

## § 23. Генетический код и его свойства

Как вы знаете, признаки и свойства каждого организма определяются прежде всего белками, которые синтезируются в его клетках. Белки выполняют самые разнообразные функции (вспомните какие), обеспечивая тем самым протекание процессов жизнедеятельности. Можно сказать, что именно от этих биополимеров в первую очередь и зависит существование организма. Однако время функционирования белков, как и многих других биомолекул, весьма ограничено. Поэтому синтез белков в организме должен осуществляться непрерывно. Этот процесс протекает во всех клетках одноклеточных и многоклеточных организмов.

Вам также известно, что хранителем наследственной (генетической) информации, т. е. информации о первичной структуре белков, является ДНК. Участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре одного белка, получил название ген. Кроме того, генами называют участки ДНК, хранящие информацию о строении молекул рРНК и тРНК.

В биосинтезе белков, который осуществляется в рибосомах, ДНК прямого участия не принимает. Передача генетической информации, содержащейся в ДНК, к месту синтеза белка происходит с помощью посредника. Этим посредником является *матричная (информационная) РНК* (мРНК, иРНК), которая синтезируется на одной из цепей молекулы ДНК по принципу комплементарности.

В молекулах ДНК и мРНК информация о первичной структуре белков «записана» в виде последовательности нуклеотидов. Сами же белки синтезируются из аминокислот. Значит, в природе существует особая система кодирования, на основании которой последовательность нуклеотидов расшифровывается в виде последовательности аминокислот молекул белков. Этот «шифр» называется генетическим кодом. Таким образом, **генетический код** — это система записи информации о первичной структуре белков в виде последовательности нуклеотидов ДНК (мРНК).

Генетический код обладает следующими свойствами.

1. Код является **триплетным**. Это значит, что каждая аминокислота кодируется *триплетом (кодоном)* — сочетанием трех последовательно расположенных нуклеотидов. В состав молекул ДНК и РНК входит по 4 типа нуклеотидов. Если бы за определенную аминокислоту «отвечал» один нуклеотид, можно было бы закодировать только 4 из 20 белокобразующих аминокислот. Дублетов (по два нуклеотида) хватило бы лишь на  $4^2 = 16$  аминокислот. Количество возможных триплетов (сочетаний трех

нуклеотидов) составляет  $4^3 = 64$ . Этого с избытком хватает для кодирования всех 20 видов аминокислот (табл. 14).

Таблица 14. Генетический код, указаны нуклеотиды мРНК (иРНК) (первый нуклеотид триплета берут из левого вертикального ряда, второй — из горизонтального ряда, третий — из правого вертикального)

Первый нуклеотид	Второй нуклеотид				Третий нуклеотид
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	<b>Стоп</b>	<b>Стоп</b>	А
	Лей	Сер	<b>Стоп</b>	Трп	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

Обратите внимание, что 3 из 64 кодонов (в молекулах мРНК — УАА, УАГ и УГА) не кодируют аминокислоты. Это так называемые *стоп-кодона*, они служат сигналом окончания синтеза белка.

2. Код **однозначен** — каждый триплет кодирует только одну аминокислоту.

3. Как уже отмечалось, число триплетов превышает количество кодируемых аминокислот. Поэтому генетический код является **избыточным (вырожденным)** — одна и та же аминокислота может кодироваться разными триплетами. Например, в мРНК цистеин (Цис) может быть закодирован триплетом УГУ или УГЦ, треонин (Тре) — АЦУ, АЦЦ, АЦА или АЦГ. Некоторые аминокислоты, например лейцин (Лей), кодируются шестью различными триплетами, в то же время метионину (Мет) и триптофану (Трп) соответствует только по одному кодону (проверьте по таблице генетического кода).

4. Код **не перекрывается** — один и тот же нуклеотид не может одновременно входить в состав двух соседних триплетов.

**5. Код непрерывен.** В полинуклеотидной цепи нуклеотиды располагаются непрерывно и соседние триплеты ничем не отделены друг от друга. Это значит, что фактически деление на триплеты условно — все зависит от того, с какого именно нуклеотида начинается их считывание. Поэтому в клетках считывание информации, содержащейся в генах, всегда начинается со строго определенного нуклеотида.

Если в составе гена происходит изменение количества нуклеотидов (их выпадение или вставка) на число, не кратное трем, наблюдается так называемый *сдвиг рамки считывания* (рис. 60). Это приводит к существенному изменению последовательности аминокислот в белке, который кодируется измененным геном. В некоторых случаях сдвиг рамки считывания приводит к возникновению стоп-кодона, из-за чего синтез белка обрывается.

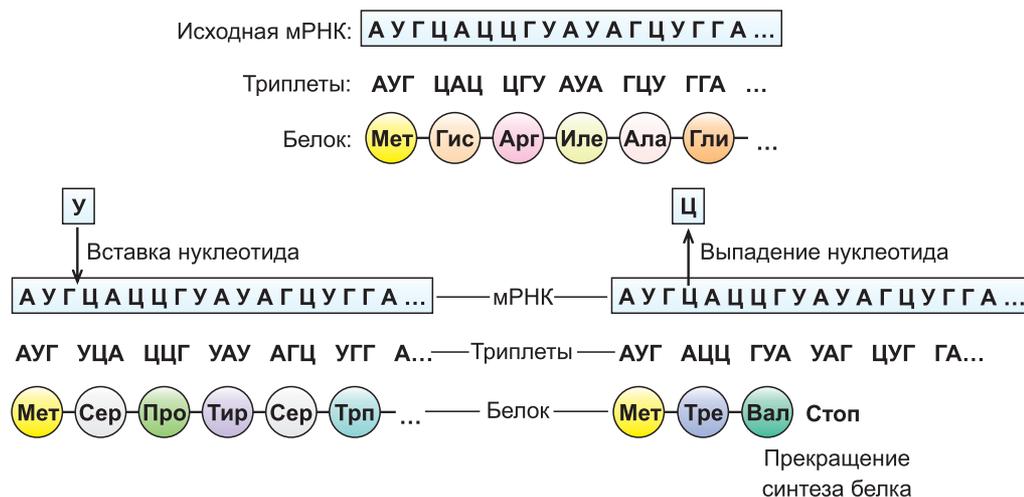


Рис. 60. Сдвиг рамки считывания и его последствия

Как уже отмечалось, правильное считывание генетической информации обеспечивается только тогда, когда оно начинается со строго определенной позиции. У эукариот *стартовым кодоном* молекулы мРНК является триплет АУГ. Именно с него и начинается считывание.

**6. Код универсален** — у всех живых организмов одним и тем же триплетам соответствуют одни и те же аминокислоты. Иными словами, у всех организмов генетический код расшифровывается одинаково (за редким исключением). Это свидетельствует о единстве происхождения живых организмов.



Участок молекулы ДНК, содержащий информацию о первичной структуре определенного белка, рРНК или тРНК, называется геном. Передача наследственной информации, содержащейся в ДНК, к рибосомам, где происходит синтез белков, осуществляется с помощью посредника — мРНК. Генетический код — это система записи информации о первичной структуре белков в виде последовательности нуклеотидов ДНК (мРНК). Основные свойства генетического кода: триплетность, однозначность, избыточность (вырожденность), неперекрываемость, непрерывность и универсальность.



1. Что такое ген? Что представляет собой генетический код?
2. Охарактеризуйте свойства генетического кода.
3. Что представляют собой стоп-кодоны? Какую роль играет стартовый кодон АУГ?
4. Почему аминокислота кодируется не одним и не двумя, а тремя последовательно расположенными нуклеотидами?

**5\*.** Молекула мРНК начинается со следующей последовательности нуклеотидов: АУГГУАЦЦУУГГЦАЦ... С какой последовательности аминокислотных остатков начинается белок, закодированный этой мРНК? Для решения используйте таблицу генетического кода (см. табл. 14).

**6\*.** Как вы думаете, какое биологическое значение имеет свойство вырожденности генетического кода?

**7\*.** Действие некоторых факторов (рентгеновских лучей, ультрафиолетового излучения, определенных химических веществ и др.) или ошибки, иногда возникающие при репликации, могут приводить к изменению последовательности нуклеотидов ДНК. При этом может происходить вставка или выпадение нуклеотидов либо замена одних нуклеотидов на другие. Как вы считаете, какие изменения чаще приводят к нарушению нормального функционирования клеток (и даже к их гибели) — вставки и выпадения или же замены нуклеотидов ДНК? Обоснуйте ответ.

## § 24. Реализация наследственной информации

Вам известно, что информация о первичной структуре белков, хранящаяся в молекулах ДНК, с помощью посредника — мРНК — передается к рибосомам. В этих органоидах и происходит синтез белков. Таким образом, реализация наследственной информации в клетке осуществляется в два этапа. Сначала информация о структуре белка копируется с ДНК на мРНК (*транскрипция*), а затем реализуется на рибосоме в виде конечного продукта — белка (*трансляция*). Это можно представить в виде схемы:

