**Молекулярные доказательства эволюции**

 Любая [клетка](http://wikiwhat.ru/%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BA%D0%B0_%28%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29) состоит из определённого количества органических соединений. В строении клетки и в обеспечении энергией протекающих в ней процессов основную роль играют белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды, липиды. Особое место в [жизни](http://wikiwhat.ru/%D0%96%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D1%8C) клеток занимают макромолекулы белков и нуклеиновых кислот. Белки, прежде всего, являются строительным и пластическим материалом клетки, а нуклеиновые кислоты — носителями наследственной информации.

Для определения изменений, происходящих в макромолекулах близких по происхождению и далёких [видов](http://wikiwhat.ru/%D0%92%D0%B8%D0%B4_%28%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F%29) в определённый период [исторического развития](http://wikiwhat.ru/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%B6%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B8_%D0%BD%D0%B0_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5), используется ряд биохимических методов: гибридизация макромолекул ДНК, определение последовательности расположения аминокислот в молекуле белка (гемоглобина, миоглобина, цитохрома) и др.

На современном этапе развития молекулярной [биологии](http://wikiwhat.ru/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) можно анализировать изменения в последовательности нуклеотидов в ДНК или аминокислот в молекуле белка разных видов и по этому показате­лю судить о степени их сходства и различия.

## **Эволюция белков**

Поскольку каждая за­мена аминокислот в молекуле белка связана с изменением одного, двух или трёх нуклеотидов в молекуле ДНК, с помощью компьютеров можно вычислить максимальное или минимальное число нуклеотидных замен в составе гена, участвующего в синтезе данной молекулы белка.

На основе полученных данных можно судить о среднем числе замещений аминокислот в молекуле белка и изменениях в расположении нуклеотидов в составе гена. Как известно, гемоглобин входит в состав красных кровяных телец — эритроцитов и активно участвует в транспорте кислорода. Гемоглобин в эритроцитах [человека](http://wikiwhat.ru/%D0%A7%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA) состоит из взаимно схожих двух α- и двух β-цепей. В каждую цепь α входит 141, в каждую цепь β — 145 аминокислот. Несмотря на взаимные различия α- и β-цепей гемоглобина, последовательность расположения аминокислот в них одинакова. Это свидетельствует о том, что цепи α и β гемоглобина возникли в результате дивергенции единой полипептидной цепи в историческом процессе. В результате мутационных изменений в различных группах [животных](http://wikiwhat.ru/%D0%96%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5) замещение аминокислот происходило также в α- и β-цепях гемоглобина.

Как видно из данных таблицы 1, молекулы гемоглобина у человека и человекообразных обезьян почти схожи по последовательности аминокислот, однако различия между человеком и другими отрядами [млекопитающих](http://wikiwhat.ru/%D0%9C%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5) животных по этому показателю весьма существенны и составляют от 14 до 33. Такие же данные получены при сопоставлении аминокислотного состава белка цитохрома C человека, дрозофилы и других [организмов](http://wikiwhat.ru/%D0%9E%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC) (таблица 2).

|  |
| --- |
| *Таблица 1. Различия аминокислотного состава в α- и β-цепях молекулы гемоглобина у человека и других животных (по V. Grant)* |
| **Вид** | **Число различий** |
| **α-цепь** | **β-цепь** |
| Человек — шимпанзе | 0 | 0 |
| Человек — горилла | 1 | 1 |
| Человек — [лошадь](http://wikiwhat.ru/%D0%9B%D0%BE%D1%88%D0%B0%D0%B4%D1%8C) | 18 | 25 |
| Человек — коза | 20—21 | 28—33 |
| Человек — мышь | 16—19 | 25 |
| Человек — [кролик](http://wikiwhat.ru/%D0%9A%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B8) | 25 | 14 |

|  |
| --- |
| *Таблица 2. Число различий в аминокислотном составе белка цитохрома C человека и других организмов (по V. Grant)* |
| **Вид** | **Число различий** |
| Человек — макака | 1 |
| Человек — лошадь | 12 |
| Человек — собака | 11 |
| Человек — голубь | 12 |
| Человек — змея | 14 |
| Человек — лягушка | 18 |
| Человек — акула | 24 |
| Человек — дрозофила | 29 |
| Человек — [пшеница](http://wikiwhat.ru/%D0%9F%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0) | 43 |
| Человек — нейроспора | 48 |

## Эволюция ДНК (гена)

Каждый нуклеотид в составе гена может подвергаться мутации. Её называют точечной мутацией. Некоторые нуклеотиды по-разному реагируют на воздействие извне. В некоторых нуклеотидных парах мутация происходит всего один или два раза, у других число мутаций может достигать нескольких сотен. Последние называются «горячими» точками. Материал с сайта [http://wikiwhat.ru](http://wikiwhat.ru/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0_%D1%8D%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D0%B8)

Очень важно и то, какой нуклеотид претерпевает изменения при мутации. Например, фенилаланин обладает кодоном UUU. Если тре­тий нуклеотид этого кодона урацил заменяется аденином или гуани­ном, то положение кодона изменяется и кодоны UUA и UUG вклю­чают в полипептидную цепь не фенилаланин, а лейцин, что приводит к существенному изменению структуры и функции молекулы белка. Обычно у близких друг к другу в систематическом отношении видов число мутаций невелико и, наоборот, у видов, далёких друг от дру­га, — велико. Поэтому, например, ДНК человека оказалась гомоло­гичной ДНК макаки на 66%, быка — на 28%, крысы — на 17%, лосося — на 8%, [бактерии](http://wikiwhat.ru/%D0%91%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B8) кишечной палочки — всего на 2%.

## Молекулярные часы эволюции

Обычно, определяя дивергенцию белков у нескольких видов, можно судить о сроках расхождений между ними. Скорость эволюции белка измеряется числом годичных аминокислотных замен в его составе. По аминокислотным заменам в составе белка можно определить момент дивергенции рода, семей­ства, отряда, класса, типа. Например, в результате изучения родос­ловной белка глобина в установлено, что его строение было схожим у общих предков карпа и человека, существовавших около 400 млн лет назад, ехидны и человека — 225 млн лет назад, собаки и чело­века — 70 млн лет назад.

### **Вопросы к этой статье**

### Докажите происхождение органического мира от одного предка с точки зрения молекулярной биологии.

### Как определяется изменение молекулы белка в историческом процессе?

### Что изменяется быстрей: молекула белка или ген?

### Расскажите о разновидностях изменений гена.

### Всегда ли изменение гена обусловливает изменения молекулы белка? Почему?

### Можно ли определить сроки изменения видов по изменению молекулы белка?

### Что такое дивергенция?