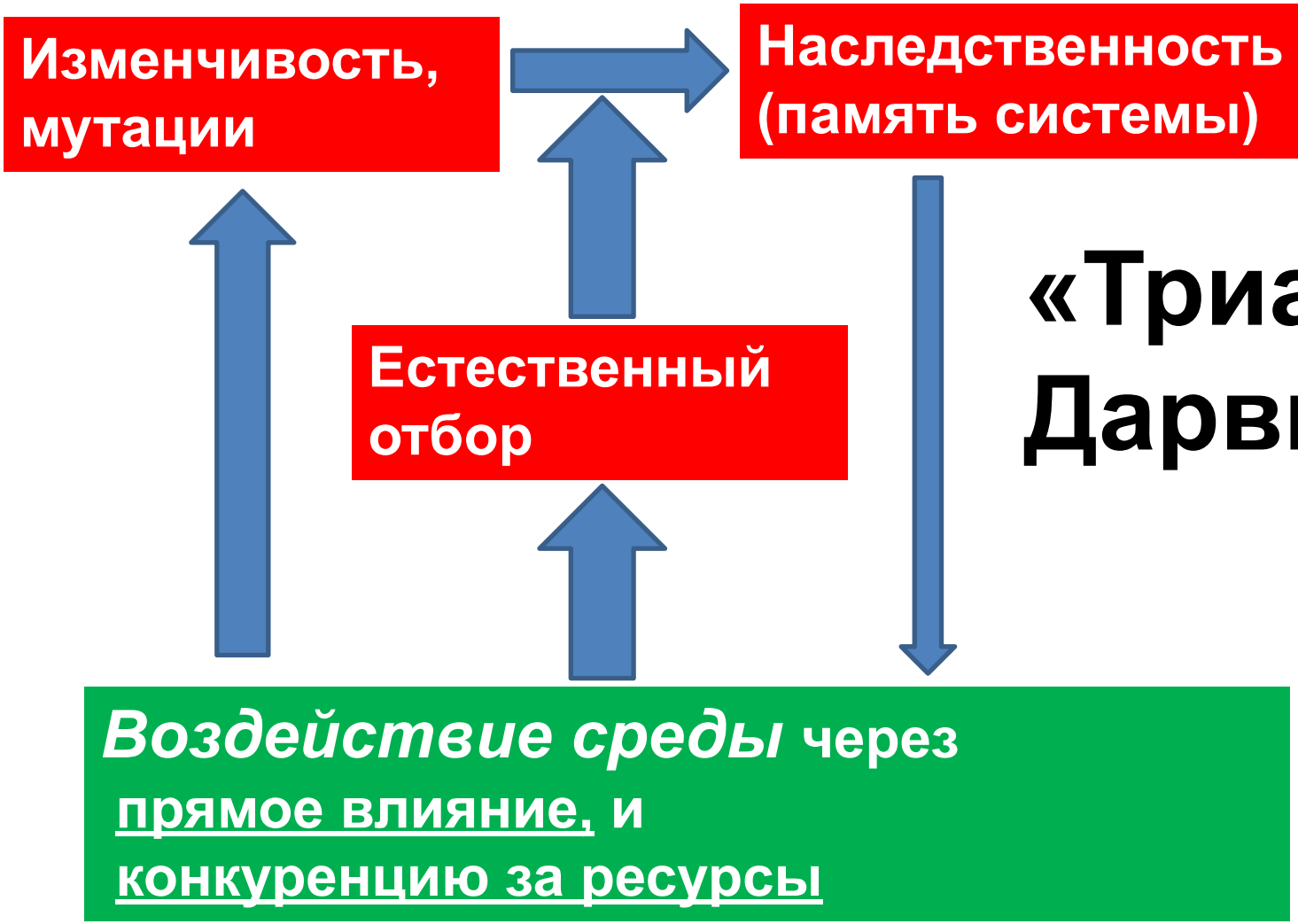
«Триада» Дарвина



***Репликаторы* – это объекты, способные эволюционировать «по Дарвину»**

Репликатор должен обладать четырьмя свойствами:

1) **Способность к размножению** (объект должен тем или иным способом обеспечивать производство собственных копий)
2) **Изменчивость** (копии не должны быть абсолютно идентичны)

3) Наследственность

Репликатор должен передавать своим копиям (потомкам) не только «общеродовые», но и свои индивидуальные, уникальные черты. Именно это называют «наследственностью».

Иными словами, **изменчивость** должна быть хотя бы отчасти **наследственной**.

4) некоторые из наследственных различий

Если объект размножается, т.е. *делает свои копии*, если они *не абсолютно точны*, но все же достаточно точны, чтобы передавать видовые признаки, и если какие-то из отличий приводят *к повышению приспособленности*, то это и есть эволюция «по Дарвину».

«В действительности ничто на свете не «хочет» эволюционировать. Эволюция просто происходит, хотим мы этого или не хотим, несмотря на все усилия репликаторов этого не делать»

Ричард Докинз «Эгоистичный ген»

Условия, необходимые для биологической эволюции:

1. **размножение**
2. **изменчивость**
3. **наследственность** (должны наследоваться индивидуальные различия, а не только «общеродовые характеристики»)
4. **некоторые из наследственных различий**

- **должны влиять на приспособленность** (= эффективность размножения)
-

Другие формулировки того же самого:

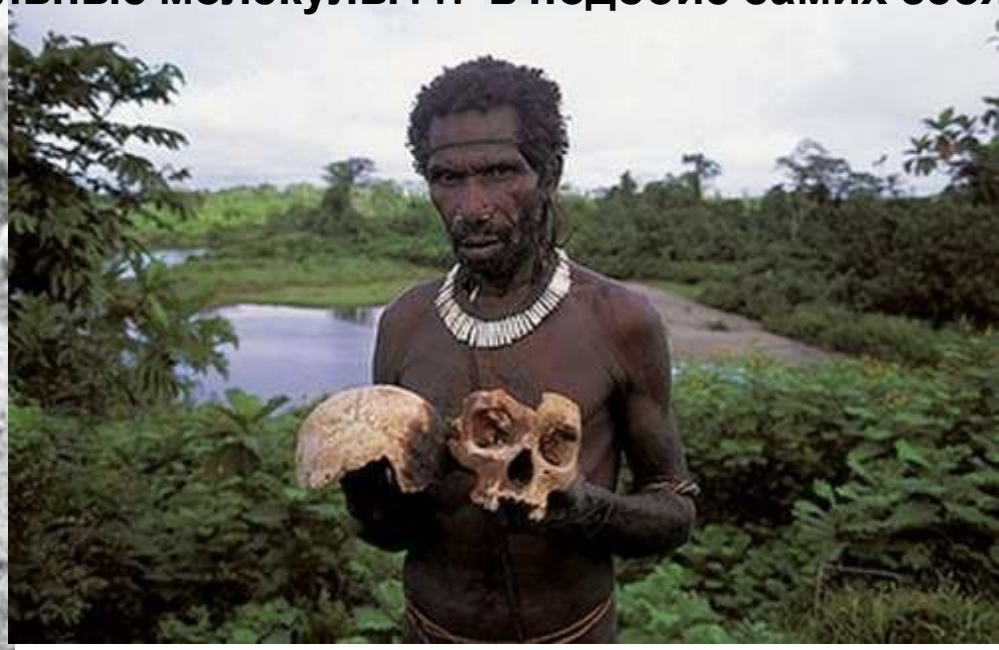
1) *«Наследственная изменчивость + дифференциальное размножение»*
2) *«Изменчивость, наследственность, отбор»*

Для жизни, искусственно созданной каким-нибудь разумным началом, хватило бы первого пункта. Для жизни, способной к саморазвитию, нужны

Но не всякий репликатор способен обеспечить долгую и «интересную» эволюцию!

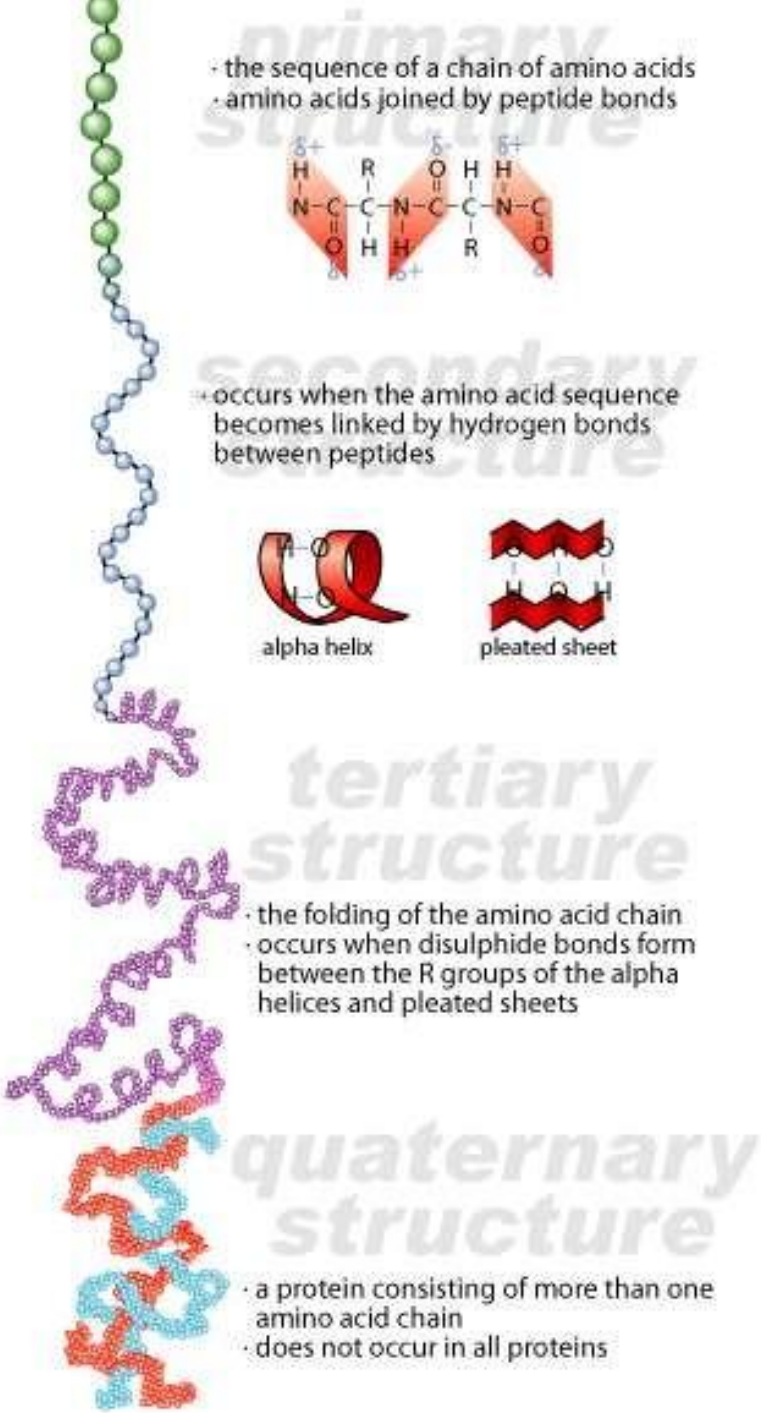
Прионы: «дарвиновская» эволюция без участия генов

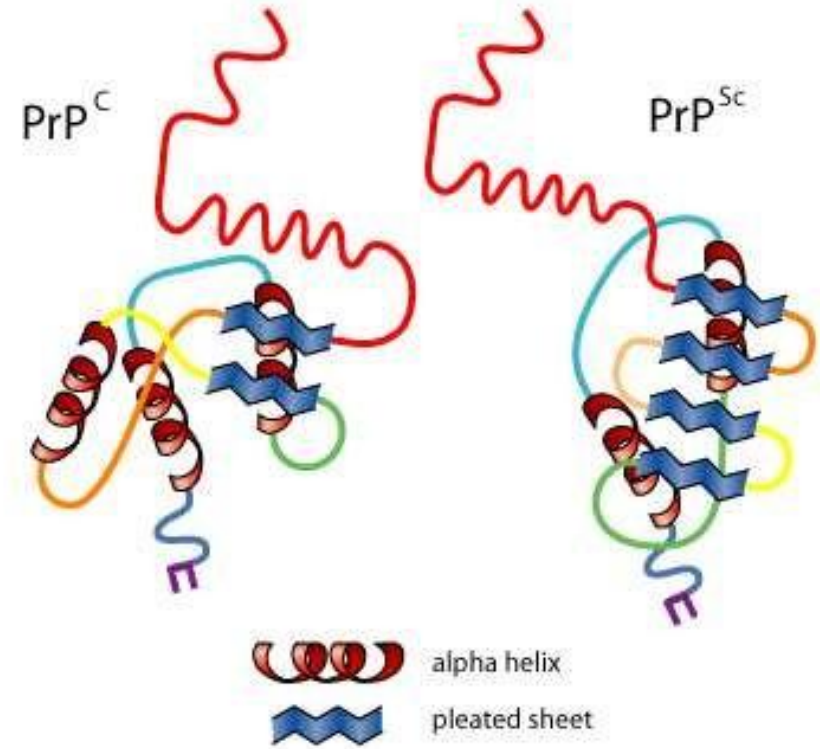
Прионы — инфекционные агенты белковой природы, вызывающие смертельные заболевания у животных, включая человека (пример: куру). Представляют собой неправильно свернутые молекулы прионного белка PrP, способные «размножаться», превращая нормальные молекулы PrP в подобие самих себя



жертвы канибализма

http://kristimitchell.wordpress.com/





Два варианта пространственной конфигурации прионного белка: нормальная (преобладают альфа-спирали) и патологическая (преобладают бета-листы).

Прионный белок в патологической конфигурации: 1) неуязвим для протеаз, 2) стимулирует такое же неправильное сворачивание других молекул прионного белка («размножается»).

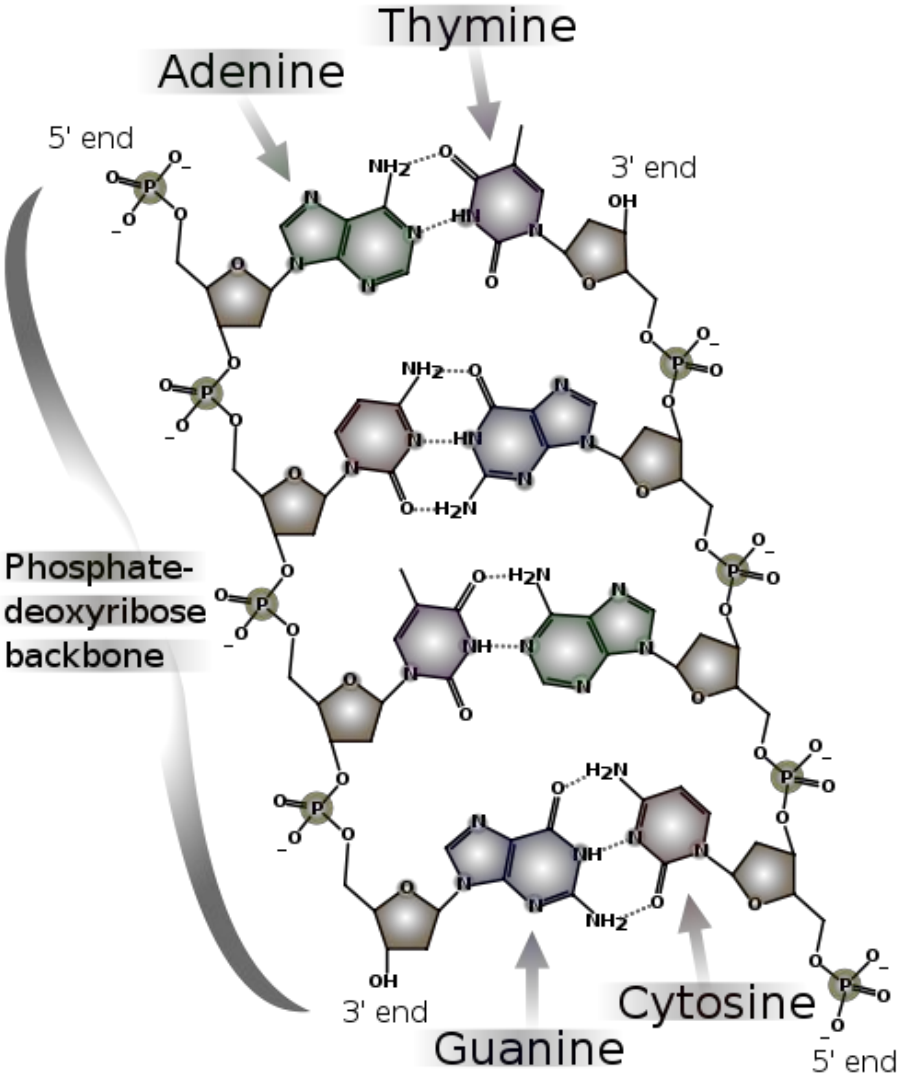
http://www.scg.ubc.ca/

У прионов обнаружено нечто похожее на наследственную изменчивость: у них есть не один, а несколько вариантов патологического сворачивания («изменчивость»), причем каждый вариант производит себе подобных («наследственность»), но изредка происходят ошибки и случайно возникает другой вариант («мутации»).

Это позволяет прионам эволюционировать под действием отбора - приспосабливаться к разным типам клеток, и даже вырабатывать устойчивость к лекарствам.

Но эволюционные возможности прионов невелики, т.к. изменчивость ограничена: числом возможных конфигураций PrP не может сравниться с громадным числом возможных последовательностей нуклеотидов в геноме. Поэтому отбор у прионов, скорее всего, не может быть «накопительным», т. е. создавать новые свойства путем последовательного закрепления множества небольших изменений. Отбор у прионов «одноразовый», работающий с единичными мутациями, причем набор возможных мутаций невелик.

Jiai Li et al. Darwinian Evolution of Prions in Cell Culture // Science. 2010. V. 327. P. 869–872.



Как выяснили Уотсон и Крик - «Главная тайна жизни» состоит в том, что молекула ДНК, благодаря принципу комплементарности, обладает свойствами *полноценного репликатора*. Жизнь, основанная на такой молекуле, просто не может не эволюционировать «по Дарвину».

Мутации и отбор

- Мутация в самом широком смысле – любое изменение последовательности
- нуклеотидов
ДНК.
<u>Основные причины мутаций:</u> 1) ошибки репликации: точечные замены, пропуски (делеции), вставки (инсерции); 2) превращение нуклеотидов (например, Ц → У в результате спонтанного дезаминирования) 3) повреждения ДНК (химические мутагены, радиация, ультрафиолетовое излучение, спонтанное
активность мобильных элементов; 4) ошибки репарации.

Неизбежность мутаций

<u>Причины</u>:

1) **«экономическая»:** абсолютно надежные системы репликации и репарации были бы чрезмерно *дороги*: громоздки, потребляли бы слишком много энергии и т.д.

2) **«эволюционная»:** даже если бы природе удалось создать *дешевые* системы безошибочной репликации и репарации, организмы, которые никогда не мутируют, не смогли бы приспосабливаться к меняющимся условиям и

Естественный отбор и приспособленность

- **Естественный отбор (*дифференциальное размножение)* – *зависимость скорости размножения объекта от его наследственных свойств.***

«Е.о.» – метафора. Чтобы английские джентльмены 19 века, любившие заниматься селекцией собак, голубей и лошадей, сразу поняли, о чем речь. Это не какой-то особый закон или фактор. Это просто констатация того факта, что наследственные свойства влияют на скорость размножения. Из этого факта следует, что организмов с одними свойствами должно автоматически становиться больше, с другими – меньше.

Скорость размножения (по сравнению с конкурентами) –

Полезные и вредные мутации

- **Наследственные изменения (мутации), повышающие приспособленность (=эффективность размножения), мы называем полезными, понижающие – вредными.**
- **Мутации, не влияющие на приспособленность – нейтральные.**
- **Никакого другого смысла у слов «полезный» и «вредный» в эволюционной биологии нет.**
- **Вредные мутации возникают гораздо чаще, чем полезные.**
  Почему? **«Принцип Анны Карениной».**
- **Приспособленность и благоприятность условий – стороны одной медали. Ухудшение условий идентично снижению приспособленности.**

  В каких условиях – благоприятных или неблагопритяных –

Иллюзия "разумного дизайна" и целенаправленности – неизбежное следствие работы естественного отбора

- **Ест. отбор автоматически и неизбежно придает организмам такой вид (строение, поведение), *как будто* у них есть «цель» или «корыстный интерес»: как можно**
- **эффективнее размножиться, растиражировать свои гены.**
- **Возникает также иллюзия, что у самого отбора есть «цель»: сделать организмы более приспособленными.**

На самом деле просто есть организмы, которые в силу своих наследственных свойств

Причинность и телеология

- Естественные науки (и научная картина мира вообще) основаны на принципе причинности.

  У любого события есть причины, которые находятся в прошлом .

- Причина не может находиться в будущем (то, чего еще нет, что еще
- не произошло, не может влиять на то, что происходит сейчас).

  Телеологией называют попытки объяснить природные явления стремлением к какой-то цели (то есть причиной, находящейся в будущем).

Пример телеологического жаргона

Говорим: «Палочники стали похожими на палочки, *чтобы* их не замечали хищники»

(это телеология)

Подразумеваем: «Предки палочников, которые были больше похожи на палочки,

реже поедались хищниками и оставляли больше потомства, поэтому случайные

Недальновидность отбора («слепой часовщик»)

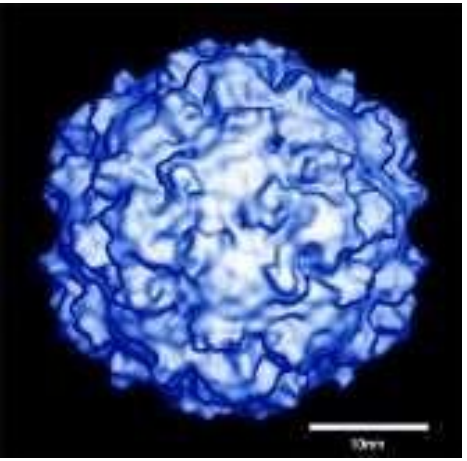
- Естественный отбор (как и любой природный процесс, не управляемый разумом) *принципиально не может заглядывать вперед*. Если признак вреден сегодня, отбор будет его «отбраковывать».

- <u>Вывод</u>: если признак упорно сохраняется, значит, он приносит какую-то сиюминутную пользу (или не мешает!)

<u>в том числе такой признак, как высокий темп мутирования</u> (но часто признак не адаптивен, а просто отбирается

Приме р, показывающий, что слишком низкий темп мутирования может быть вреден

Полиовирус (возбудитель полиомиелита)



- В норме скорость мутирования вируса – 1,9 мутаций на каждый акт репликации.
- В ходе адаптации к лекарству рибавирину (ускоряющему мутагенез за пределы допустимого) появились вирусы-мутанты со сверхточной РНК-полимеразой (0,3 мутации на каждый акт репликации в отсутствии рибавирина)
- Оказалось, что в отсутствии рибавирина такие вирусы почти не жизнеспособны. Низкая скорость мутирования не позволяет им:

а) быстро приспосабливаться к различным лекарствам, как это делают «обычные» вирусы, б) проникать в мозг.

- Достаточно искусственно ускорить мутагенез у этих вирусов, чтобы они снова стали жизнеспособными.

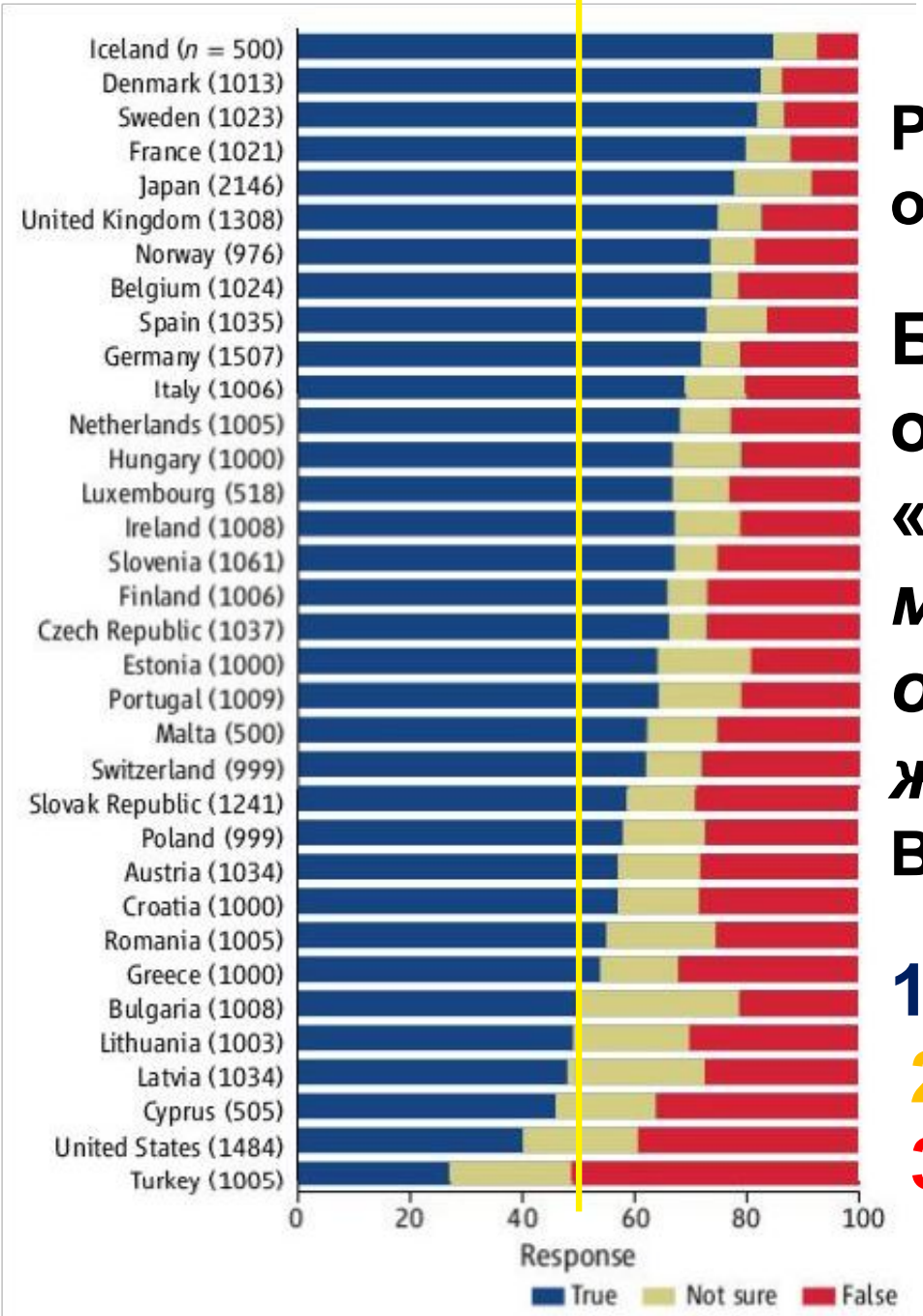
Marco Vignuzzi, Jeffrey K. Stone, Jamie J. Arnold, Craig E. Cameron & Raul Andino. Quasispecies diversity determines pathogenesis through cooperative interactions in a viral population // Nature. 2006. V. 439. P. 344-348.

Главные выводы из этого исследования:

- ***Некоторые организмы потенциально вполне способны в ходе эволюции выработать более***
- ***точную систему репликации и уменьшить темп мутагенеза.***

Однако они этого не делают (точнее, отбор не поддерживает такие изменения), потому что низкий темп мутагенеза снижает приспособляемость и

Зачем и как ученые доказывают, что биологическая эволюция существует?



Public acceptance of evolution in 34 countries, 2005.

Результаты социологического опроса в 2005 г.:

Было предложено дать оценку утверждению: *«Люди, в том виде, как мы их знаем, произошли от более ранних видов животных»*

Варианты оценки:

1. **это верно**
2. **затрудняюсь ответить**
3. **Это неверно**

« Отчего б не понемногу
Введены во бытиё мы?
Иль не хочешь ли уж Богу ты
предписывать приёмы?
Способ, как творил Создатель,
Что считал он боле кстати, —
Знать не может Председатель
Комитета по печати…»

из письма А.К.Толстого 1872г начальнику управления по делам печати по поводу попытки запрета им издания трудов Ч.Дарвина

На самом деле А.К. Толстой – лишь второй после самого Ч.Дарвина <u>научный</u> <u>креационист.</u> Дарвин закончил свой главный труд, показывающий механизмы эволюции, фразой: «Есть величие в том воззрении, по которому жизнь с ее различными проявлениями Творец первоначально вдохнул в одну или ограниченное число форм; и между тем, как наша планета продолжает вращаться согласно неизменным законам тяготения, из такого простого начала развилось и продолжает развиваться бесконечное число самых прекрасных и самых изумительных форм» 1859 г.

Однако вскоре он отказался и от этого допущения…

И тот же самый Дарвин говорил: «*Невежество всегда обладает большею уверенностью, чем знание, и только невежды могут с уверенностью утверждать, что науки никогда не будут в состоянии решить ту или иную проблему*».

Французский философ 19 в. ***Огюст Конт*** известен фразой: «Человек может узнать многое, но никогда не узнает, из чего состоят звезды». **Об этом узнали через 10 лет после его смерти.**

Теория биологической эволюции – не потому теория, что у ученых есть сомнения в *факте* самой эволюции, а потому, что есть еще очень много неясностей в ее конкретных механизмах, путях и факторах.

Реальность самого факта эволюции в рамках мирового научного сообщества не оспаривается уже давно.

Эволюционное учение рухнуло бы давным-давно, если бы против него можно было собрать убедительный с научной точки зрения, то есть объективный и проверяемый "компромат" в виде фактов, наблюдений, результатов экспериментов.

Может ли эволюция быть продуктом «сговора» ученых или их глобальной ошибкой? Слишком маловероятно.

Не только биология, но и другие естественные науки основаны на таких фактах, которые когда-то были просто гипотезами, потом стали теориями, а потом были признаны доказанными фактами. Так произошло и с теорией эволюции

Называть современную теорию эволюции "дарвинизмом" или "теорией Дарвина" - плохо, потому что биологическая наука очень далеко продвинулась в понимании эволюции по сравнению с исходной теорией Дарвина

Любая научная гипотеза обязана иметь проверяемые следствия (фальсифицируемость, Карл Поппер). Иначе она просто-напросто не является научной по определению («чайник Рассела» - ученый не может и не должен доказывать негативные утверждения (например, что Бога нет).

Доказательства (evidence) Э. – это факты (результаты наблюдений, экспериментов), хорошо объясняемые (или предсказываемые) эволюционной теорией. Они бывают более и менее сложными, и более или менее убедительными (статистически достоверными).

«Ча́йник Ра́ссела» (*Russell's Teapot*) — аналогия, впервые приведённая английским математиком и философом Бертраном Расселом (1872—1970) для опровержения идеи, что »бремя доказательства ложности религиозных утверждений лежит на сомневающемся».

«Если бы я стал утверждать, что между Землей и Марсом вокруг Солнца по эллиптической орбите вращается фарфоровый чайник, никто не смог бы опровергнуть моё утверждение, добавь я предусмотрительно, что чайник слишком мал, чтобы обнаружить его даже при помощи самых мощных телескопов. Но заяви я далее, что, поскольку моё утверждение невозможно опровергнуть, разумный человек не имеет права сомневаться в его истинности, то мне справедливо указали бы, что я несу чушь. Но если бы вера в такой «чайник» внушалась людям с детства, то …»

Смысл аналогии : ***учёный не может доказывать негативные утверждения*** и, следовательно, в соответствии с ***принципом бритвы Оккама***, из двух теорий, объясняющих одно и то же, теория с лишними сущностями (в которой, наряду с прочим, присутствуют высшие существа) должна быть отвергнута, и вместо неё должна быть принята теория без лишних сущностей.

Многочисленные доказательства эволюции подтверждают эволюционное происхождение всех живых существ от общего предка. **Сегодня мы уже довольно много знаем о том, что представлял из себя последний общий предок ныне живущих организмов (*last universal common ancestor*, LUCA) на основе их сходства. Нужно помнить, что он не был: 1) ни первым живым организмом на Земле (его появлению предшествовала долгая эволюция), 2) ни самым примитивным или простым из когда-либо живших существ, ни 3) единственным существом, жившим в то время на Земле.**

Рассматриваемые доказательства Э. – это факты, доказывающие, что существующие на планете виды живых существ не были созданы какой-либо разумной силой в своем нынешнем виде, а произошли от других видов в результате естественных процессов; что эти виды-предки, в свою очередь, произошли от других видов, и так далее, вплоть до последнего универсального общего предка.

(Естественный) отбор - это не случайный, а строго закономерный процесс, придающий эволюции направленность и в конечном счете создающий сложные адаптации, похожие на результат "разумного проектирования". Эвол-я в результате отбора - это постепенный процесс «сбора» полезных мутаций.

Возможность появления новых, полезных для организма признаков посредством случайных единичных мутаций генов подтверждена многочисленными фактами.

Чтобы дикий рис превратился в культурный, хватило единственной мутации по замене 1 АК в белке, отделяющем зерно от плодоножки (неопадающий рис). Далее - искусственный отбор. Так же одного нуклеотида искусственно замененного в гене-регуляторе хватило, чтобы изменить поведение одного вида бактерий на групповое (защита от хищников).

Между *искусственным* и *естественным* отбором нет непроходимой пропасти

Злаки с неосыпающимися семенами выведены нами бессознательно, и наоборот, у термитов и муравьев есть сельское хозяйство с миллионолетним отбором видов грибов которые уже не могут существовать самостоятельно.

У животных самки в ходе полового отбора становятся селекционерами - павлинихи *создали* роскошные узоры на хвостах самцов-павлинов точно так же, как голубеводы создали причудливые украшения у декоративных пород голубей; а насекомые опылители – яркие и пахучие цветы (отбор шел на способность привлечь опылителей. Вкусы насекомых и нас совпали т.к. мы любим сладкое. Но часть красоты цветов и птиц нам недоступна т.к. она выполнена в ультрафиолетовом диапазоне. Так что это сделано не для нас (как бы не утверждали креационисты).

Антиэволюционисты ошибаются, когда говорят, что искусственный отбор не создал ни одного нового вида.

Люди занимаются селекцией (в основном бессознательной) животных и растений лишь около 10 000 лет (не считая собаки, которая была одомашнена 15 000 л.н.) - срок ничтожный по сравнению со временем существования земной жизни (свыше 3,8 млрд лет) и по сравнению с наблюдаемыми в природе естественными темпами видообразования (средняя продолжительность существования вида - 1-3 миллионов лет; т.е. на развитие полной генетической несовместимости между двумя популяциями уходит около 3 млн лет

Немецкий дог и чихуахуа

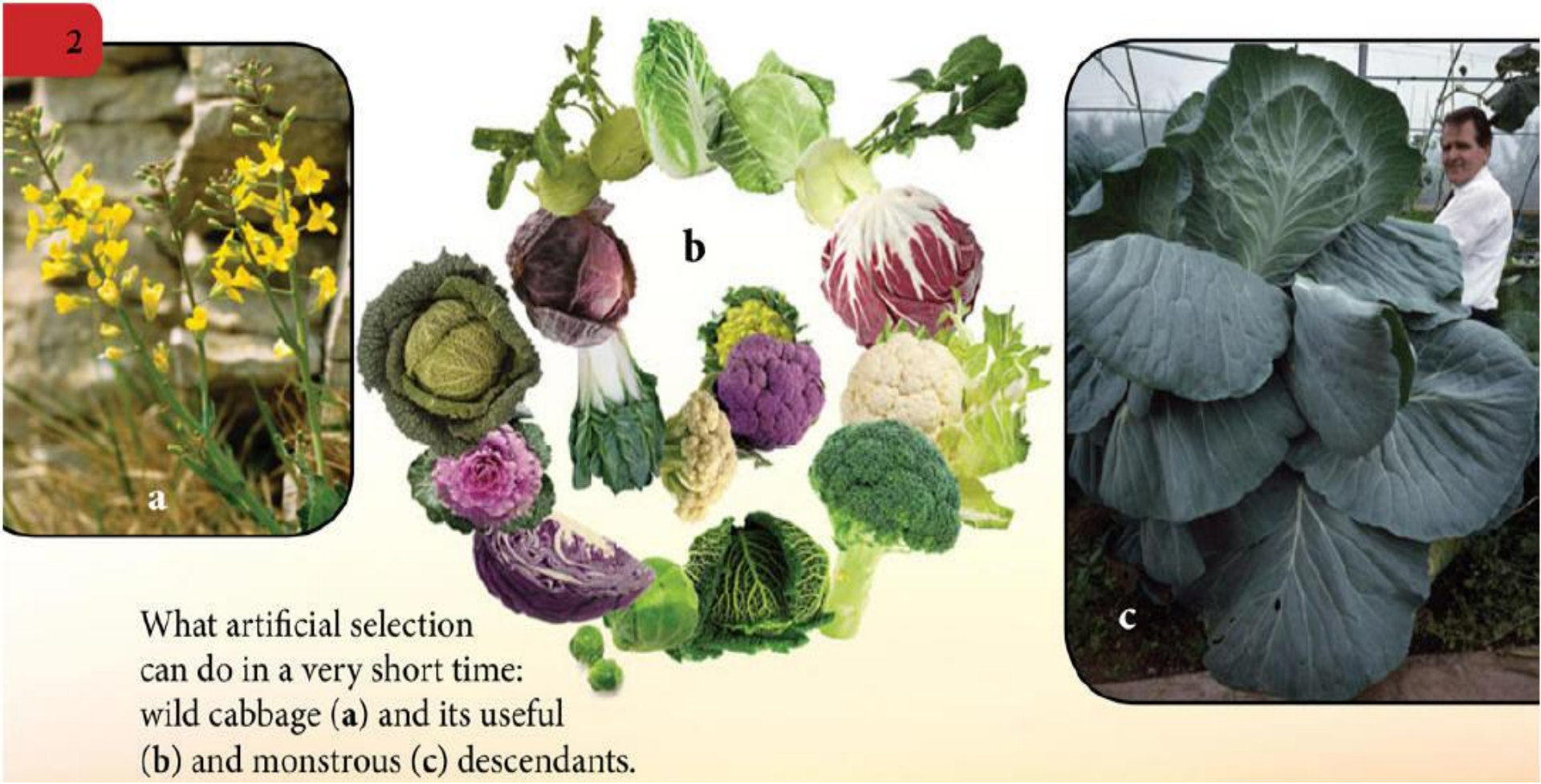
Все собаки – один вид. Но трудно догадаться, что под их шкурой таится волк. Возможность генетического скрещивания - это не главный критерий вида. Например у этих пород это *физически* невозможно, а у волков, шакалов и койотов хотя и *возможно, но почти никогда не происходит в природе.*

Антиэволюционисты: «раз собака и волк суть один вид, то и эволюции здесь не было».

***Очень многие виды диких животных, относящиеся к одному роду, а иногда и к разным родам, в принципе способны скрещиваться и давать плодовитое потомство*, однако в естественных условиях они почти никогда этого не делают.**

***Собака*, *волк,* от которого она произошла 15 000 лет назад в Восточной Азии, и *собака динго*, произошедшая от собак проникших из Малайзии – *хорошо различающиеся виды одного рода*.**

***Способность давать плодовитое потомство – лишь один из критериев биологического вида.* Есть еще морфологические, экологические, поведенческие биохимические и многие другие критерии.**



What artificial selection can do in a very short time: wild cabbage (**a**) and its useful (**b**) and monstrous (**c**) descendants.

Антиэволюционисты: «искусственный отбор не создал ни одного нового вида»

<u>Кукуруза - одно из ярких живых свидетельств могущества искусственного отбора</u>. Дикий предок кукурузы - растение теосинте – из Мексики имело крошечный початок с небольшим числом мелких семян в жесткой, малосъедобной оболочке. 7-8 тыс. лет искусственного отбора превратили теосинте в кукурузу. При этом первые початки были лишь 3-4 см в длину. <u>Ботаники традиционно относили теосинте и кукурузу не только к разным видам, но и разным родам *Euchlaena* и *Zea*.</u>

Если естественный отбор по сути дела является тем же самым процессом , что и искусственный, то и в природе могут из старых видов самопроизвольно возникать новые. ***Причем у природы было на это не 10-15 тыс. лет, как у человека, а свыше трех миллиардов, т.е. в 300 000 раз больше.***

Доказательства эволюции

Основные группы аргументов:

- 1. **Наблюдаемая эволюция**
- **2. Эволюционное дерево**
- **3. Палеонтологические доказательства**
- **4. Морфологические доказательства**
- **5. Эмбриологические доказательства**
- **6. Молекулярно-генетические и**

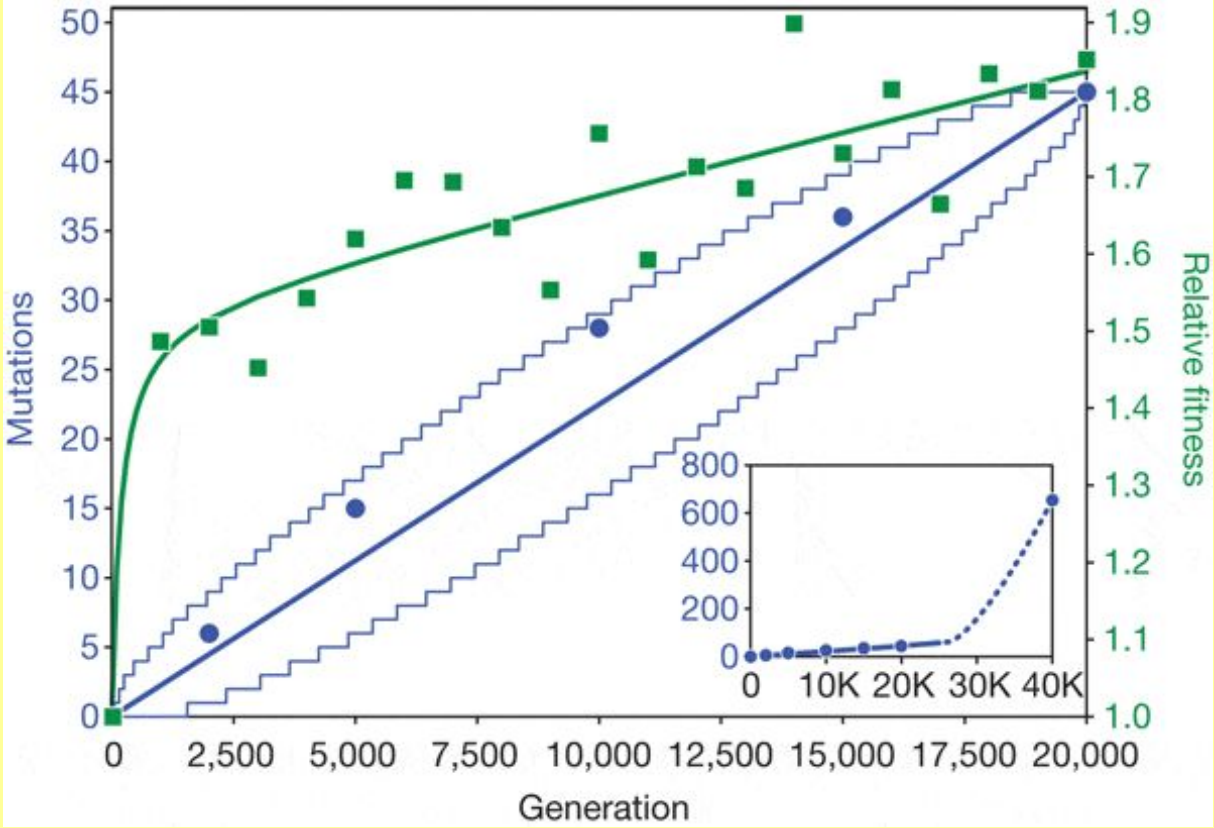
1. Наблюдаемая эволюция

Все наблюдаемые виды мутаций (например, создание копий генов с разделением ф-ий между копиями – гомеозисные гены) как основа эволюционных новшеств

- ***Различие хромосомных наборов (ХН) – не препятствие для скрещивания (полиморфизм ХН у кабана; многие растения получились путем объединения наборов хромосом)***

Подведены промежуточные итоги рекордного эволюционного эксперимента длиной в 40 000 поколений *на Escherichia coli (бактерия - кишечная палочка).* (США, Мичиган, 1988- 2008). В одной из 12 колоний питающихся на *глюкозе* самопроизвольно появилась способность усваивать *цитрат* который тоже добавляли, но который в норме ими в аэробной среде не усваивается.

Jeffrey E. Barrick, Dong Su Yu, Sung Ho Yoon, Haeyoung Jeong, Tae Kwang Oh, Dominique Schneider, Richard E. Lenski, Jihyun F. Kim. Genome evolution and adaptation in a long-term experiment with Escherichia coli // *Nature*. 2009. V. 461. P. 1243–1247



Накопление мутаций (*синии линии и кружки*) и рост приспособленности (*зеленые линии и квадраты*) в экспериментальной популяции. *По горизонтальной оси* — номер поколения. Видно, что число зафиксировавшихся мутаций росло линейно. Приспособленность (скорость роста по сравнению с контролем) сначала росла очень быстро, а потом ее рост замедлился. *На маленьком графике в правом нижнем углу* показано резкое ускорение накопления мутаций начиная примерно с поколения №26 000, когда в популяции зафиксировалась мутация, повышающая темп мутагенеза. В стабильных условиях популяция эволюционирует все равно, из-за несовершенства аппарата починки репликации ДНК.