

# Рамка считывания как элемент решения задач на биосинтез белка

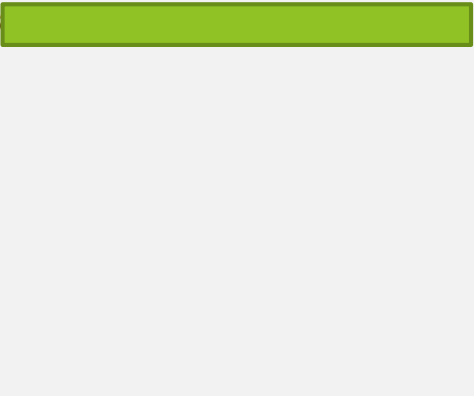
МОУ «Краснояржская СОШ №2»  
Смогарева Юлия Ивановна

# Памятка

- ▶ При написании последовательности нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.
- ▶ Цепи ДНК антипаралельны (5' - концу в одной цепи соответствует 3' - конец другой цепи).
- ▶ Цепи ДНК 5' - 3' - смысловая (нематричная), цепи ДНК 3' - 5' - транскрибируемая (матричная, антисмысловая).
- ▶ Все виды РНК синтезируются по матричной цепи ДНК; образующаяся цепь РНК будет иметь ориентацию 5' - 3' .
- ▶ Последовательность аминокислот определяется только по иРНК.
- ▶ Если дана цепь ДНК 3' - 5' -, с которой транскрибируется тРНК, то тРНК получится 5' - 3'. Кодон иРНК, который будет соответствовать антикодону тРНК, определяем по правилу комплементарности и антипараллельности (т.е. переворачиваем, «зеркалим», чтобы он также имел ориентацию 5' - 3' .
- ▶ В задаче сразу могут быть даны антикодоны тРНК (обычно 5' - 3' ). Также может быть написано , что антикодоны антипараллельны кодонам иРНК. Составляем кодоны иРНК таким образом, чтобы они имели ориентацию 5' - 3' .
- ▶ В таблице генетического кода первый столбик - 5' конец, последний - 3' конец.

| Основные типы задач                                                                      | Подсказки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Пояснения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ПЕРВЫЙ ТИП</b><br/> Определение<br/> смысловой<br/> (кодирующей цепи)<br/> ДНК</p> | <p>1) по таблице генетического кода определяем кодон в иРНК, который шифрует данную аминокислоту<br/> Далее есть <b>два подхода</b> к решению:<br/> 2) ищем смысловую цепь (иРНК по последовательности нуклеотидов и направлению цепи является точной копией смысловой цепи (только нуклеотид Т заменяется на У, а также используются рибонуклеотиды)<br/> 3) ищем транскрибируемую цепь (иРНК и транскрибируемая цепь ДНК антипараллельны и полностью комплементарны друг другу).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Все пояснения и оформление задач стандартные</p> <p><b>Оформление:</b><br/> 1) У всех цепей и всех кодонов, выписываемых отдельно от цепи, пишем направление 5'-3'<br/> 2) Не забываем, что любые цепи антипараллельны:<br/> -ДНК (транскр) и ДНК (смысл)<br/> -ДНК (транскр) и иРНК<br/> -ДНК (транскр) и тРНК (для генов тРНК)<br/> -иРНК и антикодоны тРНК<br/> 3) Аминокислоты пишутся через дефис<br/> 4) Различные антикодоны тРНК, т.к. они относятся к разным молекулам, пишутся через запятую (больше ничего через запятую писать нельзя).<br/> 5) Если на конце цепи возникает стоп-кодон, то писать слово «стоп» в полипептидную цепь нельзя, т.к. все стоп-кодоны не кодируют аминокислот и отмечены прочерком в таблице</p> |
| <p><b>ВТОРОЙ ТИП</b><br/> Определение<br/> кодирующей части<br/> начала гена</p>         | <p>В данном случае в последовательности иРНК необходимо найти триплет АУГ, который кодирует метионин (мет) и является старт-кодоном. Таким образом, все нуклеотиды до старт-кодона будут являться некодирующей последовательностью, а после – кодирующей белок (или открытой рамкой считывания).<br/> Есть <b>три варианта</b> этой задачи:<br/> 1) определить, с какого нуклеотида начнется синтез белка (используем иРНК)<br/> 2) определить, с какого нуклеотида начинается информативная часть гена (используем двухцепочечную ДНК)<br/> 3) определить, с какого нуклеотида начинается информативная часть гена (открытая рамка считывания) в случае, когда в цепи есть несколько старт-кодонов и стоп-кодон, который обрывает синтез первой цепи</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ТРЕТИЙ ТИП</b></p> <p>Определение<br/>кодирующей части<br/>конца гена</p> | <p>В данном случае необходимо в последовательности иРНК найти один из трех возможных стоп-кодонов (УАА, УАГ, УГА). Этот стоп-кодон указывает на конец открытой рамки считывания. Таким образом, все нуклеотиды до стоп-кодона будут являться кодирующей последовательностью, а после – не кодирующей белок ( [REDACTED] )</p>                                          | <p>[REDACTED]</p> <p><b>Стандартные пояснения:</b></p> <p>1) Когда записываем иРНК на матрице ДНК:<br/>«По принципу комплементарности и антипараллельности на матрице транскрибируемой цепи ДНК запишем последовательность нуклеотидов в иРНК»</p> |
| <p><b>ЧЕТВЕРТЫЙ ТИП</b></p> <p>Замена аминокислоты</p>                          | <p>В данном случае необходимо по таблице генетического кода сравнить триплеты, которые кодируют исходную аминокислоту и аминокислоту после мутации. Сравнивая два триплета, необходимо определить отличный нуклеотид, замена которого и привела к мутации. Также стоит указать не только замену триплета (нуклеотида) в иРНК, но и в двухцепочечной ДНК [REDACTED]</p> | <p>2) Когда ищем последовательность аминокислот в белке:<br/>«По таблице генетического кода, используя кодоны иРНК, определим последовательность</p>                                                                                               |

|                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ПЯТЫЙ ТИП</b><br/>Работа с вирусной РНК</p>                                          | <p>В данном случае необходимо вспомнить, что РНК-содержащие вирусы обладают обратной транскрипцией, т.е. после проникновения в клетку синтезируют по принципу комплементарности на вирусной РНК вирусную ДНК, которая встраивается в ДНК клетки-хозяина. Затем запускаются клеточные механизмы синтеза белка, т.е. транскрипция и трансляция вирусных белков (рис. 2.10).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |
| <p><b>ШЕСТОЙ ТИП</b><br/>Определение последовательности иРНК и ДНК по антикодонам тРНК</p> | <p>Если в предыдущих задачах мы шли в направлении ДНК-иРНК-белок, то в данном случае мы движемся в обратном направлении – антикодоны тРНК-иРНК-ДНК. Важно понимать, что все цепи нуклеиновых кислот антипараллельны друг другу, антикодоны тРНК и иРНК не исключение. При этом начало любой цепи начинается с 5'-конца, а заканчивается 3'-концом. Но т.к. иРНК мы привыкли записывать в том же направлении с 5'-конца, поэтому, учитывая принцип антипараллельности, советую «перевернуть» антикодоны тРНК, т.е. если дан антикодон 5'-ЦГУ-3', лучше записать его 3'-УГЦ-5'.<br/>В данном типе задач есть два варианта:<br/>1) определить последовательность нуклеотидов <b>иРНК</b>, двухцепочечной <b>ДНК</b>, последовательность <b>аминокислот</b> (№23-25);<br/>2) определить последовательность нуклеотидов <b>иРНК</b> и <b>аминокислот</b> в полипептиде <b>до замены</b> (триплета в иРНК/одного из антикодонов тРНК) <b>и после</b> (№26,27).</p> |                                                                                    |
| <p><b>СЕДЬМОЙ ТИП</b></p>                                                                  | <p>Б</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                    |

### Определение последовательности тРНК

Если ген кодирует белок, тогда в процессе транскрипции мы получим иРНК, а с нее последовательность аминокислот в белке. Если же ген, как в данной задаче, кодирует тРНК, тогда в процессе транскрипции мы получим последовательность тРНК, которая никогда не является матрицей для синтеза белка, а участвует в переносе аминокислоты к рибосоме.

В данной задаче есть три варианта:

- 1) определить **аминокислоту**, которую будет переносить данная тРНК [redacted],
- 2) определить **антикодон** в цепи тРНК [redacted],
- 3) определить **палиндромы** в тРНК, **вторичную структуру** (двухцепочечный фрагмент+петля), **антикодон** тРНК, **аминокислоту**, которую будет переносить данная тРНК [redacted]

Фрагмент начала гена имеет следующую последовательность нуклеотидов (верхняя цепь – смысловая, нижняя – транскрибируемая):

5' – АЦАТГЦЦАГГЦТАТТЦЦАГЦ –3'

3' – ТГТАЦГГТЦЦГАТААГГТЦГ –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 выполнения задания используйте таблицу генетического кода.

► Решение:

► 1. По принципу комплементарности строим цепь и-РНК и обозначаем 5' - и 3' -концы.

► ДНК: 3' – Т Г Т А Ц Г Г Т Ц Ц Г А Т А А Г Г Т Ц Г

► и-РНК 5' – А Ц А У Г Ц Ц А Г Г Ц У А У У Ц Ц А Г Ц

► 2. В условии сказано, что информативная часть гена начинается с аминокислоты Мет. По таблице генетического кода определяем, что эту аминокислоту кодирует только один кодон и-РНК – АУГ. По принципу комплементарности определяем триплет в транскрибируемой цепи ДНК, соответствующий кодону 5' – АУГ –3'; это триплет 3' – ТАЦ –5'. Внимание! В таблице генетического кода кодоны и-РНК записаны в направлении 5' → 3'. Следовательно, информативная часть гена начинается с третьего нуклеотида Т в транскрибируемой цепи ДНК.

► 3. По таблице генетического кода определяем аминокислотный состав белка, начиная с кодона АУГ.

► Белок: Мет – Про – Гли – Тир – Сер – Сер.

- ▶ Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу одной цепи соответствует 3' конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу. Ген имеет кодирующую и некодирующую области. Кодирующая область гена, включающая старт-кодон и стоп-кодон, называется открытой рамкой считывания. Старт-кодон соответствует триплету, кодирующему аминокислоту мет. Фрагмент бактериального гена, содержащий полную открытую рамку считывания, имеет следующую последовательность нуклеотидов:
  - ▶ 5' -ГАТГГЦЦЦАЦЦАААГАТАЦТААГТАЦА-3'
  - ▶ 3' -ЦТАЦЦГГГТГГТТТ ТАТГАТТЦАТГТ-5'
- ▶ Определите транскрибируемую цепь ДНК, поясните свой выбор. Запишите открытую рамку считывания на иРНК и последовательность аминокислот в полипептидной цепи. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

## Генетический код (иРНК)

| Первое<br>основание | Второе основание |     |     |     | Третье<br>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                   |

- ▶ Схема решения задачи включает:
- ▶ 1) транскрибируемая (матричная) цепь ДНК нижняя;
- ▶ 2) на иРНК присутствуют 5' -АУГ-3' (старт-кодон) (или 3' -ТАЦ-5' на ДНК, или 5' -АТГ-3' на смысловой ДНК);
- ▶ 3) на иРНК присутствует 5' -УАА-3' (стоп-кодон) (или 3' -ААТ-5' на ДНК, или 5' -ТАА-3' на смысловой ДНК)
- ▶ 4) открытая рамка считывания:
- ▶ 5' -АУГГЦЦАЦЦАААГАУАЦУАА-3' ИЛИ
- ▶ 5' -ГАУГГЦЦАЦЦАААГАУАЦУААГУАЦА-3' (с обязательным указанием границ открытой рамки считывания: подчёркнута, обведена, отмечены начало и конец и т.п.);
- ▶ 5) последовательность аминокислот: мет-ала-гис-гln-арг-тир.

- ▶ Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны (5' концу в одной цепи соответствует 3' конец другой цепи). Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5' к 3' концу. Молекулы тРНК, несущие соответствующие антикодоны, входят в рибосому в следующем порядке (антикодоны указаны в направлении от 5' к 3' концу):
- ▶ АГЦ, УЦЦ, УАГ, ГУЦ, ГУА
- ▶ Определите последовательность смысловой и транскрибируемой цепей ДНК, иРНК и аминокислот в молекуле синтезируемого фрагмента белка. Ответ поясните. Для решения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

- ▶ Схема решения задачи включает:
- ▶ 1) нуклеотидная последовательность участка иРНК: 5'-ГЦУГГАЦУАГАЦУАЦ-3';
- ▶ 2) последовательность белка ала-гли-лей-асп-тир;
- ▶ 3) молекула ДНК 5'-ГЦТГГАЦТАГАЦТАЦ-3'  
3'-ЦГАЦЦТГАТЦТГАТГ-5';
- ▶ 4) верхняя цепь молекулы ДНК смысловая (нижняя - транскрибируемая). При написании при написании последовательности нуклеотидов в нуклеиновых кислотах обязательно должны быть указаны концы. Для молекулы ДНК должны быть указаны последовательности обеих цепей

У инфузорий рода *Euplotes* в последовательности белок-кодирующих генов в большом количестве встречаются стоп-кодоны. Однако, если такие кодоны находятся достаточно далеко от поли-А хвоста (находится на 3'-конце зрелой иРНК), то происходит сдвиг рамки считывания на +1 нуклеотид и рибосома их не замечает. Синтез нуклеиновых кислот начинается с 5' конца. Рибосома движется от 5' к 3' концу зрелой иРНК. Фрагмент начала гена инфузории имеет следующую последовательность (нижняя цепь матричная – транскрибируемая):

5' – АЦТТЦАТГЦАЦЦААТААГЦГТТЦТА – 3'

3' – ТГААГТАЦГТГГТТАТТЦГЦААГАТ – 5'

Определите нуклеотидную последовательность фрагмента иРНК, найдите открытую рамку считывания, если известно, что синтез полипептида начинается с аминокислоты мет. Определите последовательность образующегося на данной иРНК фрагмента полипептида. Ответ поясните. Для выполнения используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

Схема решения задачи включает:

1) фрагмент иРНК:

5'-АЦУУЦАУГЦАЦЦААУААГЦГУУЦУА-3';

2) кодирующая последовательность гена начинается со старт кодона АУГ (или указан и подписан словом «старт» или «мет» на последовательности иРНК);

3) открытая рамка считывания:

5'-АУГЦАЦЦААУААГЦГУУЦУ(А)-3' (или в явном виде указана на последовательности иРНК);

4) в рамке считывания имеется стоп кодон УАА (или указан и подписан словом «стоп» на последовательности иРНК);

5) происходит сдвиг рамки считывания до кодона ААГ (или указан и подписан как «новый кодон» или «лиз» на последовательности иРНК);

6) последовательность аминокислот в полипептиде:  
мет-гис-гln-лиз-арг-сер.

Написание открытой рамки считывания с «выкинутым» нуклеотидом, на который произошёл сдвиг (с выброшенным первым нуклеотидом стоп-кодона), считается неверным, элемент 3 не засчитывается

**Спасибо за внимание!**

