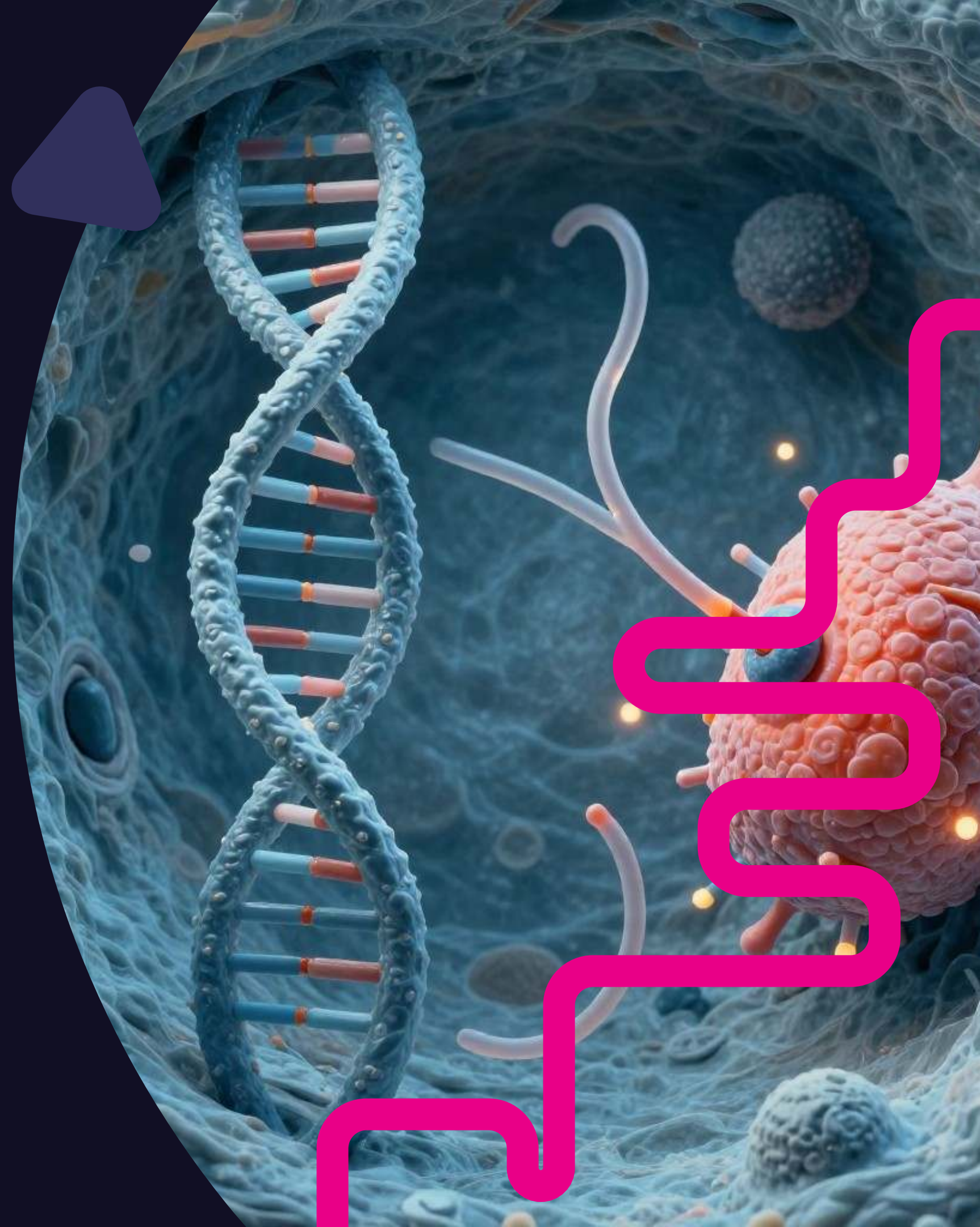


Генетический код и синтез белка в клетке

Как наследственная информация
превращается в белок?





От ДНК к признаку

Клетка хранит инструкции в ДНК, а реализует их через РНК и белки. Именно поэтому наследственная информация может работать, не покидая ядро, а свойства белков становятся основой признаков организма.

Строение нуклеиновых кислот

01

ДНК как носитель

ДНК построена из нуклеотидов, каждый из которых содержит дезоксирибозу, остаток фосфорной кислоты и одно из четырёх оснований. Эта молекула служит устойчивым хранилищем наследственной информации.

02

Основания ДНК

В состав ДНК входят аденин, тимин, гуанин и цитозин. Их строгая последовательность определяет, какие участки информации будут считаны клеткой и в какой форме проявится ген.

03

Что изменено в РНК

РНК отличается от ДНК наличием рибозы вместо дезоксирибозы и урацила вместо тимина. Эти особенности делают её удобной для передачи и реализации генетической информации.

04

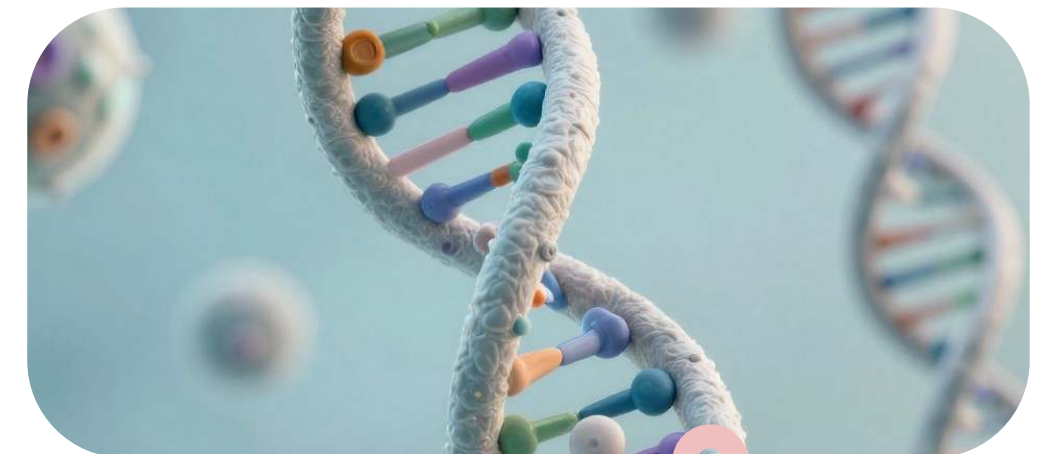
Комплементарность

Аденин соединяется с тимином или урацилом, а гуанин — с цитозином. Принцип комплементарности лежит в основе копирования ДНК, синтеза РНК и точного считывания генетического кода.

05

Значение пары цепей

Две цепи нуклеиновых кислот несут взаимодополняющую информацию. Благодаря этому клетка может проверять точность копирования и использовать одну цепь как матрицу для построения другой.



Генетический код: основные свойства

Основные признаки генетического кода и их биологическое значение.

Код устроен экономно и надёжно: один кодон однозначен, но многие аминокислоты имеют несколько вариантов записи.

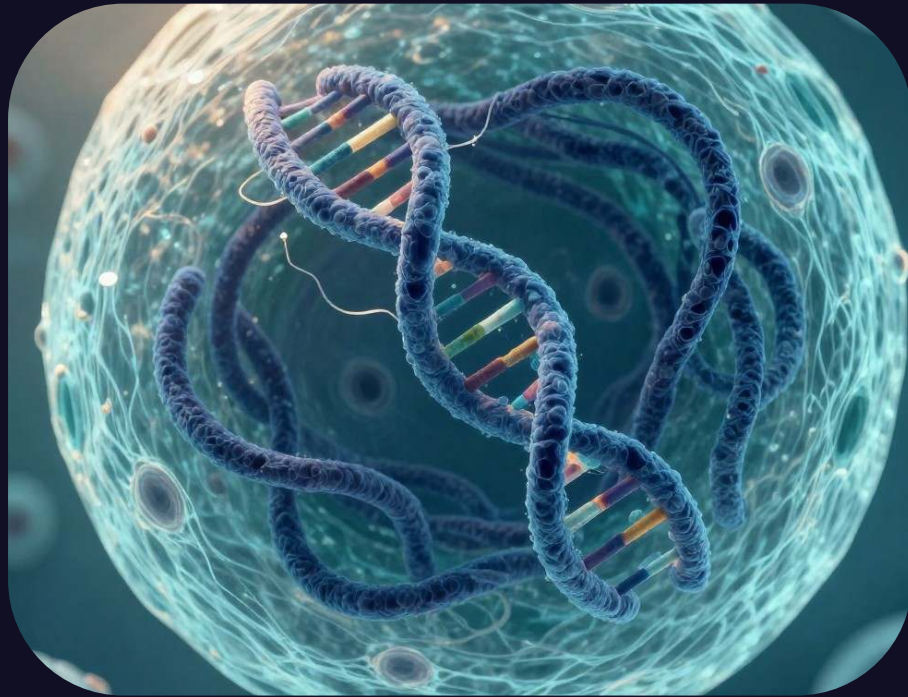
Школьный курс биологии, раздел молекулярной генетики

Свойство	Суть	Значение
Триплетность	3 нуклеотида	1 аминокислота
Старт	АУГ	Начало синтеза
Стоп	3 кодона	Остановка синтеза
Вырожденность	Несколько кодонов	Одна аминокислота

Где в клетке идут транскрипция и трансляция

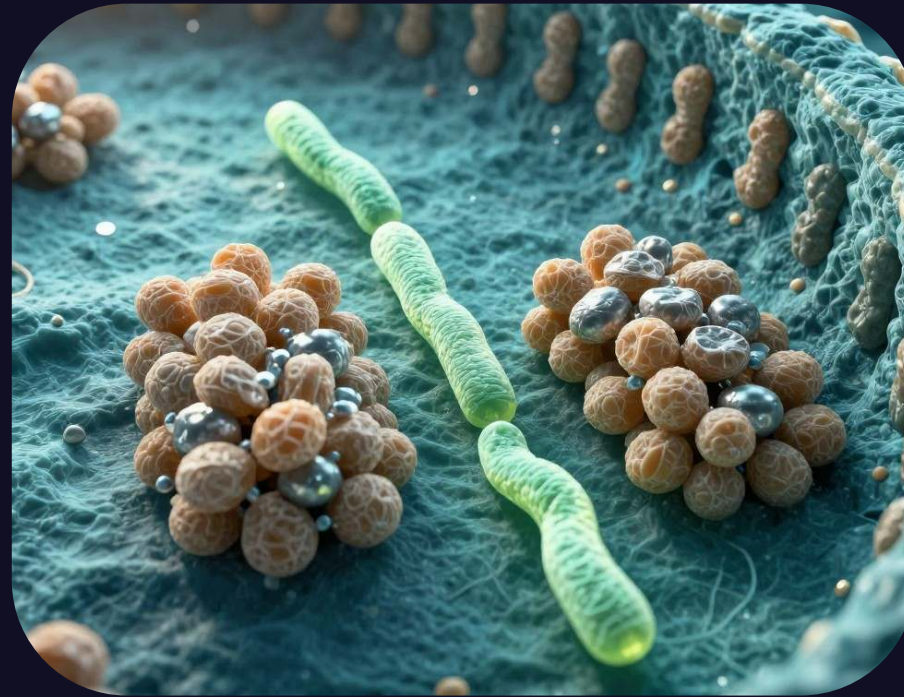
Ядро: место записи

В клетке эукариот ДНК защищена в ядре, поэтому первый этап реализации гена начинается именно там. Здесь с участка ДНК считывается информация и создаётся молекула мРНК, готовая к дальнейшему использованию.



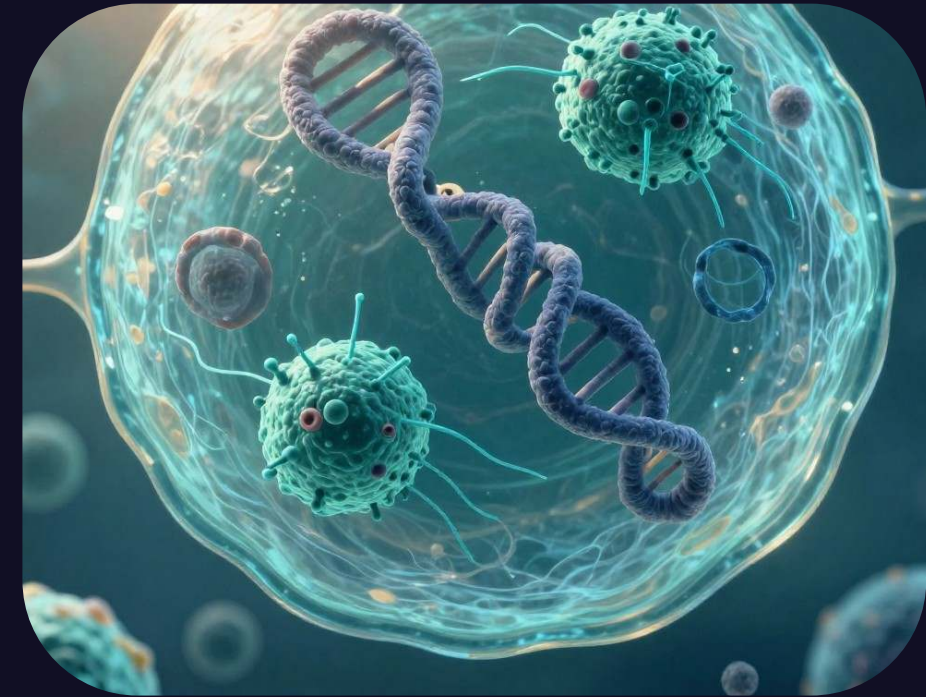
Цитоплазма: место сборки

После выхода из ядра мРНК встречается с рибосомой в цитоплазме или на шероховатой эндоплазматической сети. Именно здесь аминокислоты выстраиваются в цепь, образуя будущий белок.



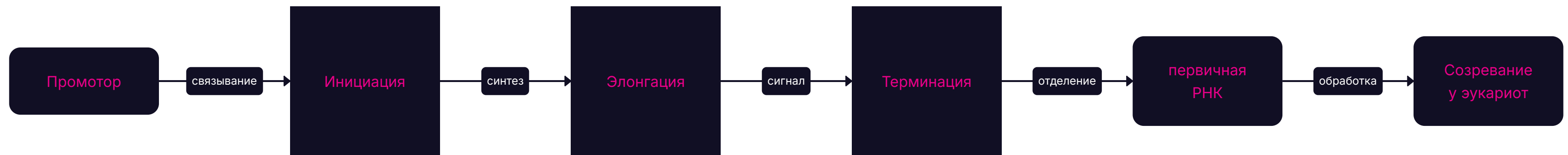
Прокариоты: быстрый режим

У прокариот нет оформленного ядра, поэтому транскрипция и трансляция идут в одной области клетки почти одновременно. Это ускоряет ответ на изменения среды и делает синтез белка особенно быстрым.



Этапы транскрипции

Схема отражает последовательность событий при синтезе РНК на матрице ДНК.



Роль РНК-полимеразы и матрицы ДНК

Нахождение нужного участка

РНК-полимераза распознаёт определённую область ДНК и присоединяется к ней только в пределах нужного гена. Это обеспечивает запуск транскрипции именно там, где требуется клетке.

Раздвижение цепей

После связывания фермент локально раскрывает двойную спираль, разделяя цепи в зоне считывания. Одна из них становится матрицей, по которой строится новая молекула РНК.

Направление считывания

Матрица ДНК считывается в направлении $3' \rightarrow 5'$, а РНК синтезируется в направлении $5' \rightarrow 3'$. Такое различие обеспечивает точное соблюдение правил комплементарности.

Связь цепей

Матричная цепь комплементарна будущей РНК, а кодирующая цепь почти совпадает с ней по последовательности. Различие связано только с тем, что в РНК вместо тимина присутствует урацил.

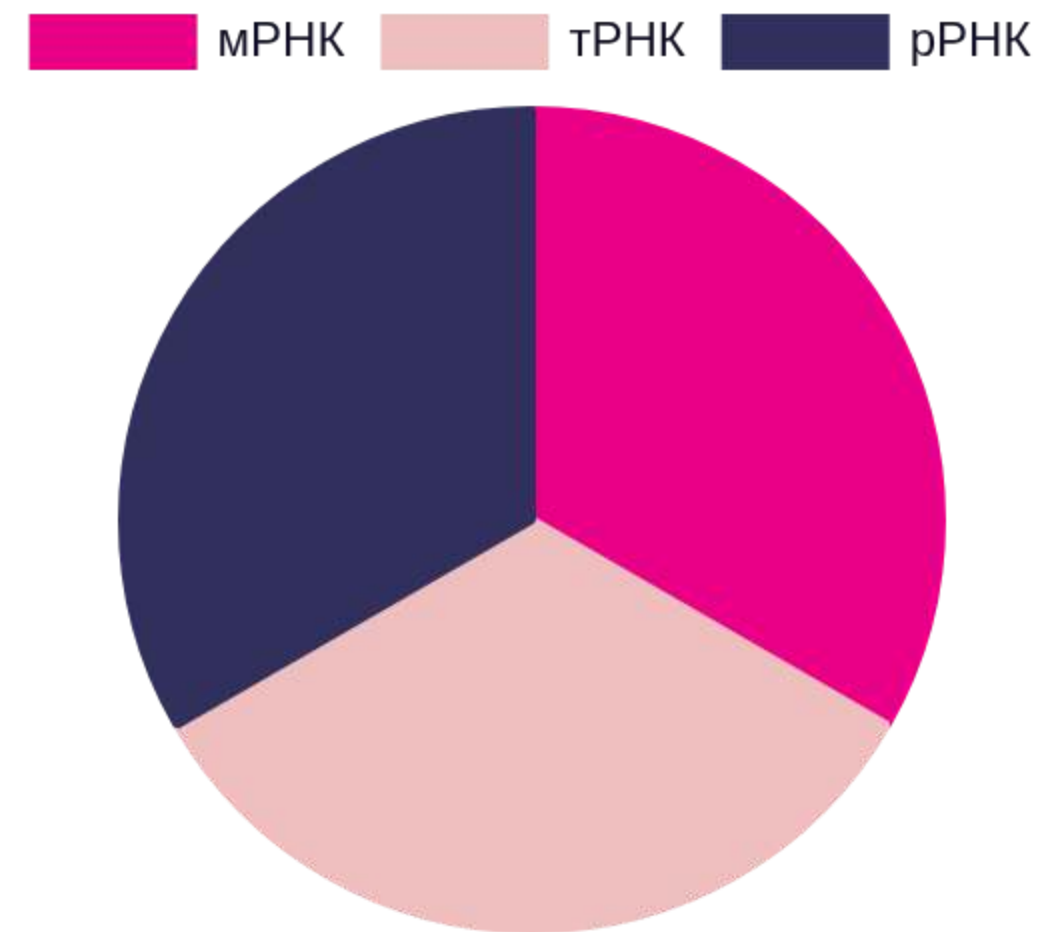


Сравнение основных типов РНК

Три типа РНК работают как единая система: одна несёт информацию, вторая доставляет аминокислоты, третья формирует и обслуживает рибосому.

Каждый тип РНК незаменим: исчезновение любого из них прерывает синтез белка на разных этапах.

Школьный курс биологии,
молекулярная генетика



Созревание мРНК у эукариот

Первичный транскрипт

Сначала образуется незрелая РНК, в которой присутствуют и информационные участки, и вставки, не несущие кода. Такой транскрипт ещё не готов к работе на рибосоме.

Кэпирование

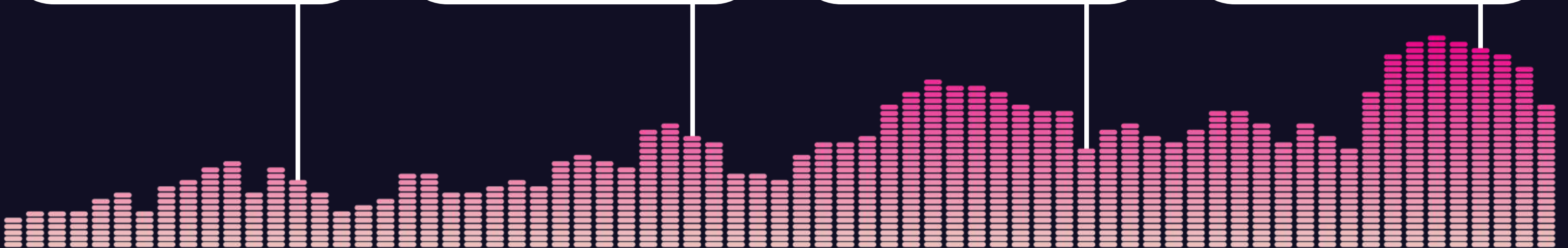
На 5'-конце присоединяется кэп. Он защищает молекулу от разрушения и помогает рибосоме узнавать мРНК среди других РНК клетки.

Сплайсинг

Интроны вырезаются, а экзоны соединяются в непрерывную информационную последовательность. После этого РНК становится пригодной для точного считывания.

Поли (А)-хвост

На 3'-конце добавляется поли (А)-хвост, который повышает устойчивость мРНК в цитоплазме и увеличивает время её работы в процессе трансляции.



Транспорт информации из ядра в цитоплазму

01

Выход мРНК

Зрелая мРНК покидает ядро через ядерные поры и попадает в цитоплазму, где встречается с рибосомой. Это ключевой переход от хранения информации к её реализации.

02

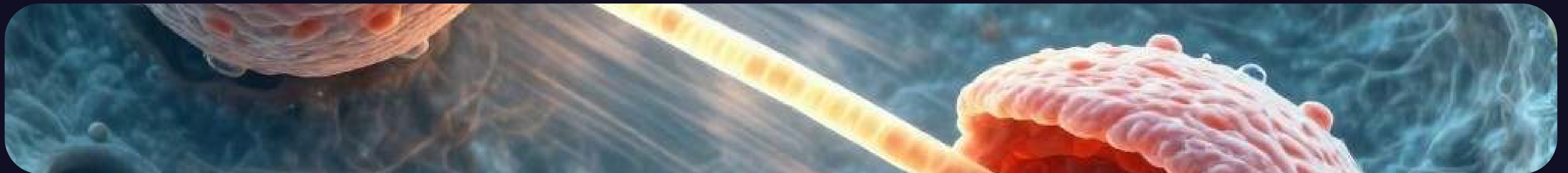
Подготовка тРНК

Перед началом синтеза каждая тРНК присоединяет свою аминокислоту с помощью аминоацил-тРНК-синтетазы. Без этой предварительной активации точная сборка полипептида невозможна.

03

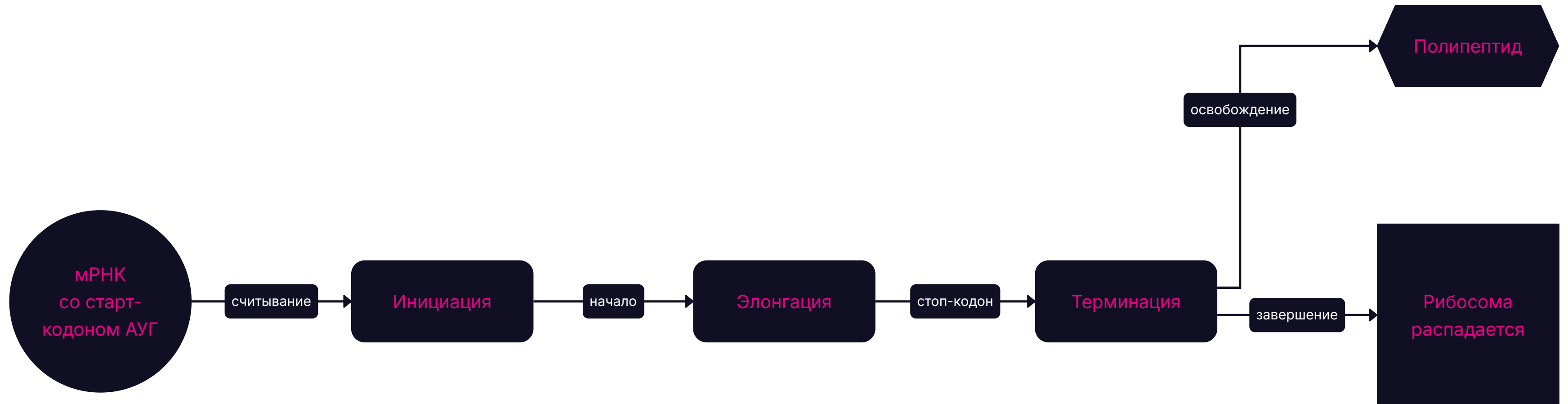
Запуск трансляции

Когда мРНК и рибосома соединяются, начинается чтение кодонов и последовательный подбор тРНК. Так информация из ядра превращается в цепь аминокислот на рибосоме.



Этапы трансляции

Схема последовательных стадий синтеза белка на рибосоме: инициация, элонгация и терминация.



Как кодон определяет аминокислоту



Триплет мРНК

Кодон состоит из трёх нуклеотидов и задаёт одно конкретное значение в генетическом коде. Именно такая тройка служит минимальной «единицей смысла» при чтении мРНК рибосомой.



Комплементарность

Антикодон тРНК распознаёт кодон по принципу комплементарности, поэтому к рибосоме подходит только подходящая молекула. Это обеспечивает точный выбор нужной аминокислоты для растущей цепи.



Точность включения

Одна аминокислота включается в белок лишь после правильного совпадения кодона и антикодона. Такой контроль уменьшает число ошибок и поддерживает заданную последовательность полипептида.



Последствия замены

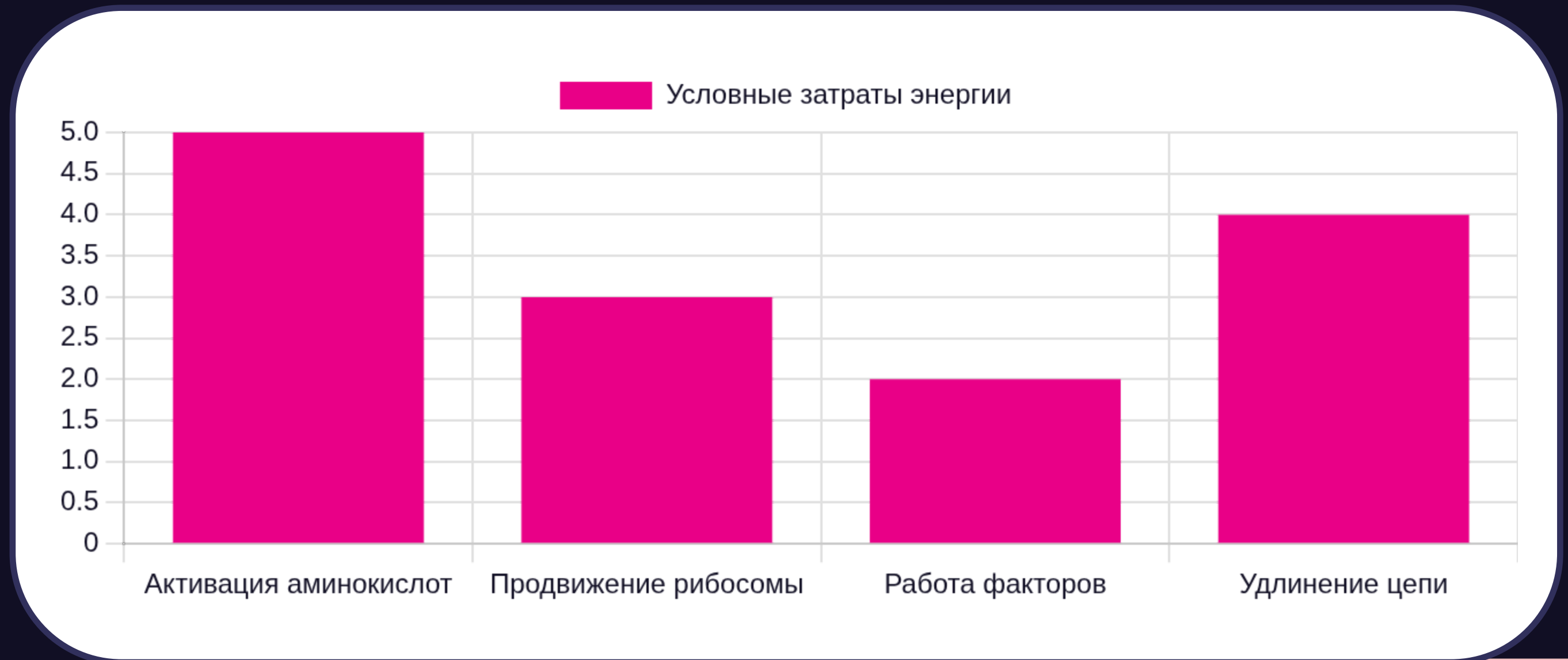
Даже одиночная замена нуклеотида может изменить кодон, а затем и аминокислоту в белке. Иногда это почти не сказывается на функции, но нередко меняет структуру молекулы.

Энергия, необходимая для синтеза белка

На схеме показаны этапы, на которых клетка расходует энергию. Активация аминокислот и удлинение цепи требуют наибольших затрат.

Энергия расходуется неравномерно: подготовка аминокислот и дальнейшая сборка полипептида наиболее затратны, поэтому при дефиците АТФ и ГТФ синтез быстро замедляется.

Школьный курс биологии; схема затрат энергии при трансляции (условные значения для наглядности).



Сравнение транскрипции и трансляции

Признак	Транскрипция	Трансляция
Матрица	ДНК	мРНК
Место	ядро	рибосомы
Продукт	РНК	полипептид

Таблица показывает, чем эти процессы различаются и что у них общего в реализации наследственной информации.

Оба процесса связаны по принципу комплементарности, но выполняют разные задачи: один создаёт информационную РНК, другой превращает её в белок.

Школьный курс биологии, молекулярная генетика.

Как последовательность аминокислот определяет свойства белка

Первичная структура

Порядок аминокислот в цепи задаёт первичную структуру белка. Именно она определяет, как молекула будет сворачиваться дальше и какие участки окажутся рядом в пространстве.

Сворачивание молекулы

Из первичной структуры формируются вторичная, третичная, а у некоторых белков и четвертичная организация. Эти уровни придают молекуле устойчивую форму и делают возможным её работу.

Связь формы и функции

Функция белка зависит от его пространственной конфигурации: активный центр фермента или участок связывания у переносчика должны иметь точную форму и химические свойства.

Примеры белков

Гемоглобин переносит кислород, коллаген обеспечивает прочность тканей, а ферменты ускоряют реакции. Разные аминокислотные последовательности создают разные свойства и биологические роли.

Ошибки в записи и считывании генетической информации

01

Точечная замена

Замена одного нуклеотида может изменить кодон и привести к подстановке другой аминокислоты. Иногда белок почти не меняется, но в ряде случаев нарушается его форма и функция.

02

Вставка или делеция

Если в ДНК появляется лишний нуклеотид или один из них выпадает, сдвигается рамка считывания. Тогда меняется вся последовательность аминокислот после места мутации.

03

Возможные последствия

Такие ошибки могут ослабить или полностью нарушить работу белка, особенно если затронут активный центр фермента. Поэтому мутации нередко становятся причиной наследственных нарушений.

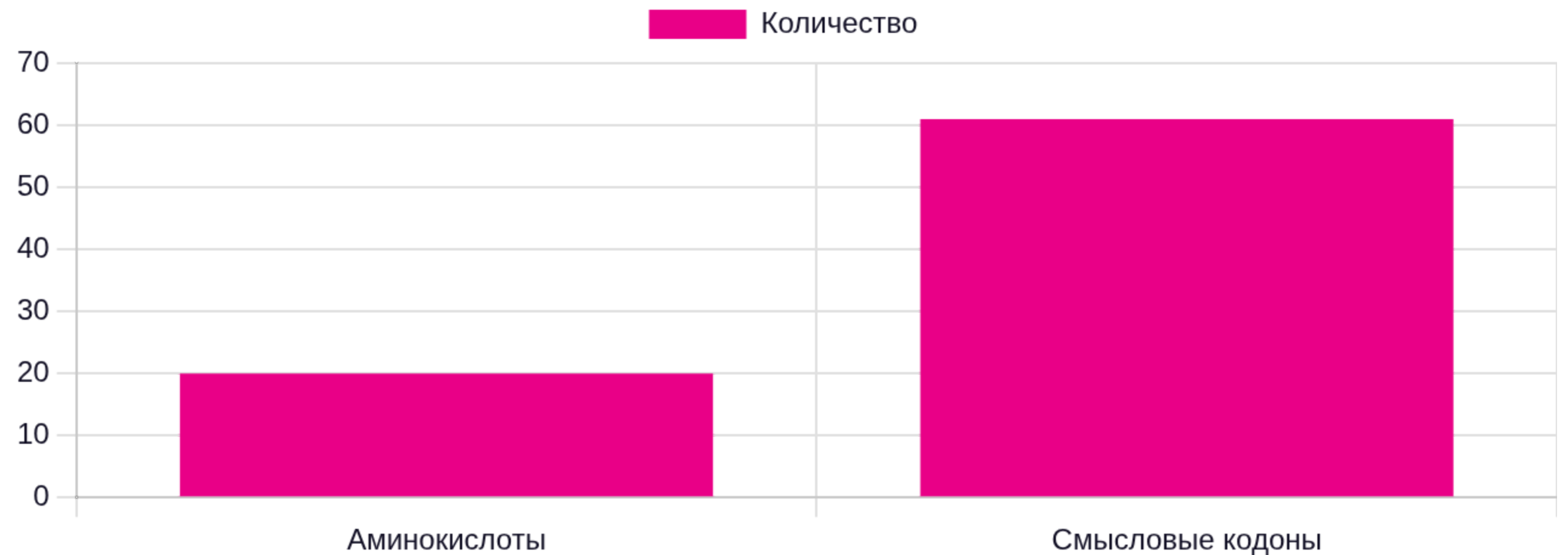


Почему генетический код вырожденный

Одна аминокислота часто может кодироваться несколькими триплетами. Это связано с запасом кодонов и повышает устойчивость системы к отдельным ошибкам считывания.

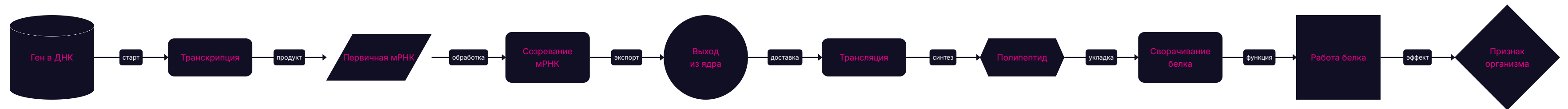
Вырожденность кода не нарушает однозначности: каждый кодон означает только одну аминокислоту или стоп-сигнал, но одна аминокислота может иметь несколько вариантов записи.

Школьный курс биологии; стандартное соотношение 20 аминокислот и 61 смыслового кодона.



От гена к признаку

Цепочка реализации наследственной информации от участка ДНК до проявления признака в организме.

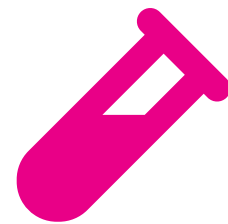


Практическое значение знаний о генетическом коде



Диагностика заболеваний

Знание транскрипции и трансляции помогает понимать, как возникают наследственные болезни. В медицине это важно для поиска молекулярной причины нарушения и выбора точного способа диагностики.



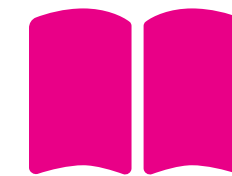
Биотехнология лекарств

Эти представления лежат в основе получения лекарственных белков, включая инсулин. Учёные используют клеточные системы, чтобы заставить их синтезировать нужный человеческий белок.



Анализ ДНК

ПЦР и секвенирование позволяют исследовать последовательность ДНК и обнаруживать изменения в генах. Такие методы широко применяются в научных исследованиях, медицине и судебной экспертизе.



Понимание наследования

Генетический код объясняет, почему признаки передаются от родителей к потомству и как мутации влияют на белки. Это помогает связать молекулярный уровень с внешними свойствами организма.

Генетическая информация становится белком

Клетка переводит записанный в ДНК код в работу белка через точную последовательность транскрипции и трансляции. От согласованности этих этапов зависит нормальная жизнь организма и устойчивость наследственных признаков.