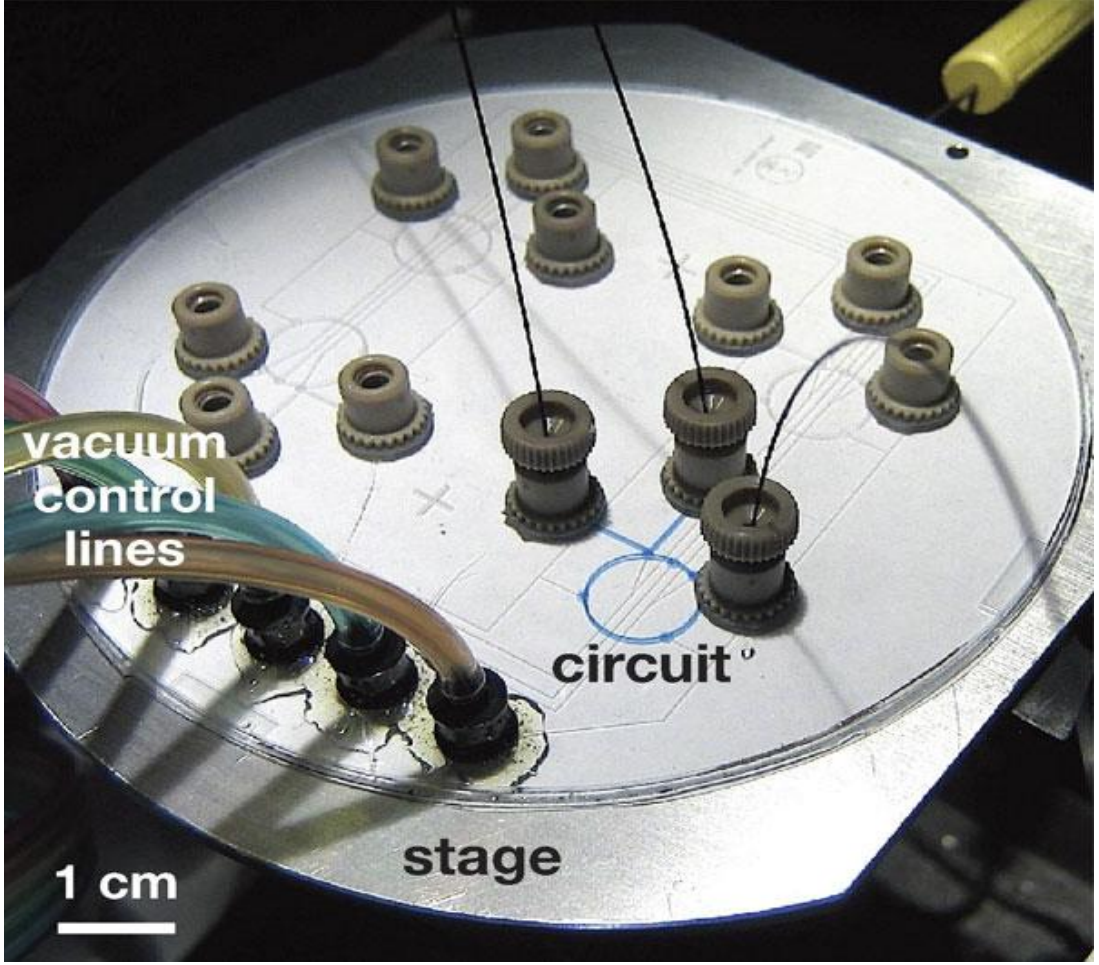
Доказательства эволюции

Основные группы аргументов:

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

- **Примеры работ по химической "эволюции в пробирке"** (эти работы доказывают эффективность механизма естественного отбора не только для организмов, но и для *размножающихся молекул, что имеет прямое отношение к самым ранним этапам эволюции жизни*



Разработано компьютеризированное устройство для опытов по искусственной эволюции, позволяющее проводить в автоматическом режиме многие операции, которые раньше приходилось осуществлять вручную. Помещенные в установку молекулы РНК с каталитическими свойствами (рибозимы) за 70 часов эволюции увеличили свою каталитическую активность в 90 раз, что потребовало закрепления 11 мутаций. Возможно, в скором будущем направленная эволюция молекул и микроорганизмов станет таким же простым делом, как запуск компьютерной программы. Brian M. Paegel, Gerald F. Joyce. Darwinian Evolution on a

Огромное количество примеров по развитию устойчивости к паразитам, антибиотикам и пестицидам *за несколько поколений* (кролики и миксоматоз, малярийные комары (50 млрд. жертв!) и ДДТ, золотистый стафилококк и антибиотики)

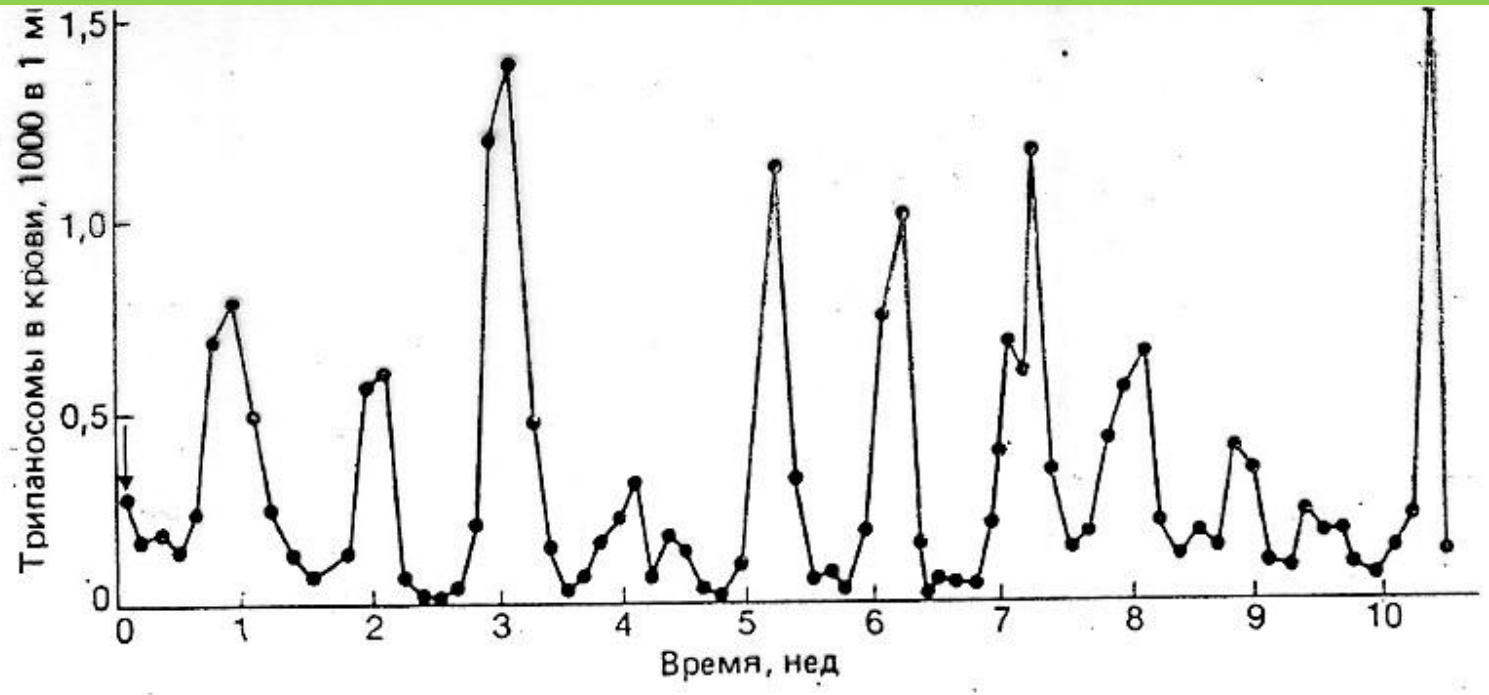


Рис. 12.27. Колебания численности трипаносом в крови больного сонной болезнью. При каждом подъеме численности популяция трипаносом отличается по антигенам от популяции на соседних подъемах. (По Ross, Thomson, 1910.)

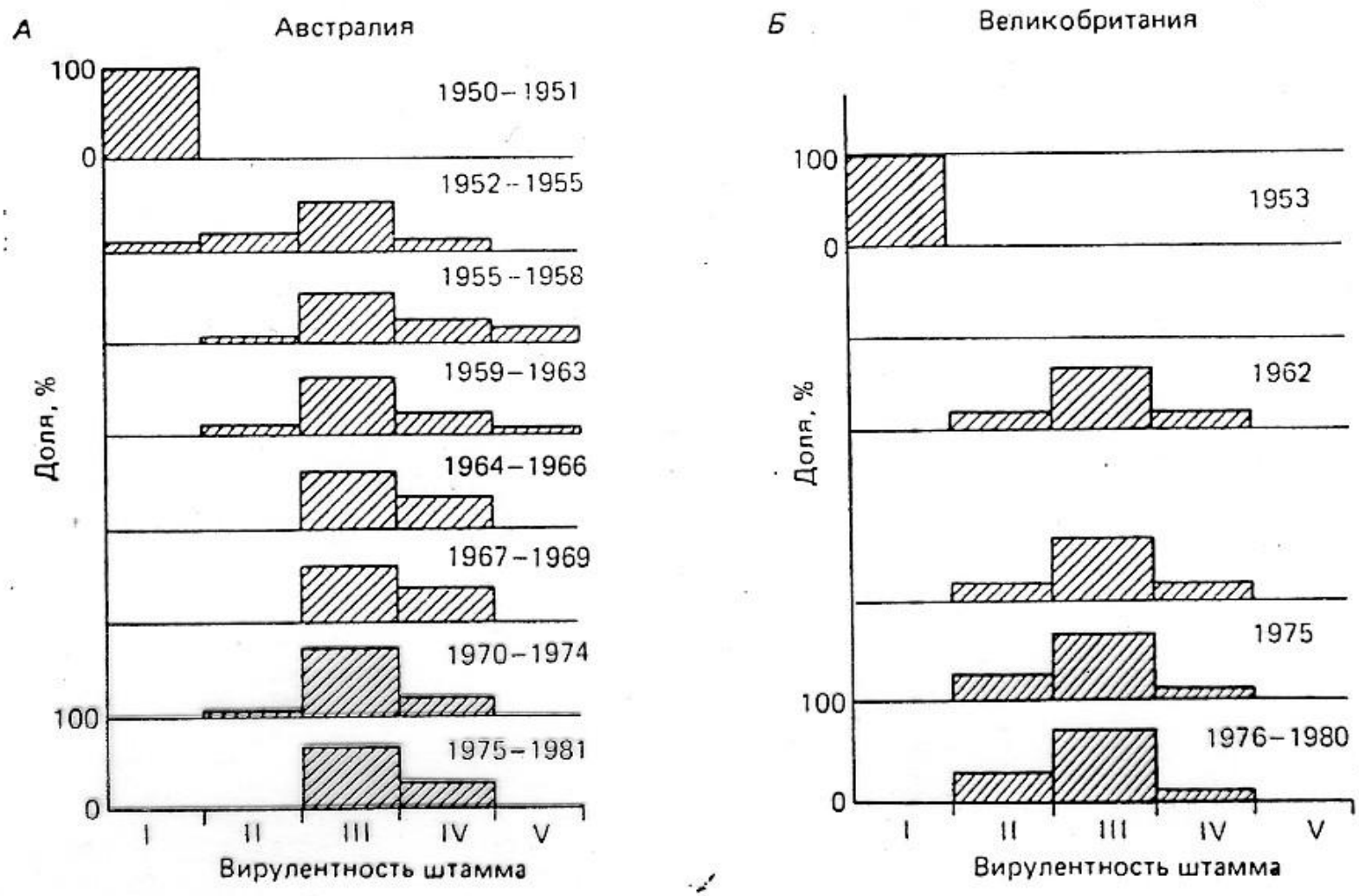
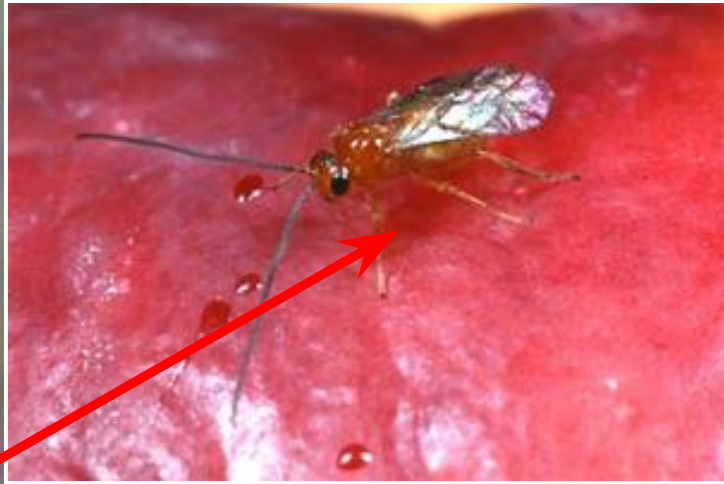
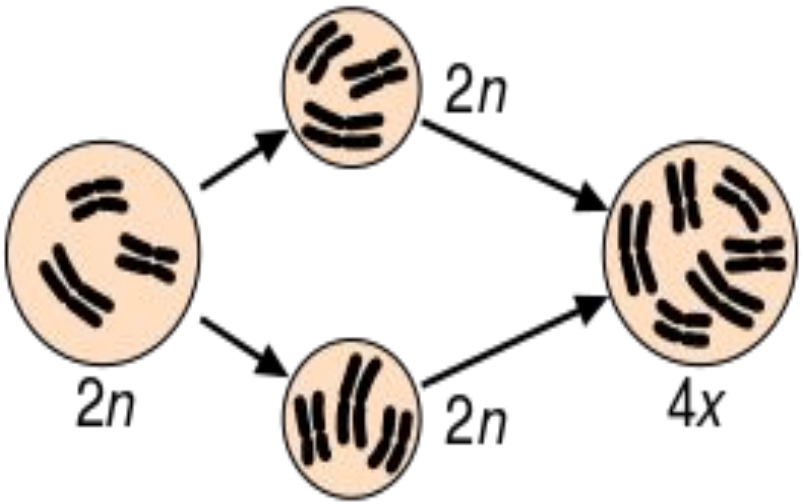


Рис. 12.28. *А*. Пропорции, в которых различные штаммы миксовируса были обнаружены в диких популяциях кроликов в Австралии в разные периоды с 1951 по 1981 гг. *Б*. Сходные данные для диких популяций кроликов в Великобритании с 1953 по 1980 гг. Штамм I — наиболее вирулентен, а штамм V — наименее. (По May, Anderson, 1983, из данных, собранных Fenner, 1983.)

Примеры видообразования в природе «на наших глазах» Яблоневая мушка.



Американские биологи получили яркое подтверждение теории, согласно которой рост биоразнообразия может быть автокаталитическим (самоускоряющимся) процессом. Мухи *Rhagoletis pomonella*, личинки которых живут в плодах боярышника, «на глазах» у ученых и садоводов за 150 лет «отделили» от себя новый вид, ставший опасным вредителем яблонь. Как выяснилось, это стало стимулом для видообразования у наездников, паразитирующих на этих мухах. Со своей стороны, наездники стимулируют видообразование у мух, заставляя их переходить на новые растения (самоускоряющаяся эволюция).



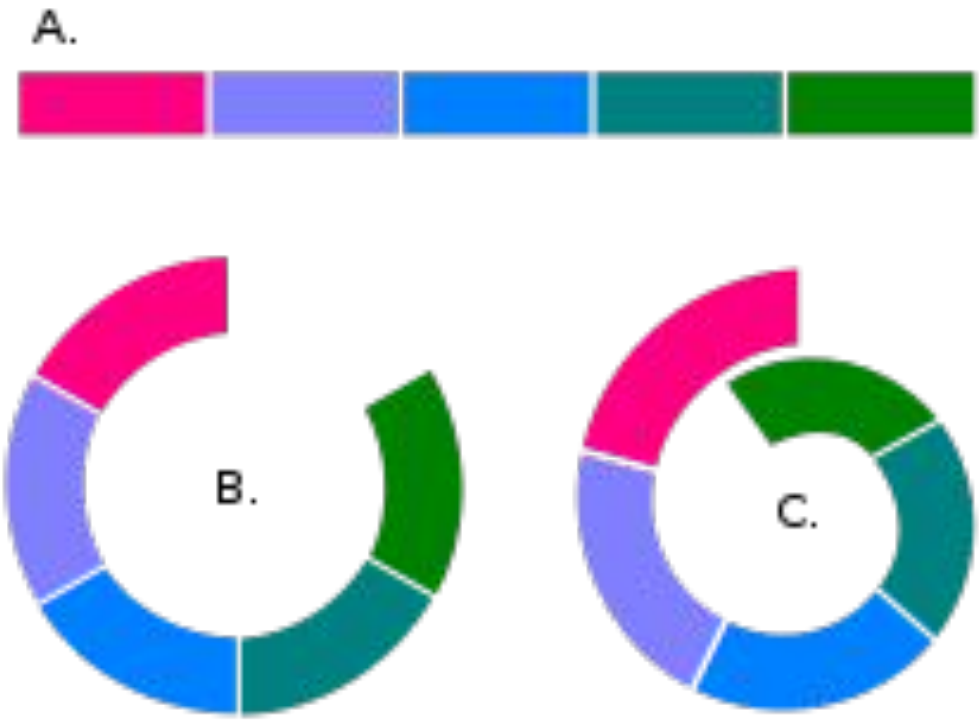
<u>По некоторым оценкам около 45 % растительных видов на Земле представлено полиплоидами.</u> Наиболее ценные культурные растения, такие как пшеница, овес, арахис, картофель, брюква, горчица, слива, земляника, ежевика, табак, люцерна, тимофеевка, топинамбур, багат, оливковое дерево, сахарный тростник и другие являются полиплоидами (от 3 до 8 n). Это результат слияния гамет с увеличенным набором хромосом после искусственного или естественного нарушения мейоза (или нерасхождения зиготы в ходе митоза). Этот механизм видообразования интересен тем, что может вести к мгновенному и автоматическому формированию полной генетической несовместимости нового вида с видами-предками.

Слияние хромосомных наборов гамет разных видов растений – очень частое явление. Если после этого набор хромосом удваивается, то образуется нормальный гибрид и новый вид. Так, известны виды пшеницы с 14, 28 и 42 хромосомами, виды роз с 14, 28, 42 и 56 хромосомами и виды фиалок с числом хромосом, кратным 6 в интервале от 12 до 54. **По некоторым данным, гибридогенное происхождение имеют не менее трети всех видов цветковых растений**

Слияние двух хромосом — это наиболее заметное различие геномов человека и шимпанзе, а у некоторых видов мадейрских мышей за 500 лет было отмечено девять подобных слияний.

Симпатрическое видообразование у рыб (цихлиды оз. Апойо в Никарагуа, которое образовалось 23 тыс. л.н.)

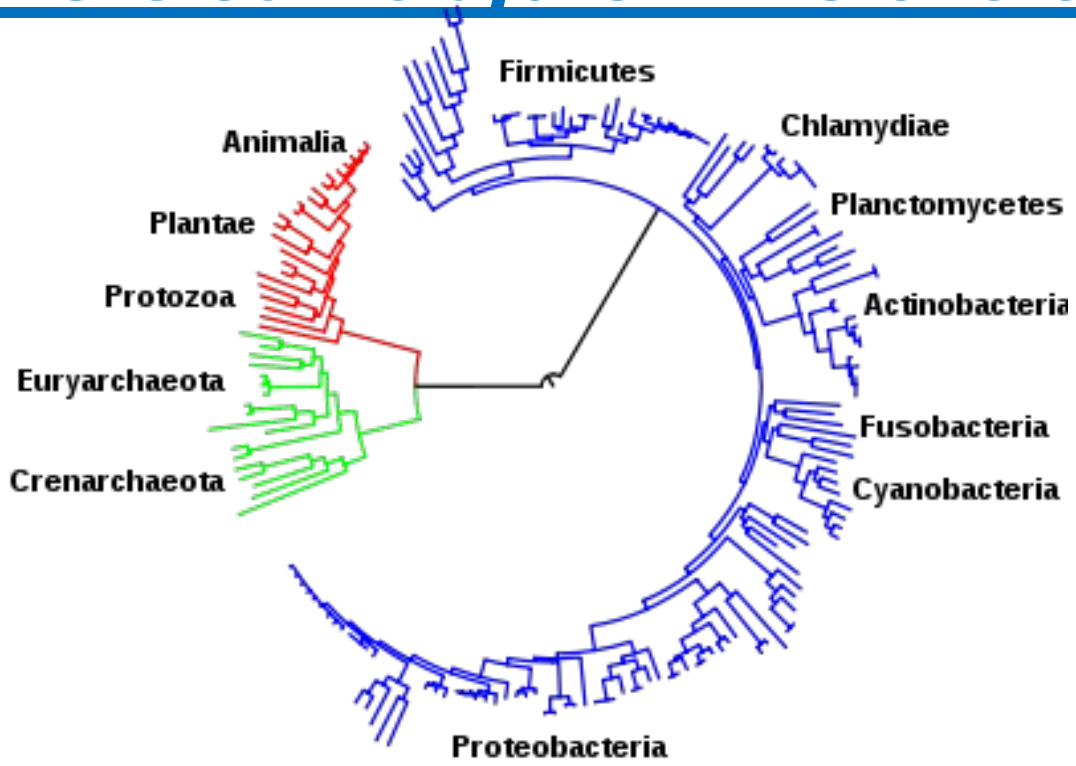
Marta Barluenga, Kai N. Stolting, Walter Salzburger, Moritz Muschick & Axel Meyer. Sympatric speciation in Nicaraguan crater lake cichlid fish // Nature. Vol. 439. 9 February 2006. doi:10.1038/nature04325.



Промежуточные этапы видообразования наблюдаются реже, чем можно ожидать исходя из теории эволюции.

Наблюдаемая дискретность видов во многом <u>определяется дискретностью экологических условий</u> и <u>пониженной приспособленностью промежуточных форм</u>.

2. «Эволюционное дерево»



Единая иерархия живых объектов - единственная и объективная по сравнению с классификациями других природных объектов (крислаллов, хим. элементов, планет, звезд, и проч.), которые не обладают подобной «врожденной» естественной иерархией.

Эволюционные деревья, построенные по ***разным*** источникам (по отдельным генам, некодирующим участкам ДНК, морфологическому строению, палеонтологической летописи, эмбриологии), - ***соответствуют друг другу.***

Это совпадение без труда объясняется эволюционной теорией.

(при этом естественной единицей классификации биологических объектов является только вид (а не род, семейство, класс и др.)

Горизонтальный перенос генов, ***межвидовая гибридизация и симбиогенез*** **порождают горизонтальные перемычки между некоторыми ветвями «эволюционного дерева», особенно у прокариот. Но это не разрушает общую древовидную (иерархическую) структуру «эвол. дерева», потому что «вертикальная» передача генов (от родителей к потомкам) у всех живых организмов резко преобладает над горизонтальной.**

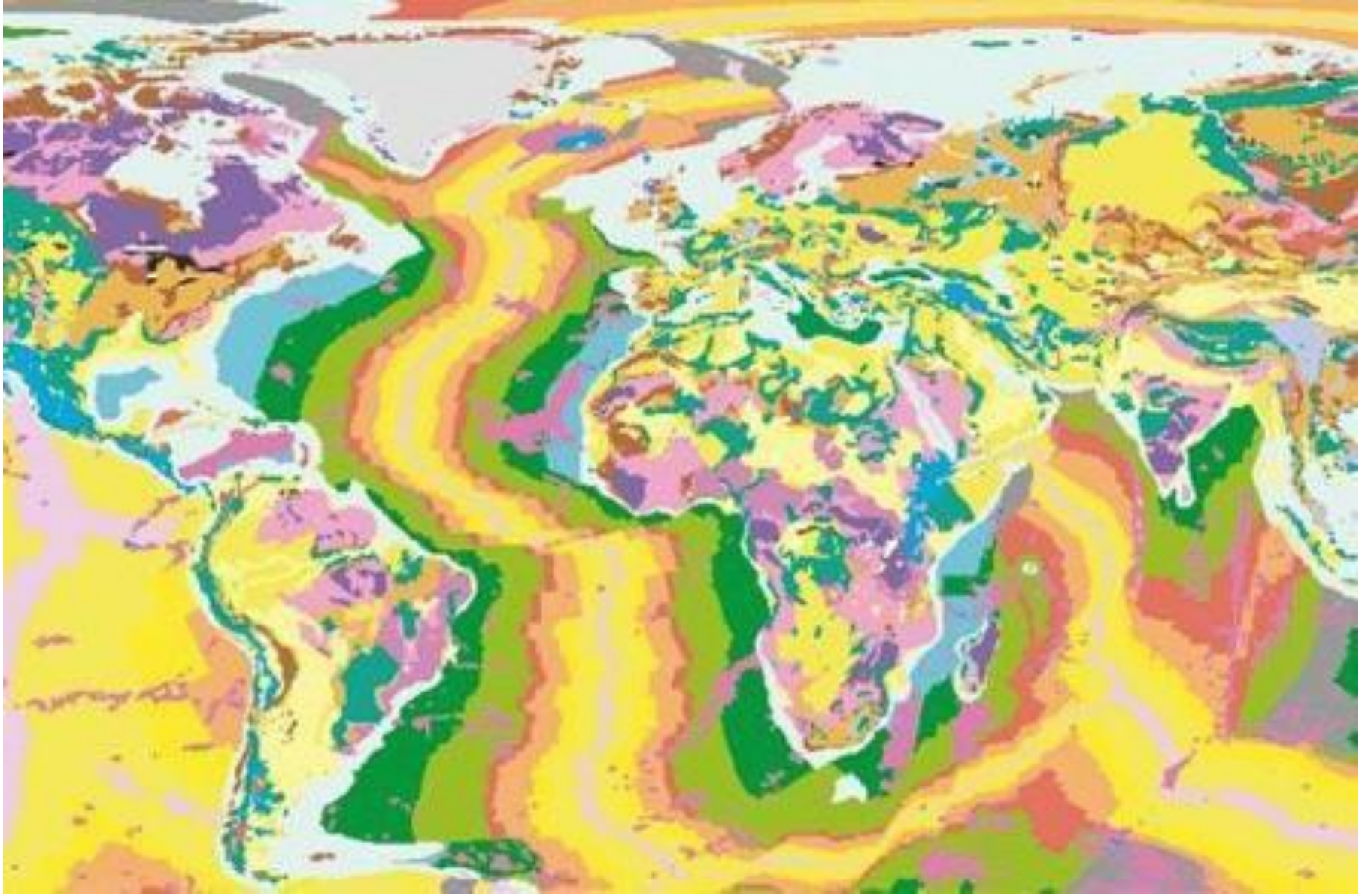
аналог биологической

1. Строится на накоплении мутаций, их накопление идет с постоянной скоростью;
2. Идет постепенно (без скачков);
3. Дискретна (языки не смешиваются);
4. Для нее нужна изоляция;
5. Тоже есть «Эффект основателя»;
6. Значительный набор нейтральных признаков (но нет

3. Палеонтологические доказательст

- **Ископаемая летопись постоянно пополняется.**

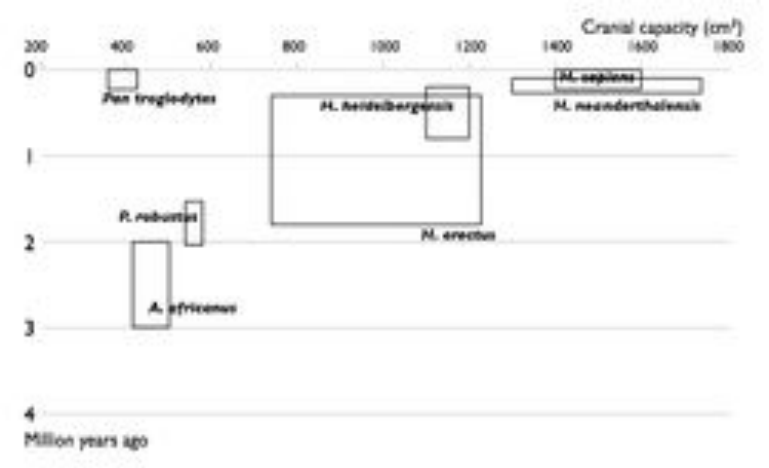
Принцип суперпозиции геологических слоев Нильса Стенона и основанная на нем наука *стратиграфия* (время без часов) позволяют, сравнивая ископаемые формы из последовательных напластований, делать выводы о направлениях эволюции. Для оценки *возраста окаменелостей* используются методы датировки, которые разделяются на *относительные* (стратиграфические, палемагнитный) и *абсолютные* (радиометрические методы, люминисцентные, методы электронно-парамагнитного резонанса и др.). ***Важно, что эти независимые***



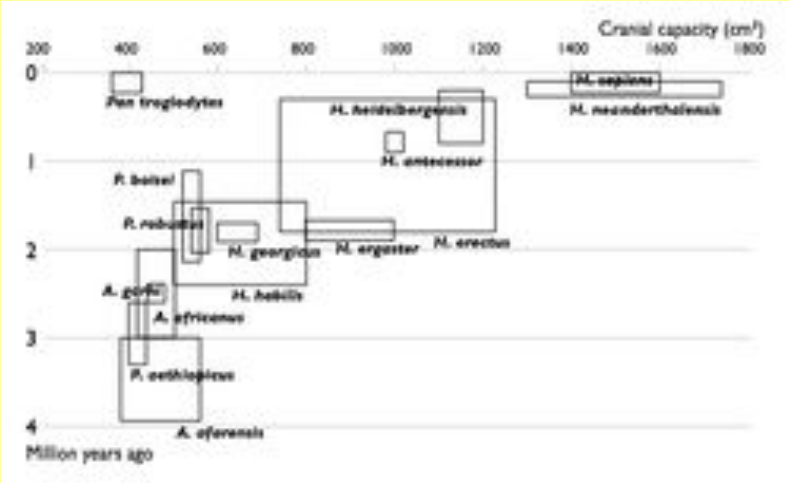
Геологическая карта мира. Цвет обозначает возраст отложений от желтого (самый молодой) до синего (самый древний (источник: OneGeology).

Прогресс в изучении эволюции человека за 150 лет. Увеличение числа известных науке видов *гоминин* по времени. Каждый вид изображен в виде прямоугольника, показывающего границы, в которых варьировал объём черепа, и место вида в палеонтологической летописи. Видно постепенное заполнение промежутков между видами.

1850



1950



2002

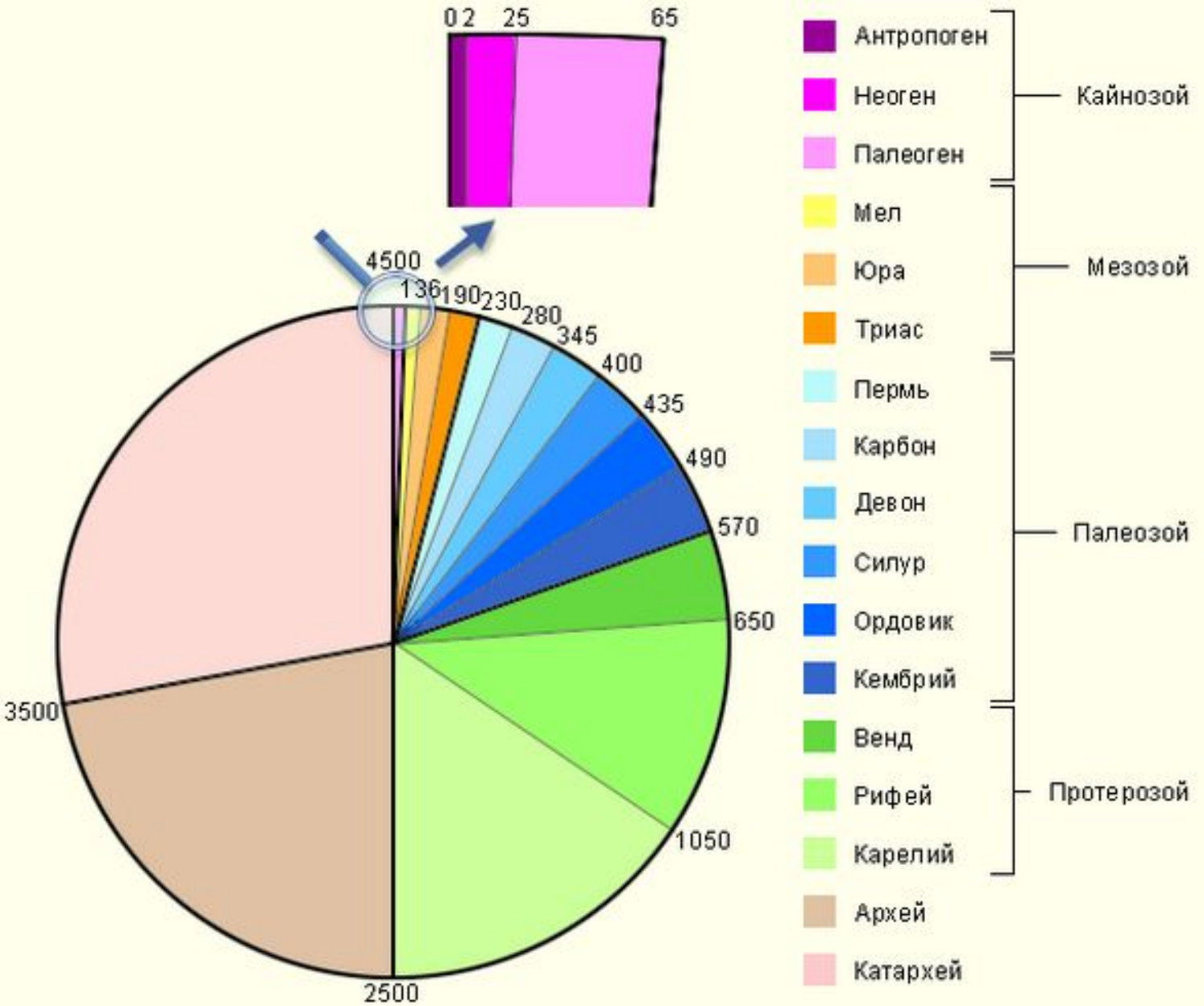
- ***При взгляде на палеонтологическую летопись видно постепенное накопление все новых форм организмов от прошлого к современности*.**
- **Первые простейшие одноклеточные появляются приблизительно 3.5 млрд лет назад. Первые одноклеточные эукариоты появляются 1.75 млрд лет назад. Еще через миллиард лет, немногим более 635 млн лет назад, в палеонтологической летописи появляются первые многоклеточные животные - губки. Через несколько десятков млн лет находим первых червей и моллюсков, а еще через 15 млн лет — первых примитивных позвоночных, похожих на современных миног.**

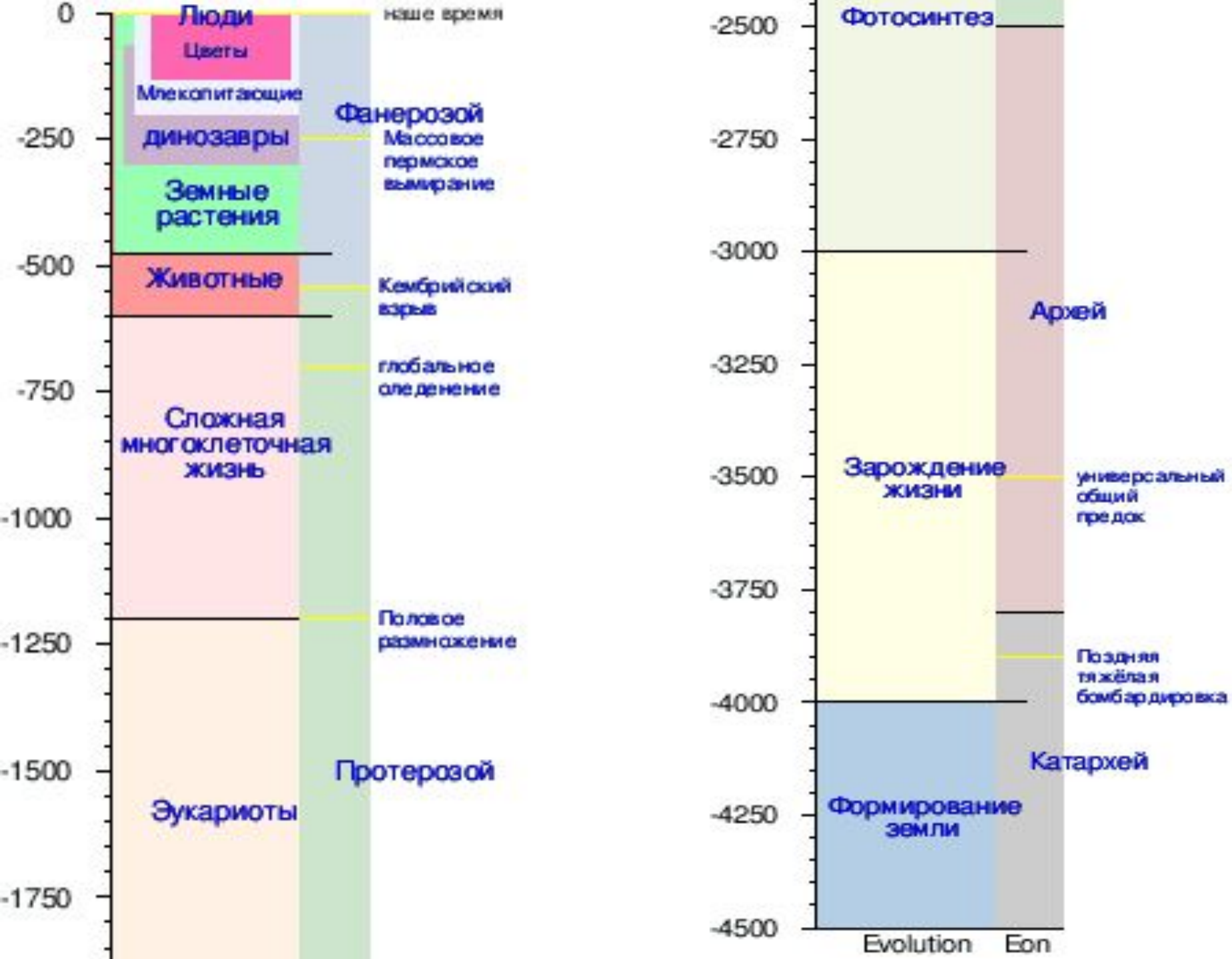
Насекомые — 400 млн лет назад, и еще 100 млн лет суша покрыта папоротниками и населена насекомыми и земноводными. С 230 по 65 млн лет назад на Земле господствуют динозавры, самые распространенные растения — саговники и другие голосеменные.

Первые цветковые растения появляются 100 млн лет назад. ***Чем ближе к современности, тем больше сходства имеют ископаемые флоры и фауны с современными.***

Наблюдаемая картина соответствует эволюционной теории, и не имеет других научных объяснений (всемирный потоп и катастрофизм не выдерживают научной критики)

Фанерозой (542 млн) - время «явной» жизни, *криптозой* – «скрытой» жизни (3200 млн)




0
-250
-500
-750
-1000
-1250
-1500
-1750
-2500
-2750
-3000
-3250
-3500
-3750
-4000
-4250
-4500
Люди
Цветы
Млекопитающие
динозавры
Земные растения
Животные
Сложная многоклеточная жизнь
Эукариоты
наше время
Фанерозой
Массовое пермское вымирание
Кембрийский взрыв
глобальное оледенение
Половое размножение
Протерозой
Фотосинтез
Архей
Зарождение жизни
универсальный общий предок
Поздняя тяжёлая бомбардировка
Катархей
Формирование земли
Evolution
Eon

Как запомнить геологические периоды

Палеозой (290 млн): **К**аждый **О**тдельный **С**тудент **Д**олжен **К**упить **П**оллитру (**к**ембрий, **о**рдовик, **с**илур, **д**евон, **к**арбон, **п**ермь).

Мезозой (186 млн): **Т**ы **Ю**ра **М**ал (**т**риас, **ю**ра, **м**ел).

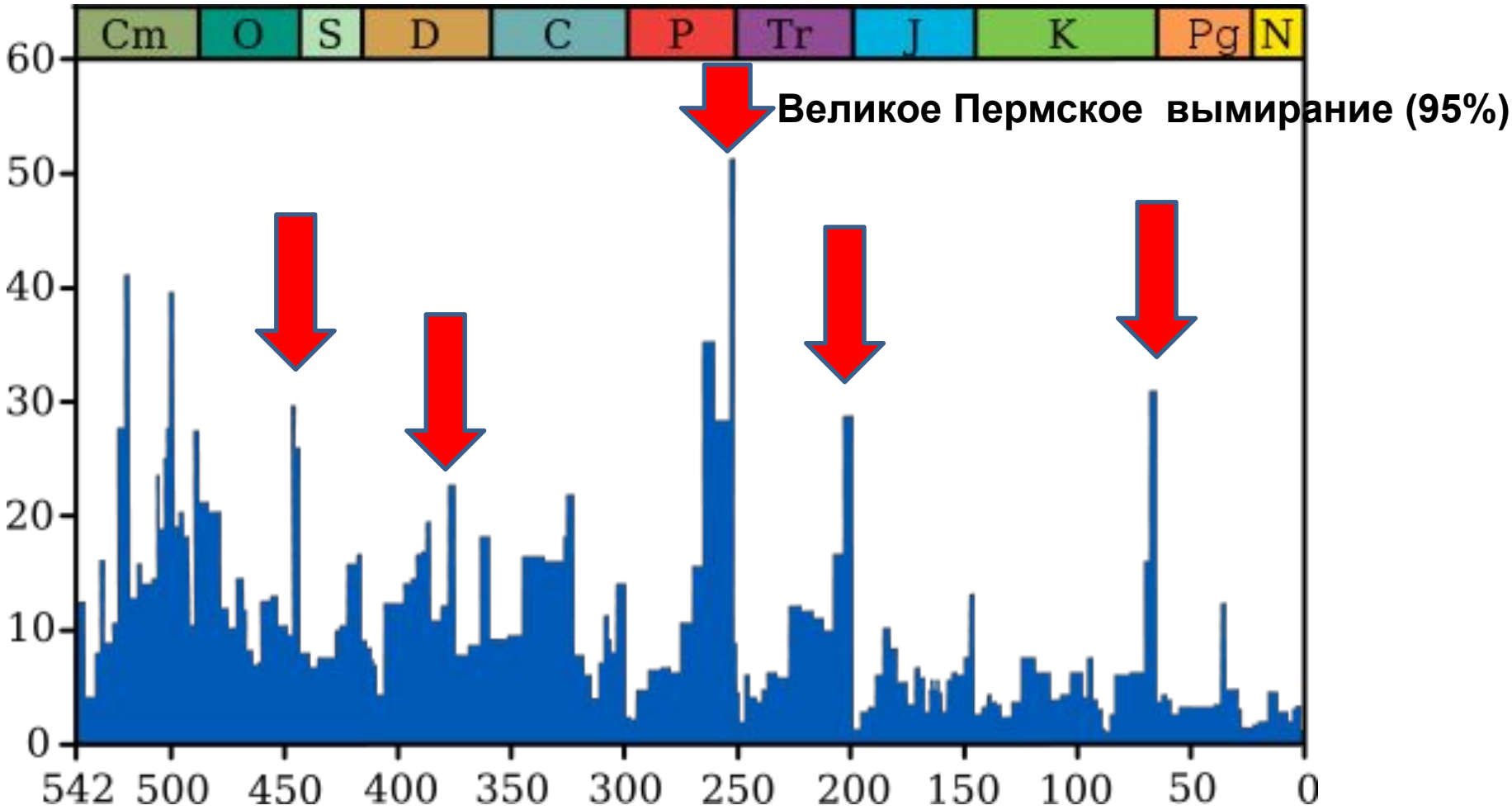
Кайнозой (66 млн лет): **П**одрасти **Н**емного, **А** то… (**п**алеоген, **н**еоген, **а**нтропоген).

Что удалось узнать по данным биостратиграфии

1. По данным биостратиграфии 99% живших на Земле видов вымерло. Это сложно объяснить с другой позиции кроме теории эволюции, т.е. в результате проигрыша в борьбе за существование, т.е. изменений среды. Из них описано 250 000 видов, причем каждый встречается только в конкретном стратиграфическом слое и нигде больше.
2. По тем же данным, за последние 542 млн. лет средняя продолжительность существования родов и семейств растет, что проще всего объяснить ростом приспособленности в ходе эволюции.
3. В каждой группе ископаемых прослеживаются превосходные "эволюционные ряды": постепенные изменения строения

- **Граница белых (мел) и темных (известняки) слоев соответствует *рубежу мезозоя и кайнозоя* (65,5 млн лет), когда *вымерли последние динозавры*, аммониты и многие другие животные. Ископаемые фауны белого и темного слоев различаются очень сильно (на этом рубеже произошло *массовое вымирание*). И так**

«Большая пятерка» массовых вымираний видов в истории Земли



Вымирание морской фауны в течение фанерозоя. Для каждого интервала времени показано, какой процент существовавших тогда родов не дожил до следующего интервала. Показаны вымирания не всех родов, а лишь сохранившихся в окаменелостях (по А.В.Маркову).

Ордовикско-силурийское вымирание

(450-440 млн. лет назад). **Вымерло около 60% всех морских беспозвоночных-**

<u>Возможные причины</u>: большинство ученых склоняются ко мнению, что всему виной послужило движение Гондваны - огромного суперконтинента, включавшего в себя практически всю сушу Земли. Гондвана сдвинулась близко к южному полюсу планеты, что привело к глобальному похолоданию, и как следствие, падению уровня мирового океана. Большая часть животных в то время обитало в воде мелководий, и падение уровня мирового океана уничтожило или повредило места обитания.

Девонское вымирание

(374 и 359 млн. лет назад). Вымерло около 50% морских животных

<u>Возможные причины</u>: совершенно неясно, что послужило причиной этого массового вымирания. Основная версия случившегося - изменение уровня мирового океана и кислородное обеднение океана. Вероятно это было вызвано высокой вулканической активностью Земли. Некоторые ученые так же не исключают падение крупного внеземного тела, например кометы.

Великое Пермское вымирание

(250 млн. лет назад). Вымерло 95% всех животных

Это величайшее массовое вымирание всех времен. Около 250 млн. лет назад исчезло 70% всех наземных животных. В океане дела обстояли еще хуже - погибло 96% морских видов. Во время Великого Пермского вымирания погибло более 57% родов насекомых. Это единственное известное вымирание, которое коснулось насекомых. Вымирание затронуло даже микроорганизмы, которым, казалось бы, мало что может навредить. Повышенная вулканическая активность. Предполагают, что со дна океана было выброшено очень много метана, что привело к смене климата. Ряд ученых считает, что в это время Земля столкнулась с огромным астероидом. Доказательством последней теории служит огромный кратер в Антарктиде. Но это менее вероятно

Триасовое вымирание

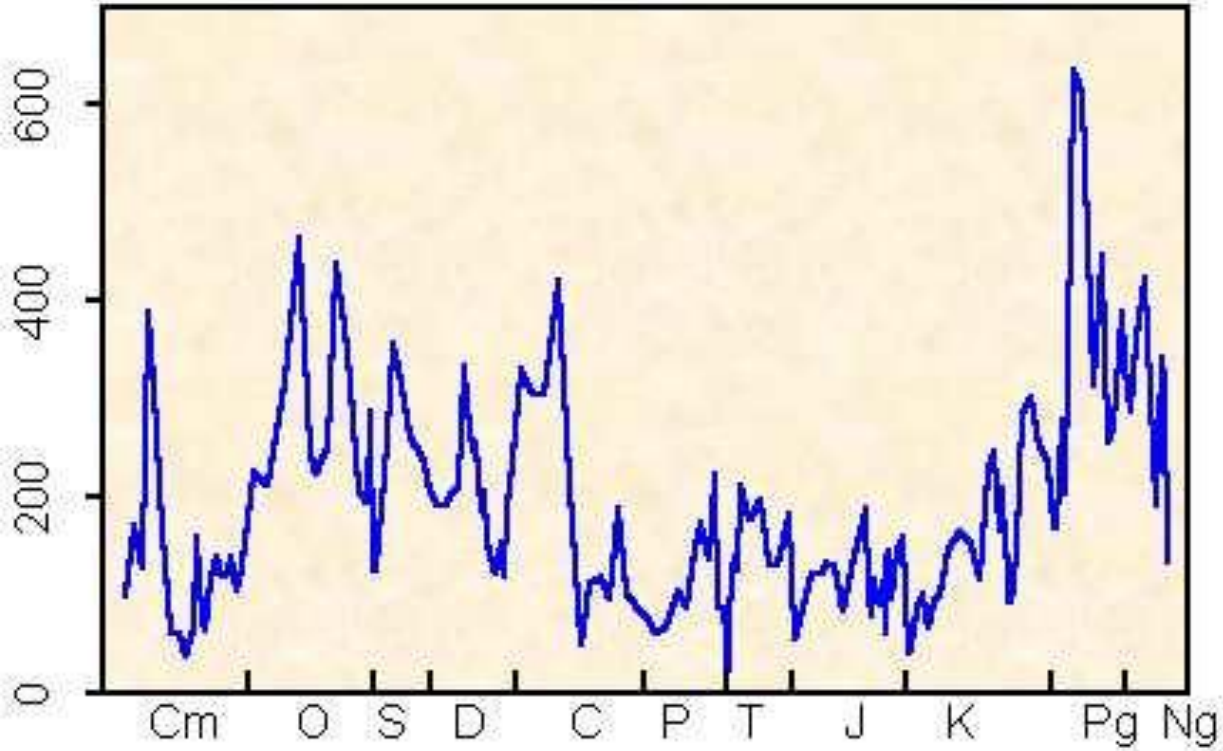
(200 млн. лет назад). Вымерло около 50% всех животных

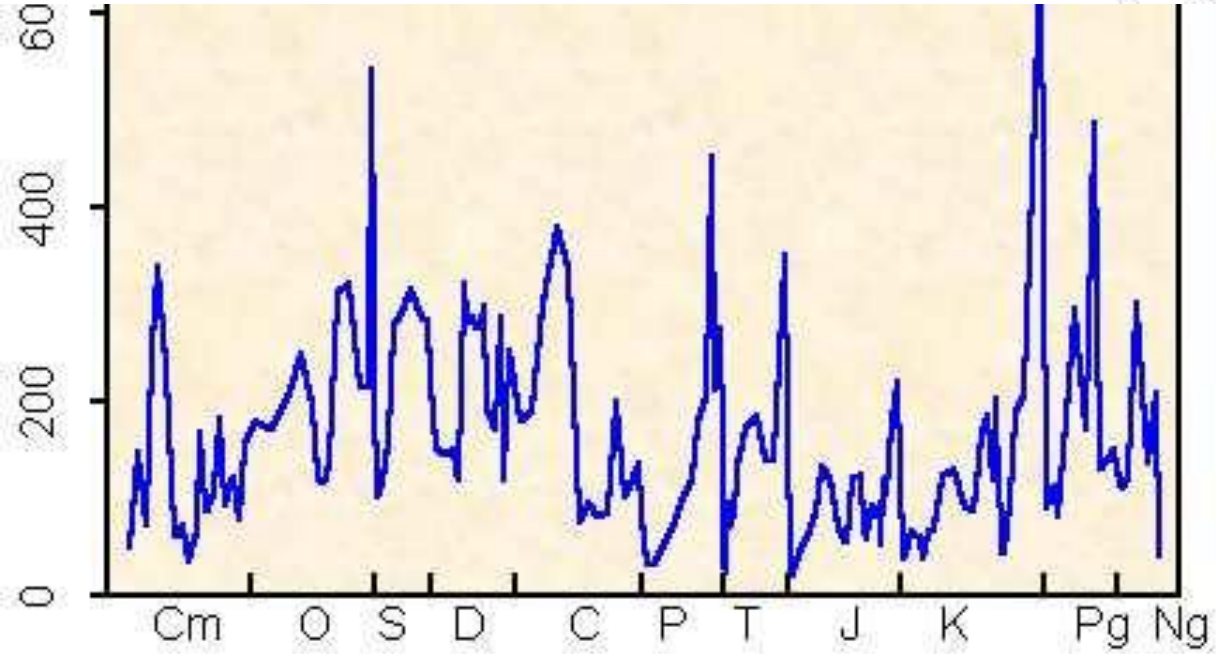
Возможные причины: Особенностью Триасового вымирания считается скоротечность. Оно произошло в течение 10 тыс. лет, что очень быстро в планетарном масштабе. В это время начался распад сверхконтинента Пангея на отдельные континенты. Возможно, что причиной распада стал *большой астероид,* который изменил погоду на планете, вызвав вымирание. Но доказательств нет, до сих пор не найдено ни одного большого кратера триасового периода. Некоторые ученые считают, что причиной триасового вымирания, как и всех других массовых вымираний животных, являлась *повышенная вулканическая активность* Земли в то время.

Мел-палеогеновое вымирание

(65 млн лн) Вымерло более 15% всех животных.

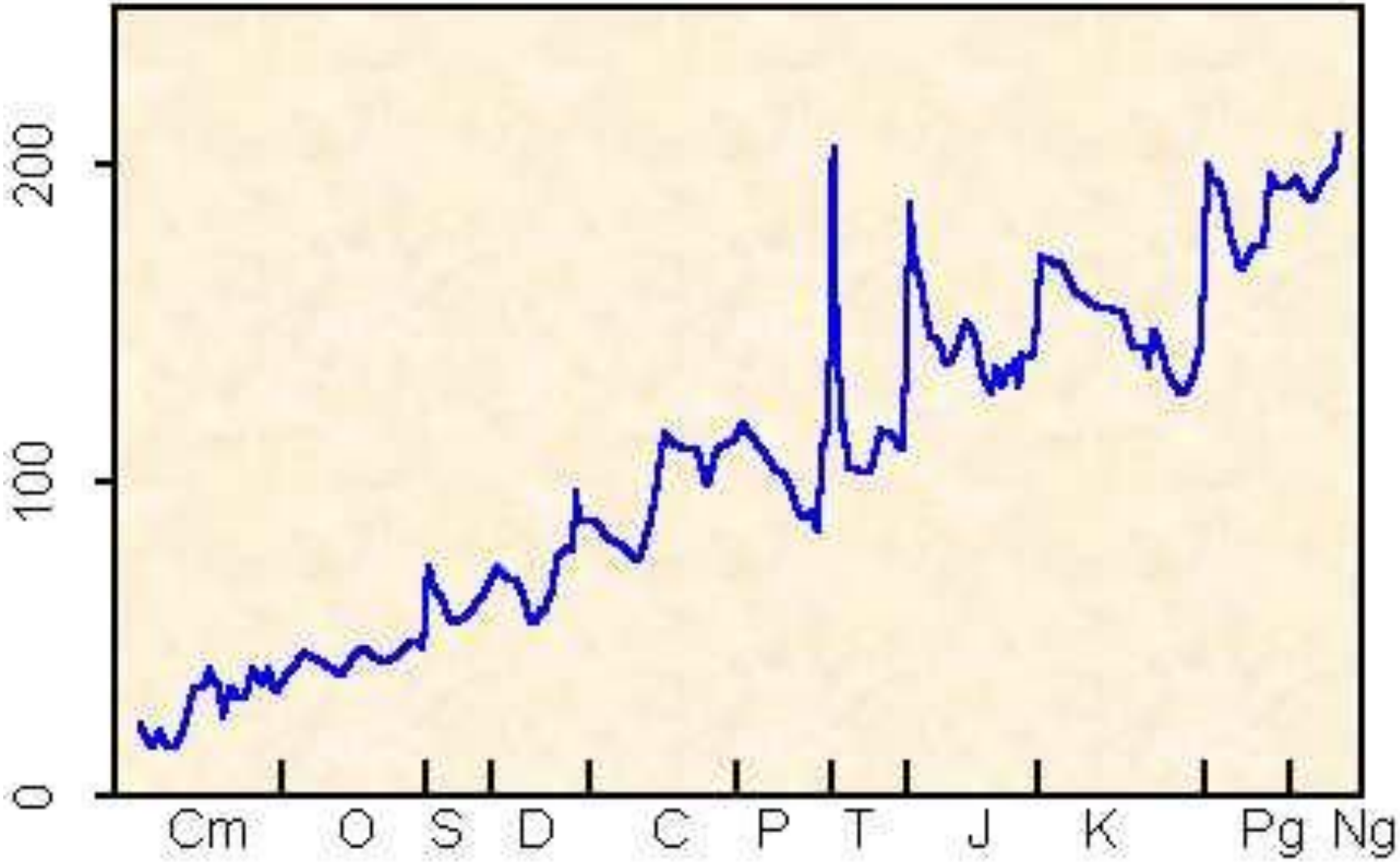
Самое знаменитое (т.к. вымерли динозавры). Так же погибло более 15% семейств морских животных и 18% семейств сухопутных животных. Неясно, что привело к этому вымиранию. Наиболее известные теории гласят, что Земля столкнулась с *крупным астероидом*, а также, что динозавры (и другие виды животных) *не смогли приспособиться к новой растительности* и просто "отравились" несъедобными листьями. Или же *были истреблены первыми млекопитающими*, которые уничтожали кладки динозавров, не давая им размножаться. В пользу последней теории говорит то, что некоторые динозавры жили еще довольно долго на территории современной Северной Америки и Индии, где "опасные" млекопитающие появились позднее.





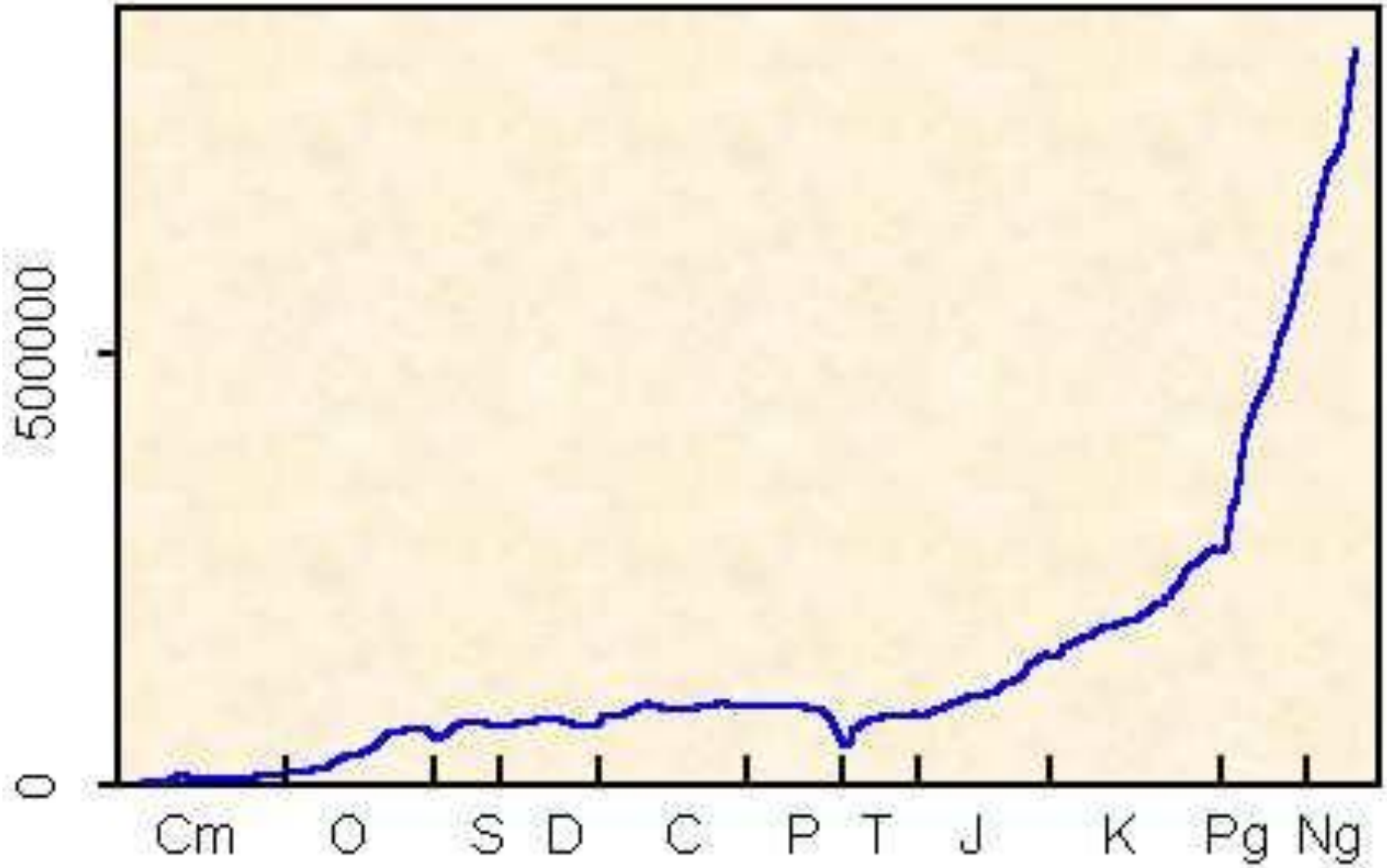
Число родов морских животных появившихся (А) и вымерших (Б) за 542 млн лет в каждом из 167 подярусов фанерозоя

А.В.Марков, А.В.Коротаев. Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста. 2007



Средняя продолжительность существования (устойчивость, приспособляемость) родов морских животных (млн.лет) за 542 млн лет

А.В.Марков, А.В.Коротаев. Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста. 2007



Суммарная продолжительность существования родов морских животных - показатель, отражающий "совокупный объем освоенных ниш", "сумму жизни", или объем биоты за 542 млн лет.

А.В.Марков, А.В.Коротаев. Динамика разнообразия фанерозойских морских животных соответствует модели гиперболического роста. 2007

Катастрофизм Жоржа Кювье

(1769—1832)

и неокатастрофизм

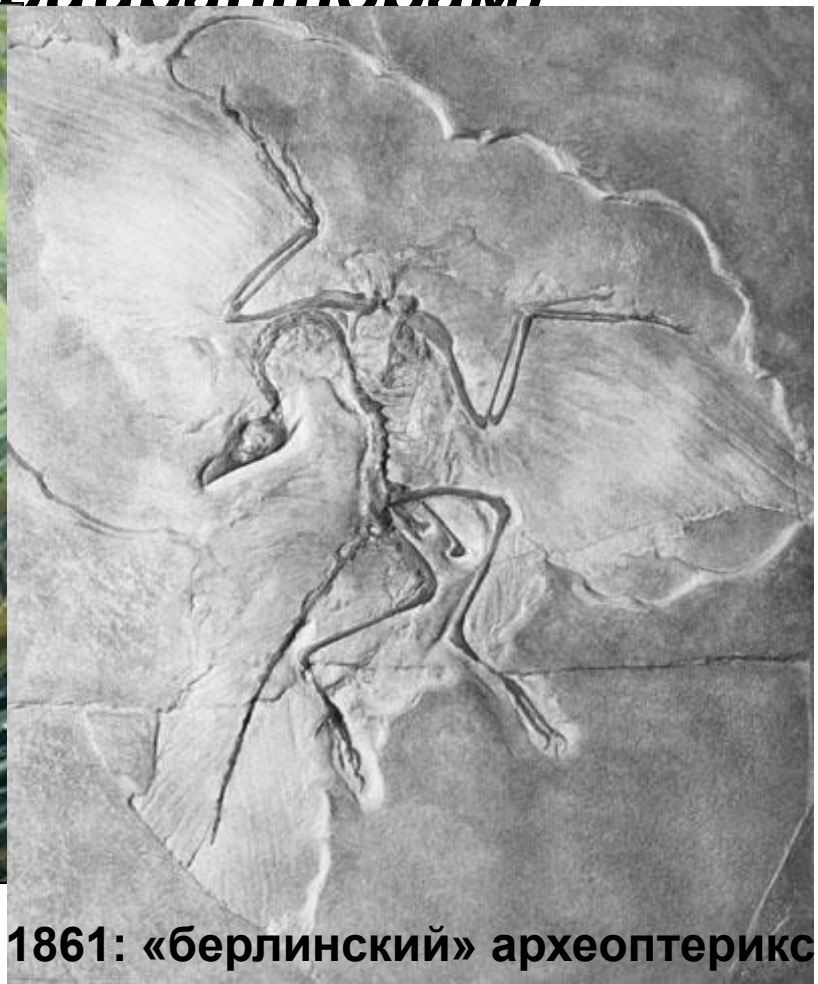
Переходные формы

Общеизвестное доказательство эволюции — наличие переходных форм. **На основе знания родственных связей теория эволюции предсказывает, какие промежуточные формы могут быть найдены, а какие — нет. Так зная строение организмов *пресмыкающихся и птиц*, можно предсказать некоторые особенности переходной формы между ними (подобных рептилиям, но с перьями, или останки животных, подобных птицам, но с зубами или с длинными хвостами).**

При этом мы предсказываем, что не будут найдены переходные формы между птицами и млекопитающими, например — ископаемые млекопитающие с перьями.

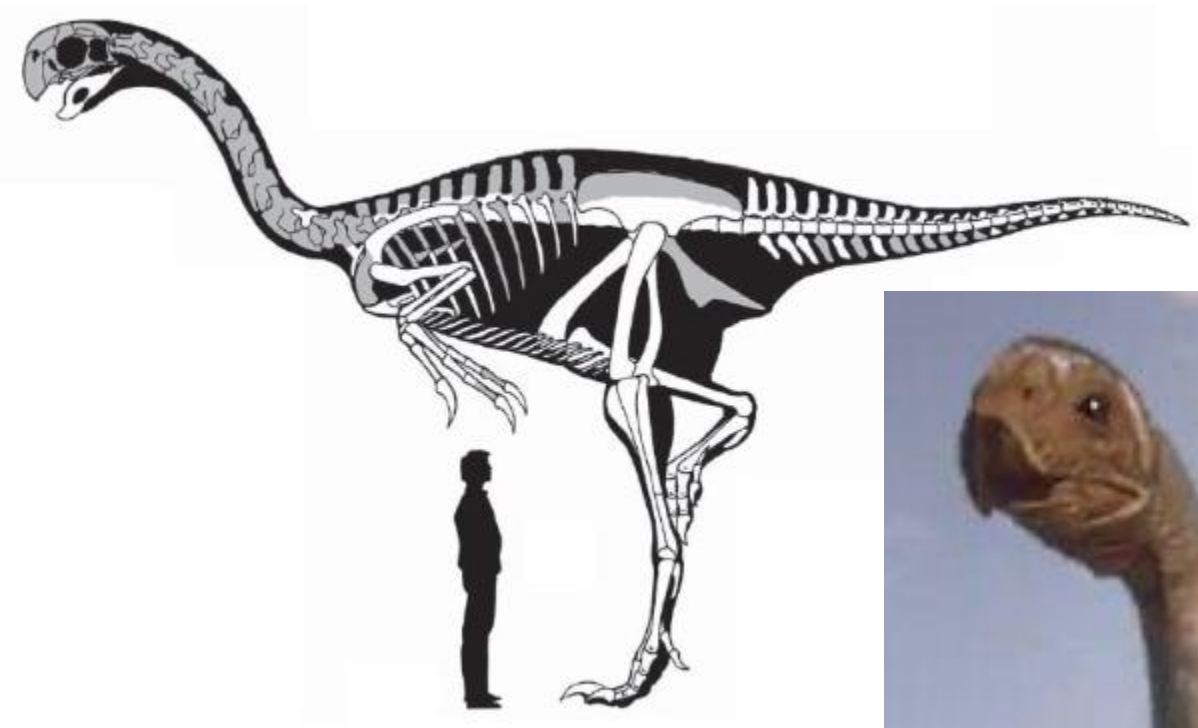
Эволюционная теория предсказывает, что большинство переходных форм должны быть «<u>мозаичными</u>» т.е. переход от одной формы к другой <u>по разным признакам</u> происходит <u>с разной скоростью.</u> <u>Это и наблюдается.</u>

<u>*Археоптерикс*</u> – одна из переходных форм между рептилиями и птицами в *позднем юрском периоде 150 млн л.н.; но он не был прямым предком птиц (возникли в мелу ок.100 млн л.н. от ящеротазовых динозавров, близким тиранозаврам и велоцираптором)*

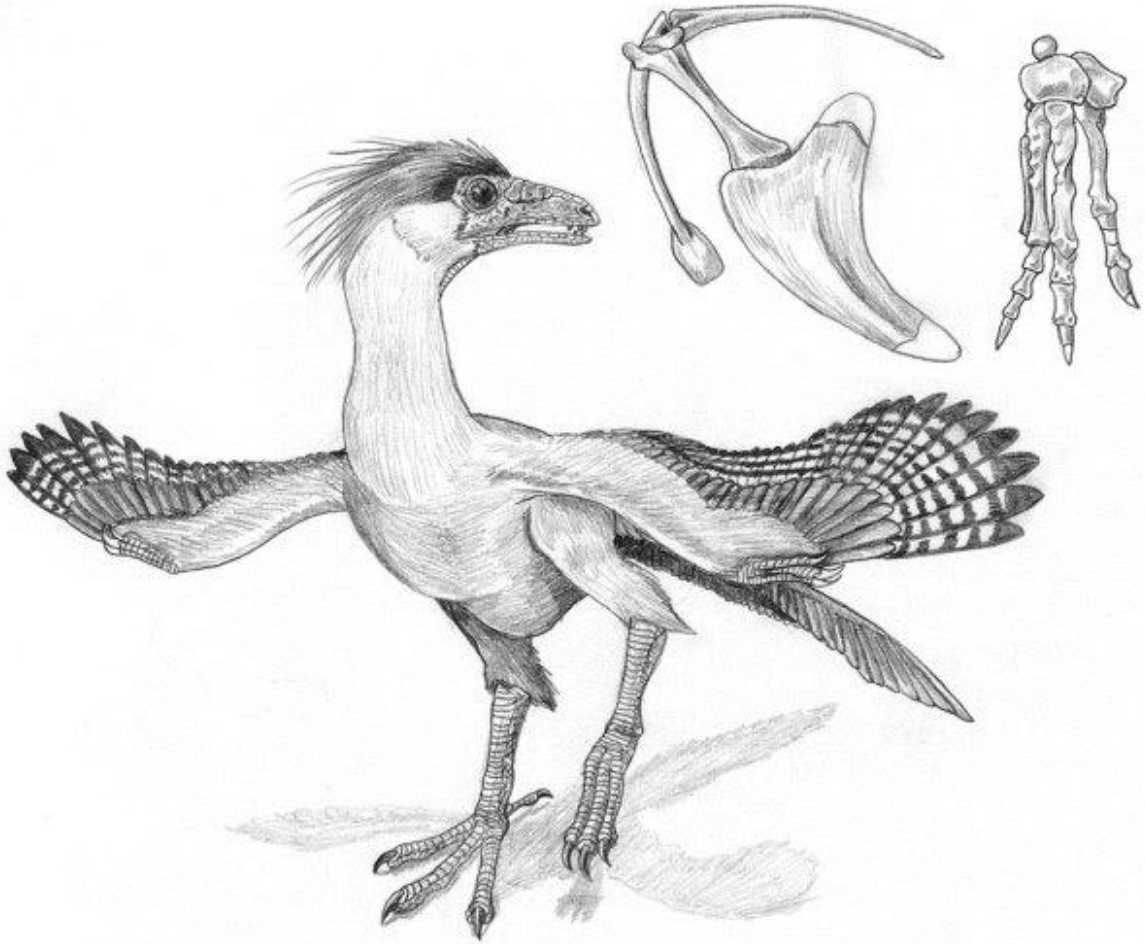


Майр, 1861: «берлинский» археоптерикс

Находка четырехкрылого микрораптора (2003, Китай) – точно подтвердила догадку палеонтолога Уильяма Биба в 1915.

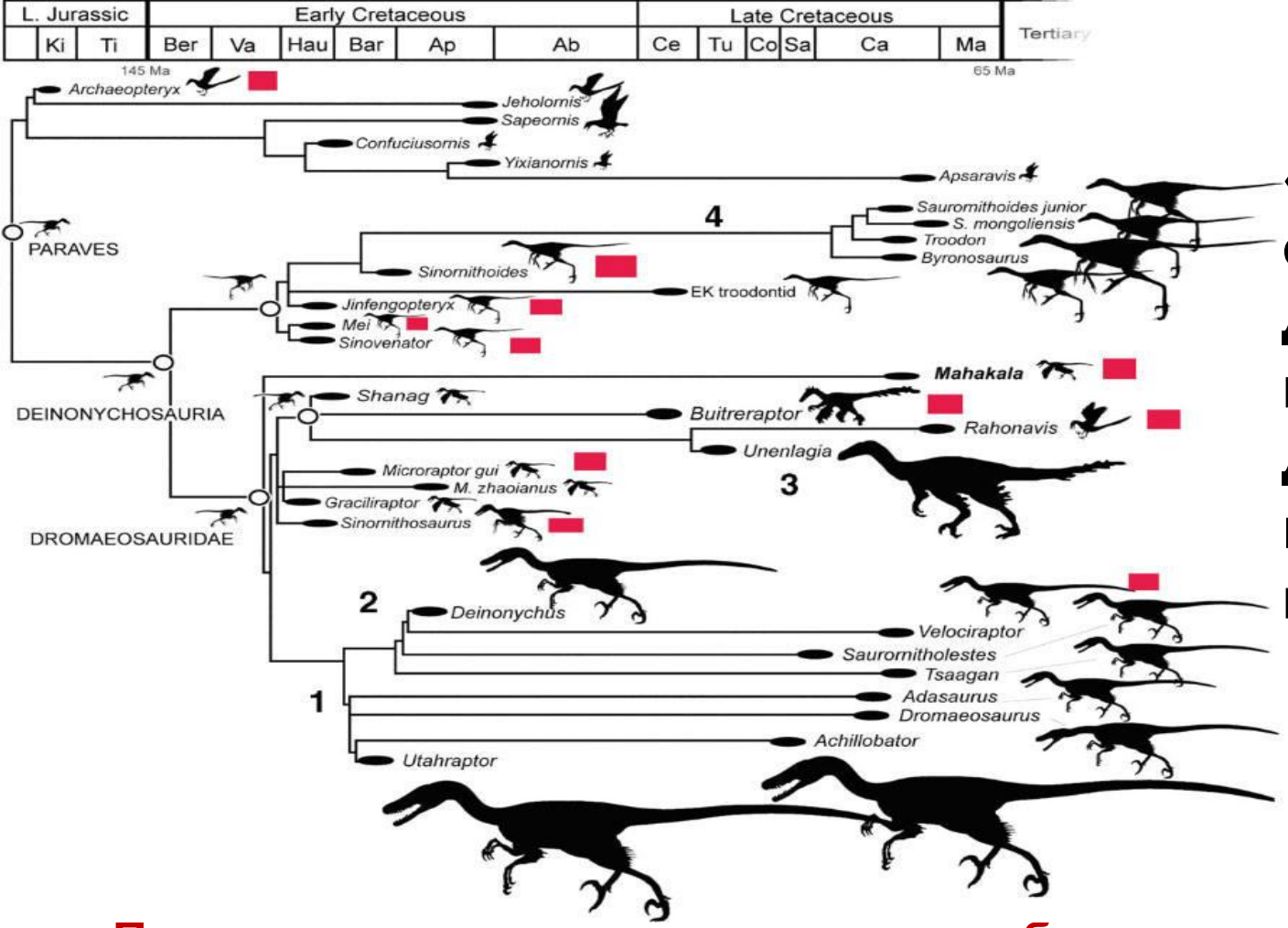


Гиганторaптор **достигал 8 м и 1.5 тонн (Китай, 66-80 млн л.н., поздний мел)**



Протоавис **– лучший пока кандидат среди динозавров на роль птичьего предка (триас, 220 млн л.н.), но находки имеют спорный статус**

Палеонтологам хорошо известно, что многие крупнейшие эволюционные «прорывы» (такие, как выход рыб на сушу, происхождение членистоногих, птиц, млекопитающих, покрытосеменных растений и др.) осуществлялись как бы «совместными усилиями» нескольких параллельно развивавшихся линий, которые независимо одна от другой приобретали сходные прогрессивные черты. Поэтому вероятность найти «прямого предка» или переходную форму очень низка (неполнота палеонтологической летописи).



«Попытки орнитизации» динозавров продолжались до самого их вымирания в конце мела

Предки птиц – динозавры не раз приобретали в ходе эволюции «птичьи черты» в т.ч. перья (красные квадратики). Первоначально перья служили для терморегуляции, брачных демонстраций, беговой аэродинамики. Небольшой геном птиц (около 1.4 млрд п.н.) – тоже преадаптация, пришедшая от их предков (размер генома динозавров можно оценить по размеру остеоцитов). Размер генома коррелирует с полетом не только у птиц (рукокрылые).

Другие переходные формы между крупными таксонами

Известно **множество** других переходных форм, в том числе от беспозвоночных к рыбам, от рыб к земноводным, от земноводных к рептилиям, от рептилий к млекопитающим, но нельзя объять необъятное и перечислить все примеры.

В некоторых случаях ископаемые переходные формы обнаружить не удалось, например — нет следов эволюции шимпанзе **(возможно это объясняется отсутствием условий для образования окаменелостей во влажных тропических лесах, где они живут).** ***Но чтобы сфальсифицировать теорию эволюции - отсутствия какой-то формы недостаточно. Для этого надо найти останки там где их быть не должно*****.**

В ответ на вопрос о том, какая находка могла бы сфальсифицировать эволюционную теорию, Джон Холдейн сказал: «Ископаемые кролики в докембрии!»