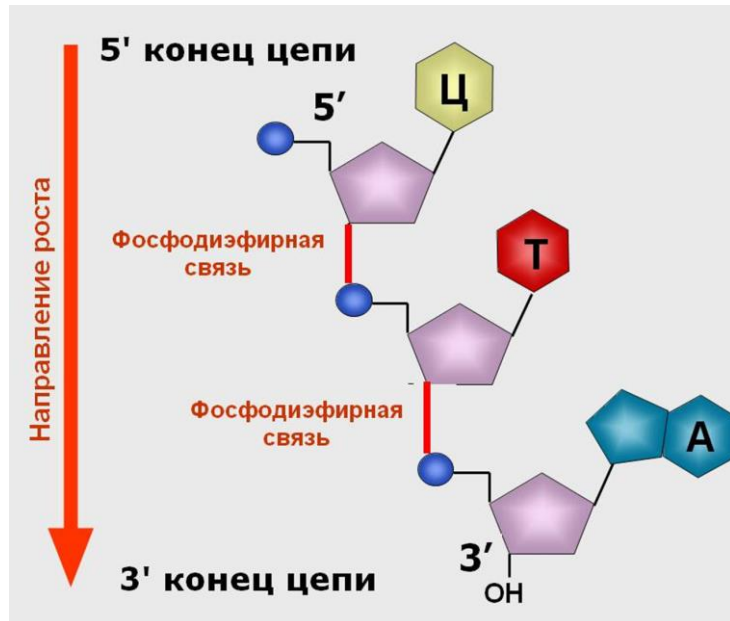
Мастер-класс

«Алгоритм решения задач на биосинтез белка (Линия 27 ЕГЭ)»

Подготовила: Е.В. Протопопова – преподаватель дисциплин
естественного цикла ГБПОУ НАО «НМСГК имени И.П.
Выучейского», председатель ПК ЕГЭ по биологии

г. Нарьян-Мар, 2026

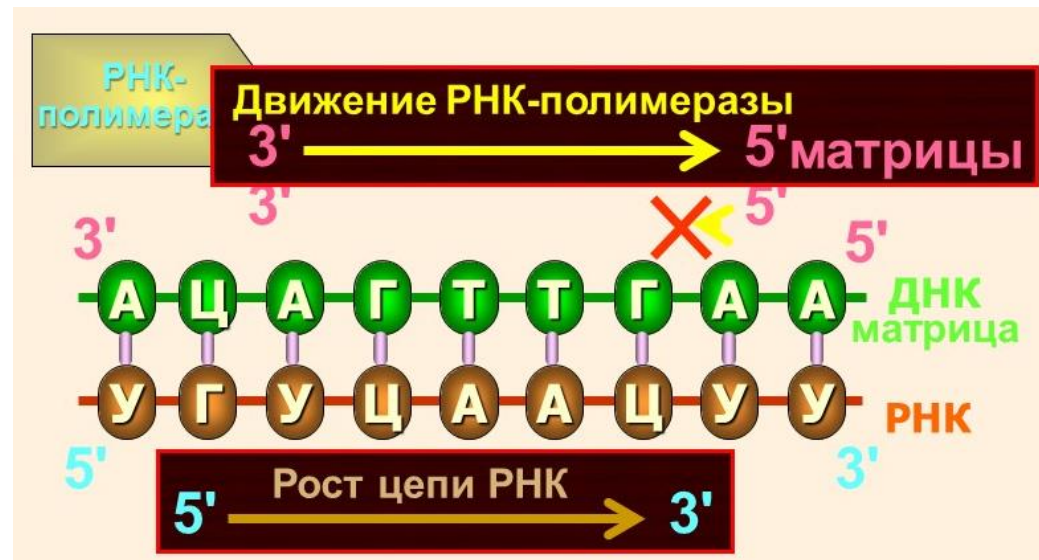
Для решения задач на биосинтез белка необходимо помнить следующие правила и принципы:



- Смысловая и транскрибируемая цепи ДНК антипараллельны.
- Смысловая цепь начинается с 5' - конца, а транскрибируемая – с 3' - конца

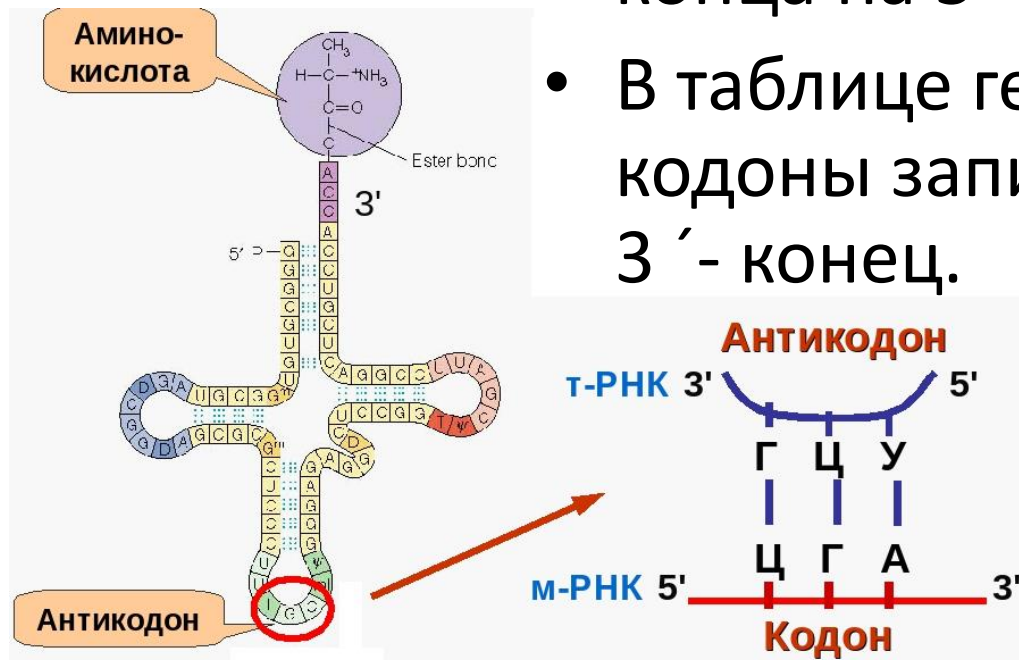
Для решения задач на биосинтез белка необходимо помнить следующие правила и принципы:

- Транскрипция идёт в направлении $3' \rightarrow 5'$, а трансляция в направлении $5' \rightarrow 3'$.
- В молекулярной биологии принято писать смысловую цепь ДНК сверху, а транскрибируемую цепь под ней.



Для решения задач на биосинтез белка необходимо помнить следующие правила и принципы:

- Кодоны ДНК, иРНК принято писать с 5' - конца на 3' - конец.
- Антикодоны принято писать с 3' - конца на 5' - конец.
- В таблице генетического кода кодоны записаны с 5' - конца на 3' - конец.



Генетический код (иРНК от 5' к 3' концу)

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 триплете берётся из левого вертикального ряда; второй — из верхнего горизонтального ряда; третий — из правого вертикального. Там, где пересекутся линии, идущие от всех трёх нуклеотидов, и находится искомая аминокислота.

Типы задач:

1. Информативная и неинформативная часть гена
2. Задачи на мутации
3. Антикодоны тРНК
4. Вирусные РНК
5. Центральная петля тРНК
6. Полная рамка считывания
7. Сдвиг рамки считывания (2024 г.)
8. Палиндромы тРНК (2024 г.)
9. Шпильчатая структура тмРНК (2025 г.)

Задание №1

Фрагмент гена имеет следующую последовательность нуклеотидов:

(верхняя цепь – смысловая, нижняя - транскрибируемая)

5' – ТААТГАЦЦГЦАТАТАТЦЦАТ - 3'

3' – АТТАЦТГГЦГТАТАТАГГТА - 5'

Ген содержит информативную и неинформативную части для трансляции. Информативная часть гена начинается с триплета, кодирующего аминокислоту **Мет**

- С какого нуклеотида начинается информативная часть гена?**
- Определите последовательность аминокислот во фрагменте полипептидной цепи?**

Ответ поясните.

Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

Решение:

ДНК_смысловая	5' – ТААТГАЦЦГЦАТАТАТЦЦАТ - 3'
ДНК_транскриб.	3' – АТТАЦТГГЦГТАТАТАГГТА - 5'

- 1) По принципу комплементарности находим цепь
иРНК : 5' – УААУГАЦЦГЦАУАУАУЦЦАУ - 3'
- 2) По условию задачи сказано, что информативная часть гена начинается с триплета, кодирующего аминокислоту **Мет.**
Используя таблицу генетического кода, находим кодон **АУГ**, который кодирует данную аминокислоту.

Решение:

3) Далее по цепи иРНК устанавливаем информативную часть гена:

иРНК : 5' – УА**АУ**Г**А**ЦЦГЦАУАУАУЦЦАУ - 3'

Мет

ДНК_*транскриб.* 3' – АТ**Т**АЦТГГЦГТАТАТАГГТА - 5'

информативная часть гена на

ДНК начинается с нуклеотида **Т**

4) Устанавливаем последовательность аминокислот по кодонам иРНК (*используя таблицу генетического кода*)

Мет – Тре – Ала – Тир – Иле - Гис

Задание №2

Исходный фрагмент молекулы ДНК имеет следующую последовательность:

(верхняя цепь – смысловая, нижняя - транскрибируемая)

5'– ГЦГГГЦТАТГАТЦТГ - 3'

3' – ЦГЦЦЦГАТАЦТАГАЦ - 5'

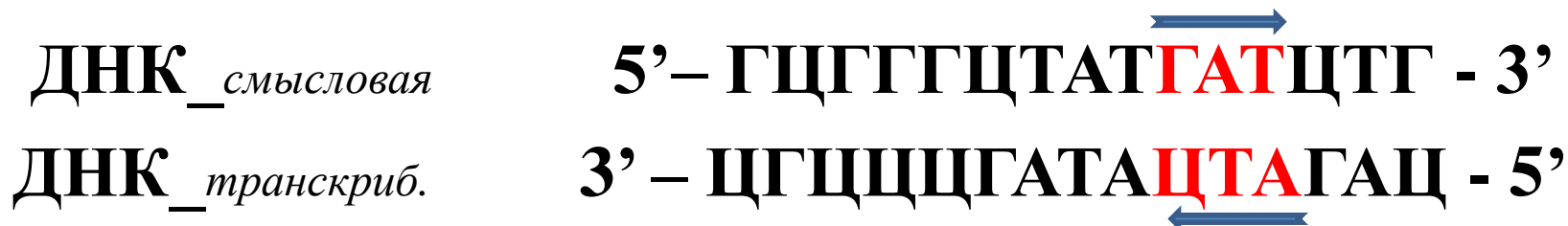
В результате замены одного нуклеотида в ДНК **четвертая аминокислота во фрагменте полипептида заменилась на аминокислоту **Вал.****

- Определите аминокислоту, которая кодировалась до мутации.**
- Какие изменения произошли в ДНК, иРНК в результате замены одного нуклеотида?**
- Благодаря какому свойству генетического кода одна и та же аминокислота у разных организмов кодируется одним и тем же триплетом?**

Ответ поясните. Для решения используйте таблицу генетического кода.

Решение:

1)



Четвертый триплет смысловой цепи ДНК – **ГАТ**,
транскрибируемой – **АТЦ** (5' → 3')

Для установления исходной аминокислоты по кодону транскрибируемой цепи ДНК устанавливаем кодон иРНК



Аминокислота :	Асп
----------------	-----

Решение:

2) по условию задания в результате замены одного нуклеотида в ДНК **четвертая** аминокислота (**Асп**) во фрагменте полипептида заменилась на аминокислоту **Вал**

Используя таблицу генетического кода устанавливаем, что аминокислоту **Вал** кодируют четыре кодона: **ГУУ**, **ГУЦ**, **ГУА**, **ГУГ** (триплет иРНК **ГАУ** кодирует аминокислоту Асп), следовательно кодон иРНК будет ГУУ, а четвертый триплет:

ДНК_смысловая 5' – ГТТ - 3'

ДНК_транскриб. 3' – ЦАА- 5'

3) Свойство генетического кода – универсальность.

Задание №3

Молекулы тРНК, несущие соответствующие антикодоны, входят в рибосому в следующем порядке:

ГУА, УАЦ, УГЦ, ГЦА.

Определите:

- последовательность нуклеотидов смысловой и транскрибируемой цепей ДНК**
- иРНК**
- аминокислот в молекуле синтезируемого белка.**

Ответ поясните.

Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

При выполнении задания учитывайте, что антикодоны тРНК антипараллельны кодомам иРНК .

Решение:

1) По условию задания сказано, что молекулы тРНК, несущие соответствующие антикодоны, входят в рибосому в следующем порядке:

5'- ГУА - 3', 5'-УАЦ - 3', 5'- УГЦ - 3', 5'- ГЦА - 3'.

Чтобы определить последовательность нуклеотидов иРНК по антикодонам тРНК, следует каждый антикодон расположить в направлении 3'  5'

3' – АУГ- 5' 3' – ЦАУ- 5' 3' – ЦГУ- 5' 3' – АЦГ- 5'

иРНК 5'- УАЦГУАГЦАУГЦ - 3',

Решение:

2) Нуклеотидную последовательность транскрибируемой и смысловой цепей определяем по принципу комплементарности:

иРНК 5'- УАЦГУАГЦАУГЦ - 3'

ДНК_транскриб. 3'- АТГЦАТЦГТАЦГ- 5'

ДНК_смысловая 5'- ТАЦГТАГЦАТГЦ - 3'

3) По таблице генетического кода и кодонам иРНК находим последовательность аминокислот во фрагменте белка:

иРНК 5'- УАЦГУАГЦАУГЦ - 3'

Полипептид Тир – Вал – Ала – Цис

Задание №4

Некоторые вирусы в качестве генетического материала несут РНК. Такие вирусы, заразив клетку, встраивают ДНК-копию своего генома в геном хозяйской клетки. В клетку проникла вирусная РНК следующей последовательности:

5' - АУГГЦУУУУГЦА - 3'

Определите:

- Какова последовательность вирусного белка, если матрицей для синтеза иРНК служит цепь, комплементарная вирусной РНК.**
- Напишите последовательность двухцепочечного фрагмента ДНК, укажите 5' и 3' концы цепей.**

Ответ поясните. Для решения задания используйте таблицу генетического кода.

Решение:

1) По принципу комплементарности находим последовательность нуклеотидов в двухцепочечном фрагменте ДНК:

РНК вируса 5'- АУГГЦУУУУГЦА - 3'

ДНК_ *смысловая* 5'- АТГГЦТТТТТГЦА - 3'

ДНК_ *транскриб.* 3'- ТАЦЦГААААЦГТ - 5'

2) По принципу комплементарности находим иРНК на которой будет синтезироваться белок (*по условию задания указано, что матрицей для синтеза иРНК служит цепь, комплементарная вирусной РНК*):

ДНК_ *транскриб.* 3'- ТАЦЦГААААЦГТ - 5'

иРНК 5'- АУГГЦУУУУГЦА - 3'

3) По таблице генетического кода определяем последовательность аминокислот в вирусном белке:

Мет – Ала – Фен – Ала

Задание №5

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

(верхняя – смысловая, нижняя - транскрибируемая)

5'- ТГЦГЦТГААЦЦАГЦТ - 3'

3'- АЦГЦГАЦТТГГТЦГА - 5'

- Установите нуклеотидную участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте, обозначьте 5' и 3' концы этого фрагмента**
- Определите аминокислоту, которую будет переносить эта тРНК в процессе биосинтеза белка, если третий триплет с 5'конца соответствует антикодону тРНК.**

Ответ поясните. Для решения используйте таблицу генетического кода.

Решение:

- 1) Нуклеотидная последовательность участка центральной петли тРНК устанавливается по принципу комплементарности:

ДНК_транскриб.	3'- АЦГЦГАЦТТГГТЦГА - 5'
тРНК	5'-УГЦГЦУГААЦЦАГЦУ - 3'

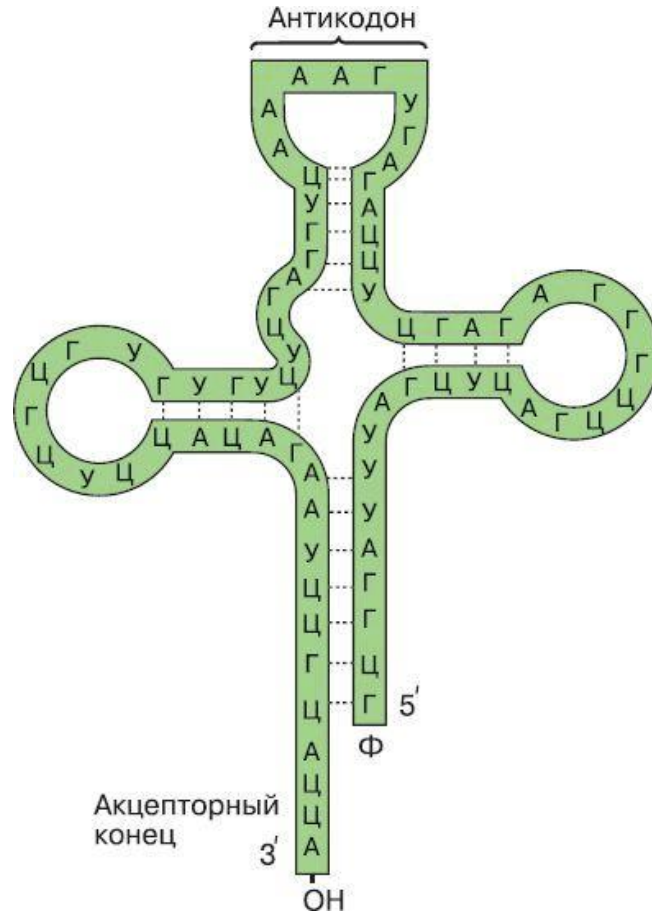
- 2) третий триплет 5'- ГАА - 3' соответствует антикодону тРНК .

Для нахождения кодона иРНК антикодон следует расположить в направлении от 3'- ААГ - 5' 

Решение:

3) кодон иРНК

5'- УУЦ - 3'



Аминокислота: Фен - по таблице генетического кода

Задание №6

Ген имеет кодирующую и не кодирующую области. Кодирующая область гена, включающая старт-кодон и стоп-кодон, называется **открытая рамка считывания.**

Старт-кодон соответствует триплету, кодирующему аминокислоту

Мет. Фрагмент бактериального гена, содержащий полную открытую рамку считывания, имеет следующую последовательность нуклеотидов:

5' – ТЦТЦТЦАГЦЦТГЦТАЦГЦАТАЦЦАТГ - 3'

3' – АГАГАГТЦГГАЦГАТГЦГТАТГГТАЦ - 5'

- Определите транскрибируемую цепь ДНК, поясните свой выбор.
- Запишите открытую рамку считывания на иРНК и последовательность аминокислот полипептидной цепи.

Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Решение:

- 1) По условию задачи сказано, что кодирующая область гена начинается с триплета, кодирующего аминокислоту **Мет.** Используя таблицу генетического кода, находим кодон **5'- АУГ- 3'** , который кодирует данную аминокислоту.
- 2) Определяем комплементарный ему триплет транскрибируемой цепи ДНК **3'- ТАЦ - 5'** (или **5'- АТГ-3'** на смысловой цепи ДНК).
- 3) Такой кодон есть в нижней цепи ДНК, но в самом конце (он не подходит), также он есть в верхней цепи (**смотрим в направлении 3'→5'!**), следовательно транскрибируемая цепь ДНК – **верхняя.**

Решение:

ДНК_транскр. 3'– ГТАЦАТАЦГЦАТЦГТЦЦГАЦТЦТЦТ–5'

- 4) По принципу комплементарности находим цепь
иРНК : 5' – ЦАУГГУАУГЦГУАГЦАГГЦУГАГАГА – 3'
- 5) По условию задачи сказано, что кодирующая область гена имеет как старт-кодон, так и **стоп-кодон**. Старт-кодон есть в двух случаях, однако он соответствует первому триплету 5'- АУГ- 3' , так как во фрагменте имеется стоп-кодон 5'- УГА- 3'.
- 6) Определяем открытую рамку считывания:
5'-АУГГУАУГЦГУАГЦАГГЦУГА-3' (обязательно с указанием стоп-кодона) или 5'-ЦАУГГУАУГЦГУАГЦАГГЦУГАГАГА-3' (с обязательным указанием границ открытой рамки считывания: подчеркнута, обведена, отмечены начало и конец и т. п.)
- 7) Устанавливаем последовательность аминокислот по кодонам иРНК (используя таблицу генетического кода)
Мет – Вал – Цис – Вал – Ала - Гли

Задание №7

В начале кодирующей части генов инфузорий рода *Euplotes* встречаются **стоп-кодоны**. Однако в начале гена рибосома при встрече с таким стоп-кодоном в иРНК **сдвигает рамку считывания на один нуклеотид в сторону 3' конца и продолжает синтез полипептида**. Фрагмент начала гена инфузории имеет следующую последовательность (нижняя цепь матричная (транскрибируемая)):

5' – ЦТТГАТГЦАТТААЦЦГАЦТТЦА - 3'

3' – ГААЦТАЦГТААТТГГГЦТГААГТ - 5'

- **Определите нуклеотидную последовательность информационной РНК и образующийся на ней фрагмент полипептида.**
- **При ответе учитывайте, что полипептидная цепь начинается с аминокислоты **Мет**.**

Ответ поясните.

Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Решение:

ДНК_транскриб. 3' – ГААЦТАЦГТААТТГГГЦТГААГТ - 5'

- 1) По принципу комплементарности находим нуклеотидную последовательность иРНК :

5' – ЦУУГАУГЦАУУААЦЦЦГАЦУУЦА - 3'

- 2) По условию задачи сказано, что информативная часть гена начинается с триплета, кодирующего аминокислоту **Мет.**

Используя таблицу генетического кода, находим кодон

5'- АУГ- 3' , который кодирует данную аминокислоту.

- 3) 5' – ЦУУГ**АУГ**ЦАУ~~УАА~~ЦЦЦГАЦУУЦА - 3'

В рамке считывания имеется стоп-кодон 5'-УАА-3'. Происходит сдвиг рамки считывания до кодона 5'-ААЦ-3'.

- 4) Устанавливаем последовательность аминокислот по кодонам иРНК (используя таблицу генетического кода)

Мет – Гис – Асн – Про – Тре - Сер

Задание №8

Все виды РНК синтезируются на ДНК-матрице. В цепи РНК и ДНК могут иметься специальные участки - **палиндромы, благодаря которым у молекулы может возникать вторичная структура. Фрагмент молекулы ДНК, с которой синтезируется фрагмент центральной цепи тРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов (нижняя цепь матричная (транскрибируемая)):**

5' – ГТГТЦЦТГАГЦТАЦАГГАЦТ - 3'

3' – ЦАЦАГГАЦТЦГАТГТЦЦТГА - 5'

- Установите нуклеотидную последовательность участка тРНК, который синтезируется на данном фрагменте.
- Найдите на данном участке **палиндром** и установите **вторичную структуру** центральной петли тРНК.
- **Определите аминокислоту**, которую будет переносить эта тРНК в биосинтезе белка, учитывая, что **антикодон равноудален от палиндрома**.

Объясните последовательность решения задачи.

Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Решение:

ДНК_транскриб. 3' – ЦАЦАГГАЦТЦГАТГТЦЦТГА - 5'

- 1) По принципу комплементарности находим нуклеотидную последовательность участка тРНК :

5' – ГУГУЦЦУГАГЦУАЦАГГАЦУ - 3'

- 2) По условию задачи сказано, что во фрагменте имеются палиндромы (ищем комплементарные участки с разных сторон тРНК) 5' – ГУ**ГУЦЦУ**ГАГЦУА**ЦАГГАЦУ** - 3'



- 3) Палиндром в последовательности: 5'-ГУЦЦУГ-3' (3'-ЦАГГАЦ-5'). *При указании палиндрома в последовательности тРНК или на изображении шпильчатой структуры элемент засчитывать как верный.*

Решение:

4) Определяем вторичную структуру тРНК:



Удобно начинать с палиндрома. Указываем число водородных связей.

5) Определим антикодон тРНК - по условию задачи он равноудалён от конца палиндroma: 3'-УГЦ- 5'. (**Смотрим в направлении 3' → 5'!**)

6) Антикодон соответствует кодону иРНК 5'-АГЦ-3'.

7) По таблице генетического кода этому кодону соответствует аминокислота сер (серин), которую будет переносить данная тРНК.

Задание №9

У бактерий имеются специфические транспортно-матричные РНК (**тмРНК**). В тмРНК есть **шпилечная структура**, которая позволяет ей попадать в рибосому. **После шпильки через несколько нуклеотидов располагается открытая рамка считывания**, которая начинается с **аланинового кодона**. Фрагмент молекулы ДНК, на которой синтезируется участок тмРНК, имеет следующую последовательность нуклеотидов (нижняя цепь матричная (транскрибируемая)):

5' – АЦГАЦТТЦЦТГЦАГААГТЦААГЦАГАТАЦТГААЦ - 3'

3' – ТГЦТГААГГАЦГТЦТТЦАГТТЦГТЦТАТГАЦТТГ - 5'

- Установите нуклеотидную последовательность участка тмРНК, который синтезируется на данном фрагменте.
- Найдите на данном участке комплементарные участки и установите вторичную структуру участка тмРНК.
- Установите последовательность начала открытой рамки считывания на данном участке тмРНК.
- Какая последовательность полипептида кодируется данным фрагментом тмРНК?

Ответ поясните.

Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Решение:

ДНК_транскриб.

3' – ТГЦТГААГГАЦГТЦТТЦАГТТЦГТЦТАТГАЦТТГ - 5'

1) По принципу комплементарности находим нуклеотидную последовательность участка тмРНК :

5' – АЦГАЦУУЦЦУГЦАГААГУЦААГЦАГАУАЦУГААЦ - 3'

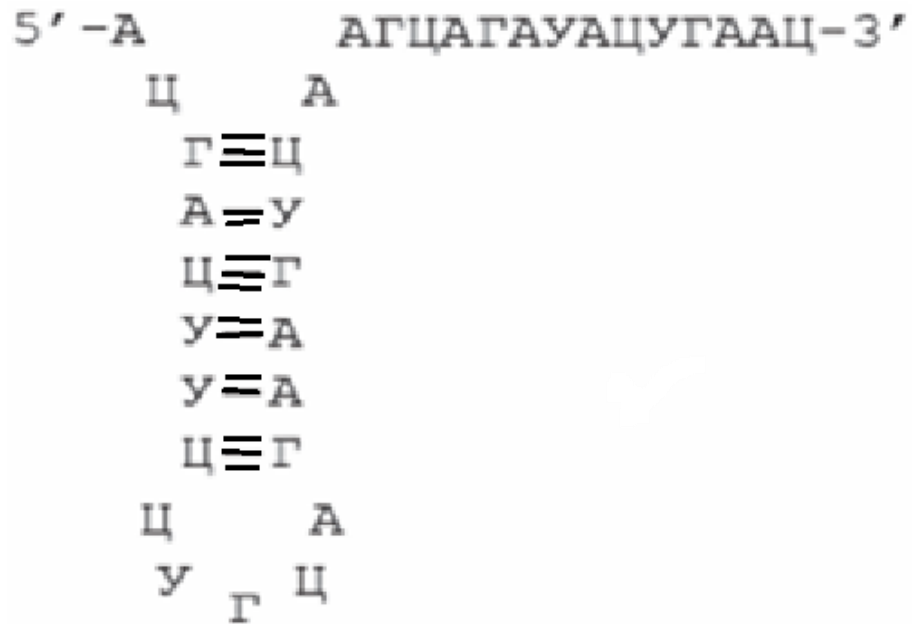
2) Открытая рамка считывания начинается с кодона **5'-ГЦА-3'**, кодирующего **аланин (ала)**, который находится через несколько нуклеотидов от шпильки (**находим его в цепи тмРНК**).

3) По условию задачи сказано, что во фрагменте имеются комплементарные участки (ищем их во фрагменте тмРНК с разных сторон):

5' – АЦ**ГАЦУУЦ**ЦУГЦА**ГААГУЦ**ААГЦАГАУАЦУГААЦ - 3'



Решение:



4) Определяем вторичную структуру тРНК:

Удобно начинать с комплементарных участков.

Указываем число водородных связей.

5) Определяем открытую рамку считывания:

5'-ГЦАГАУАЦУГАА(Ц)-3' (*или отмечена и подписана на последовательности тмРНК или вторичной структуре.*

В ключах от ФИПИ предлагается вариант, в котором "лишний" нуклеотид Ц, входящий в состав открытой рамки считывания, но не образующий триплет, кодирующий аминокислоту, записан в скобках, то есть, его можно не указывать. Но, по мнению ряда экспертов, этот нуклеотид должен быть указан в рамке считывания, поэтому рекомендуем такой вариант оформления.).

6) Устанавливаем последовательность аминокислот по кодонам иРНК (используя таблицу генетического кода)

Ала – Асп – Тре – Глу