
ПРИНЦИПЫ ЗООЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМАТИКИ

Биологическая систематика — наука, в задачи которой входит разработка принципов классификации живых организмов и применение этих принципов к построению естественной системы органического мира.

Наука о разнообразии организмов

Классификация - описание и размещение в системе всех существующих и вымерших организмов.

Классификация живых организмов
строится по иерархическому принципу.

Различные **уровни иерархии** (ранги) имеют собственные названия. Основу системы или иерархии составляет **вид**. Далее по возрастающей таксоны объединяются в **род, семейство, отряд, класс, тип, царство**.

УРОВНИ СИСТЕМАТИКИ

α -систематика – описание новых видов, их именование и предварительное распределение по родам,

β -систематика – выяснение взаимоотношения на разных уровнях и создание классификации,

γ -систематика – исследование внутривидовой изменчивости, эволюционные исследования и выяснение причин биологического разнообразия.

Принципы систематики

Концепция вида

Первым систематиком был Адам.

Но он не успел.

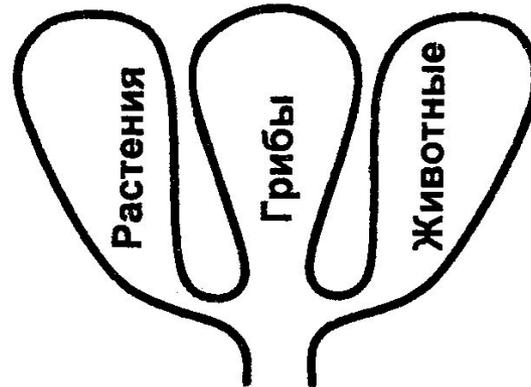
Система Аристотеля



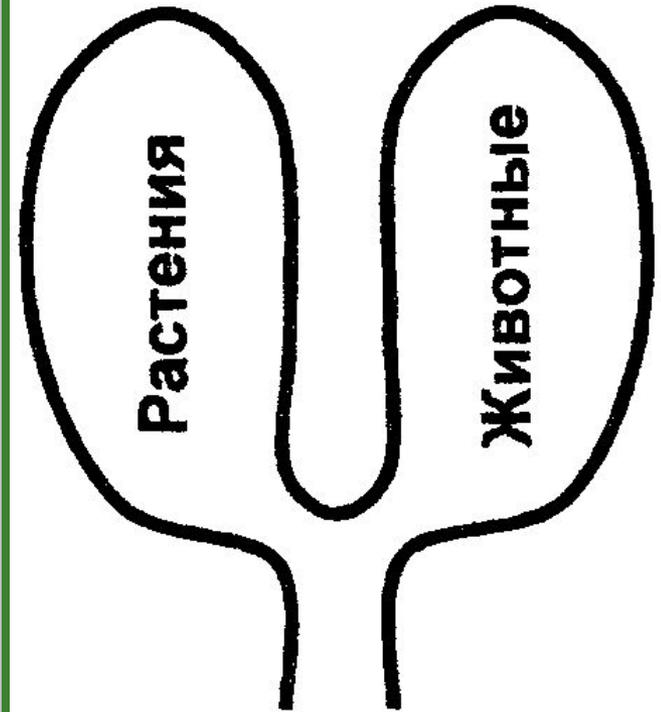
Система К.Линнея



Система Э. Нееса фон Эйзенбека (1816).



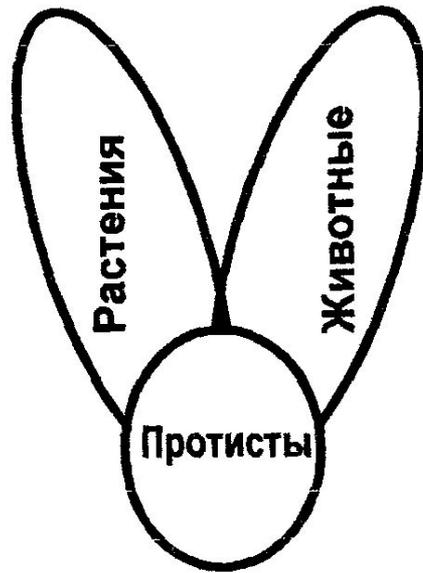
Система Ж.-Б.Ламарка



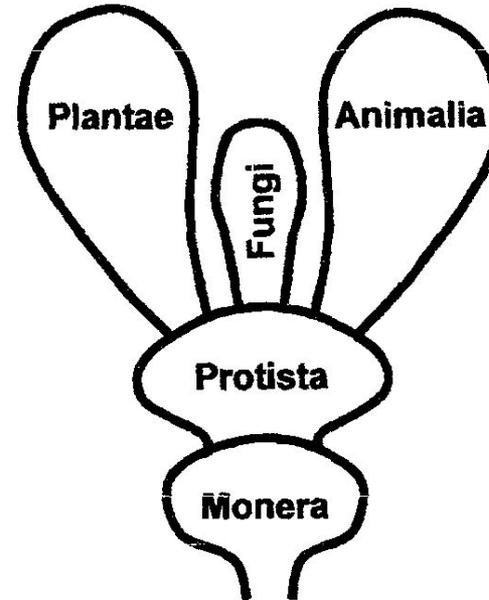
Царства природы в представлениях н.п. XIX века

Признак \ Царство	РАСТЕНИЯ	ЖИВОТНЫЕ
Подвижность	неподвижны	подвижны
Система роста	открытая	закрытая
Распространение	пассивное (с помощью пропагул: спор и семян)	активное (в зрелом состоянии)
Тип питания	автотрофное (источник углерода – CO_2)	гетеротрофное (источник углерода – чужеродные органич. в-ва)
Тип поглощения	осмотрофное (всасывание поверхностью тела)	фаготрофное (заглатывание во внутреннюю полость)

Система Э.Геккеля – Дж.Хогга



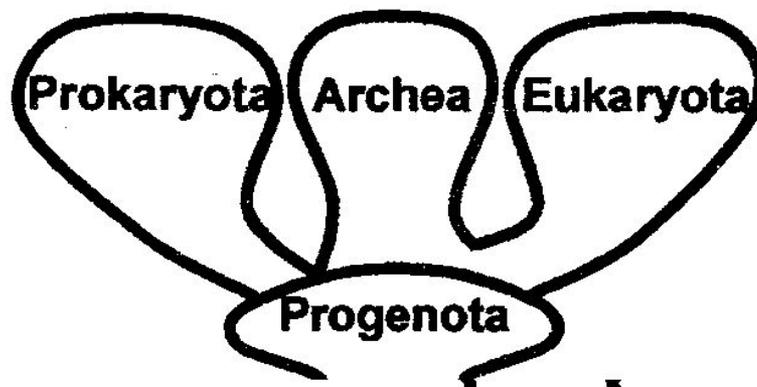
Система Р.Уайттейкера



Основные признаки царств в системе Р.Уайттейкера.

Monera	Protista	Plantae	Fungi	Animalia
прокариоты	эукариоты			
смешанные и нестабильные типы питания и экологический ориентации	осмотрофы		фаготрофы	
	автотрофы	гетеротрофы		
	продуценты	редуценты	консументы	
одноклеточные или многоклеточные; ткани отсутствуют	многоклеточные; развиты настоящие ткани			

Современная филема (Кусакин, Дроздов, 1998)



Доминионы клеточных организмов

ПРИЗНАК	Archaea	Procaryota	Eucaryota
Центральная геном-содержащая структура	нуклеоид	нуклеоид	ядро
Липидный компонент клеточных мембран	изопrenoиды, жирные к-ты	фосфолипиды, стеролы	фосфолипиды, стеролы
Рибосомы	70S	70S	70S или 80S ⁺
Жгутики	геликальные, 1-фибриллярные	геликальные, 1-фибриллярные	кимальные (9+2)фибриллярные
Мембранные органеллы:			
дыхание	—	мезосомы	митохондрия
фотосинтез	—	тилакоиды	пластиды
N-фиксация	—	«ламеллы»	—
транспорт	—	—	ЭПС
Скелетный углевод клеточной стенки	псевдомуреин	муреин	целлюлоза, хитин

Основные царства эукариотов (1 – цитоплазматические рибосомы, 2 – запасной полисахарид, 3 – структурный полисахарид, 4 – митохондрии, 5 – пластиды, 6 – основной тип жгутиковой клетки)

признаки царства	1	2	3	4	5	6	Представители
Hypo- chondria	70S	α -1,4-[1,6]- глюкан	-	отсутствуют	отсутствуют		дипломонады (<i>Giardia</i>), реторта-монады (<i>Chilomastix</i>), парабазалии (<i>Trichomonas</i>), гипермастигины (<i>Teratonympha</i>)
Protozoa	80S	α -1,4-[1,6]- глюкан	хитин	с дисковидными или трубчатыми кристами	симбиотические хлоробиионы, содержат хлорофиллы а и b		эвгленовые водоросли (<i>Euglena</i>), кинетопластиды (<i>Trypanosoma</i>), лобозные амебы (<i>Amoeba</i>), форамениферы (<i>Cibicides</i>), акразиевые слизевики (<i>Acrasis</i>), диктиостелиевые слизевики (<i>Dictyostelium</i>), миксомицеты (<i>Physarum</i>)
Chromista	80S	β -1,3-[1,6]- глюкан (хризоламинарин)	целлю- лоза	с трубчатыми кристами	симбиотические гелиобактерии, содержат хлорофиллы а, с ₁ , с ₂		водоросли-хромофиты (золотистые, желтозеленые, бурые, диатомовые и др.), опалиниды (<i>Opalina</i>), ложные грибы (оомицеты и гифохитриевые), лабиринтуловые слизевики (<i>Labyrinthula</i>)
Chlorobiontes	80S	α -1,4-[1,6]- глюкан (крахмал)	целлю- лоза	с пластинчатыми кристами	симбиотические зеленые несерные бактерии, содержат хлорофиллы а и b		зеленые водоросли (<i>Chlamidomonas</i>), высшие растения (мхи, плауны, хвощи, папоротники, семенные)
Mycobiontes		α -1,4-[1,6]- глюкан (гликоген)	хитин		отсутствуют		хитридиомицеты (<i>Chytridium</i>), зигомицеты (<i>Rhizopus</i>), аскомицеты (<i>Pezizia</i>), базидиомицеты (<i>Agaricus</i>)
Zoobiontes							

Аристотель, (384 — 322 до н.э.) Первая естественная система. *История животных, О частях животных, О движении животных, О способах передвижения животных, О возникновении животных.* Растения разделены на деревья и травы, животные — на группы с «горячей» и «холодной» кровью.

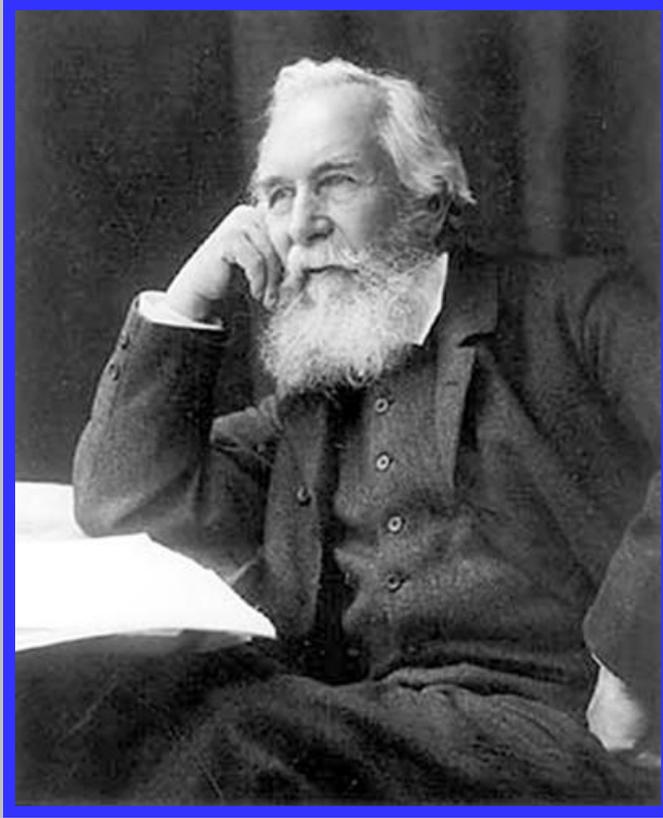
Конрад Геснер (1516—1565) - первая попытка коассификации растений (*Enchiridion historiae plantarum*, 1541), разделил царство растений, основываясь на признаках цветка и семени; отделил коасс, порядок, род, вид, заложил принципы бинарной номенклатуры. *Historia animalium* (начат в 1551)

Джон Рей (1627—1705) - «*Historia Plantarum*», отверг дихотомическое деление, которое использовалось для классификации видов и типов, предложив систематизировать их по схожести и отличиям, выявленным в процессе изучения.

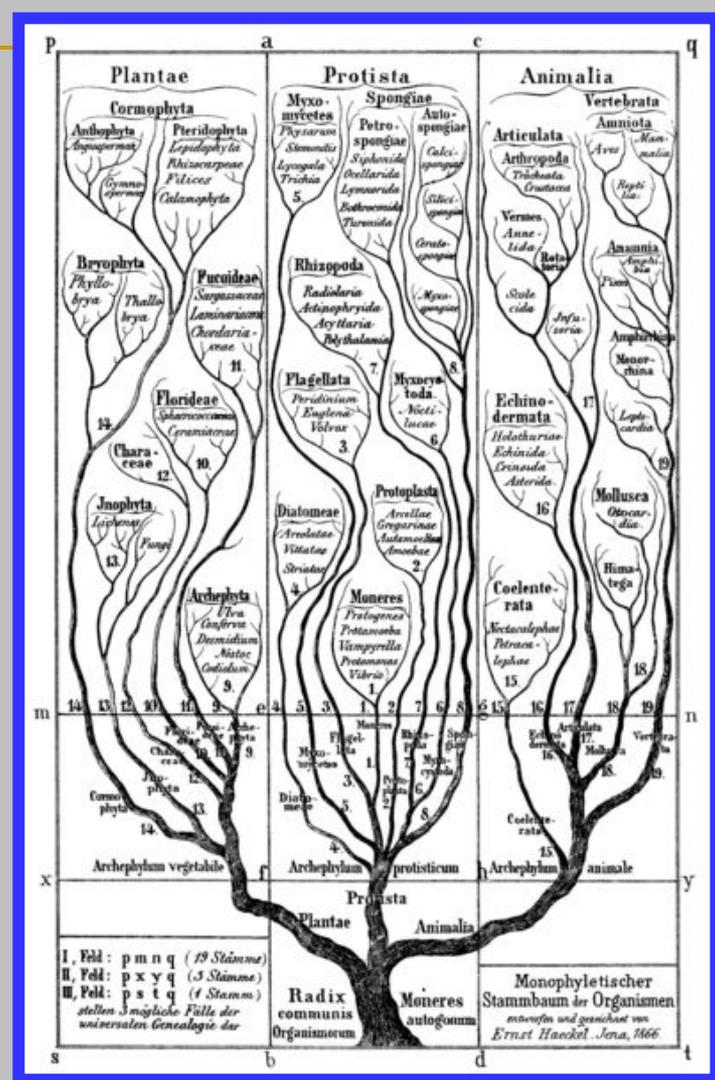
Карл Линней (1707—1778) - построение естественной системы, автор одной из популярных искусственных систем растений, в которой цветковые растения распределялись по классам в зависимости от числа тычинок и пестиков в цветке. Работа Линнея «*Systema Naturae*», (1735), в которой разделил природу на три царства — минеральное, растительное и животное. Четыре уровня (ранга) таксонов: классы, отряды, роды, виды. Ввел строгую бинарную номенклатуру.

Жан Батист Пьер Антуан де Моне, шевалье де Ламарк (1744-1829). «*Philosophie zoologique*» (1809). “Естественная история беспозвоночных”, ввел термины БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ и БИОЛОГИЯ, бинарные коючи.

Чарлз Дарвин (1809-1892) предложил понимать естественную систему как результат исторического развития живой природы. ...общность происхождения <...> и есть та связь между организмами, которая раскрывается перед нами при помощи наших классификаций.

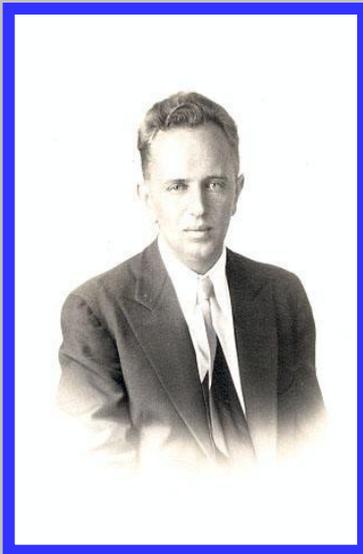


Ernst Haeckel (1834-1919)



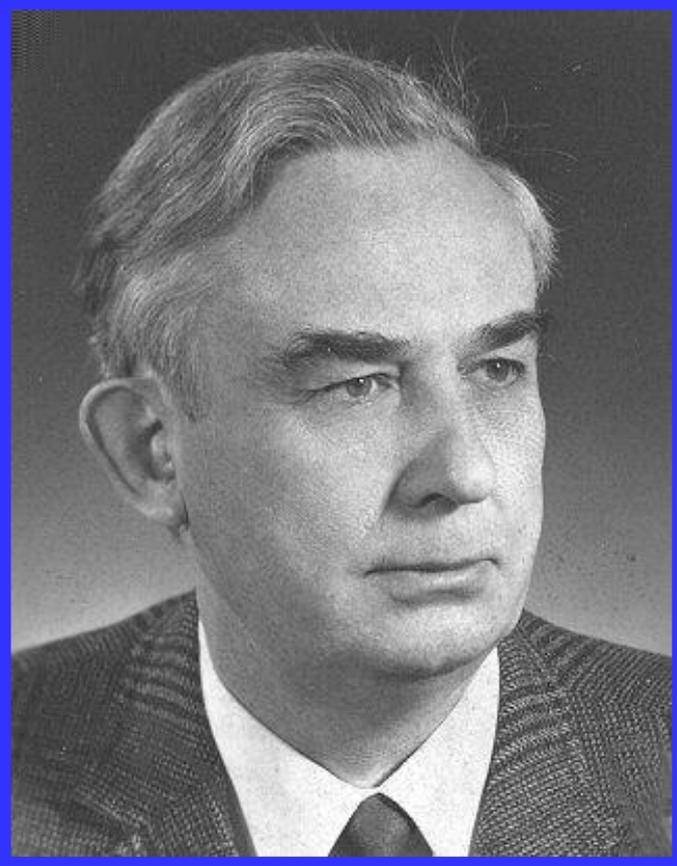
По Геккелю филогенетика – наука о путях, закономерностях и причинах исторического развития организмов. Родословное древо Геккеля включало все известные к тому времени крупные группы живых организмов, а также некоторые неизвестные (гипотетические) группы, которые играли роль «неизвестного предка» и помещались в развилках ветвей или в основании этого древа.

“Недавно в лабораторию [Моргана] пришла почта с произведениями Северцова с многочисленными филогенетическими деревьями, на которые я указал Моргану. Его реплика была такова: “Я думал, что такие идиоты могут существовать только в *Museum of Natural History*”. После этого я со сладострастием наблюдал, как все это пошло на свалку”



Добржанский (из письма к
3 июля 1928)

Ю.А.



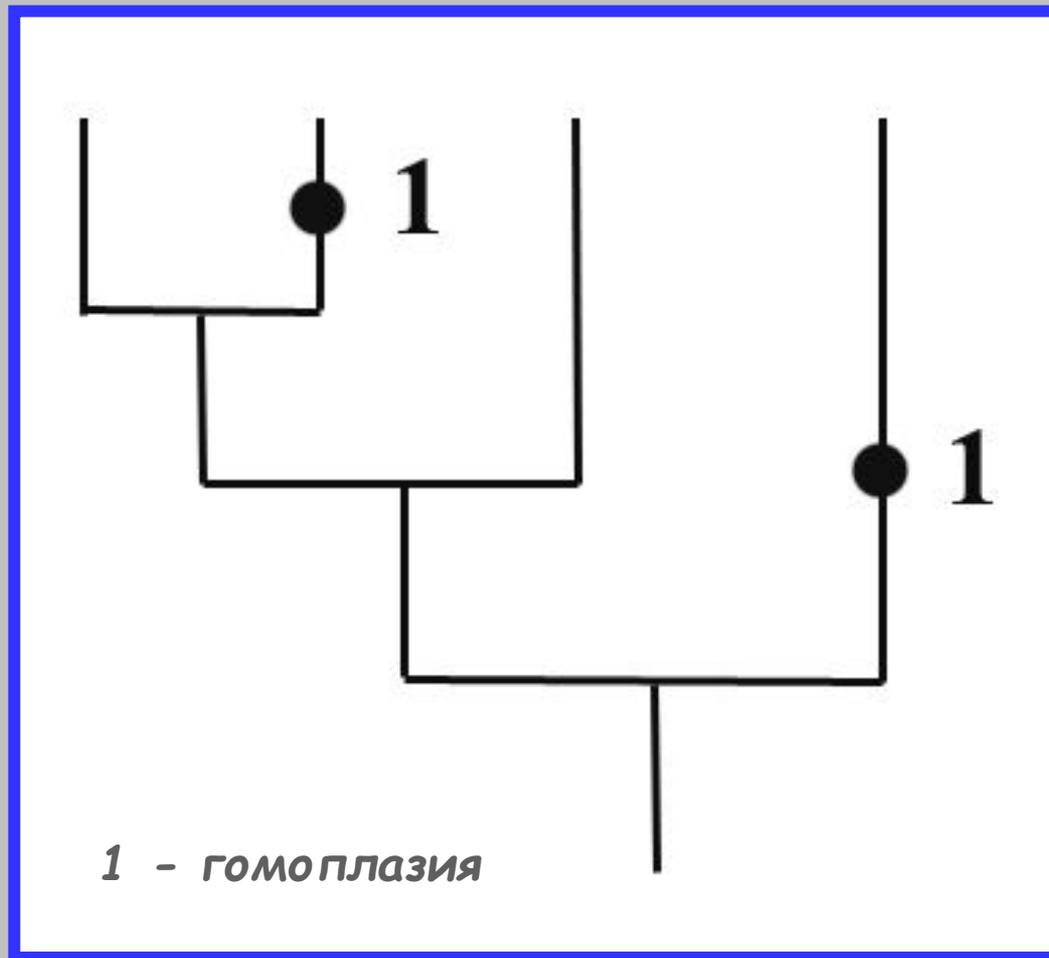
Традиционная кладистика (Hennig, 1950, 1966)

Хенниг предложил строго научные принципы перехода от анализа признаков к реконструкции филогений

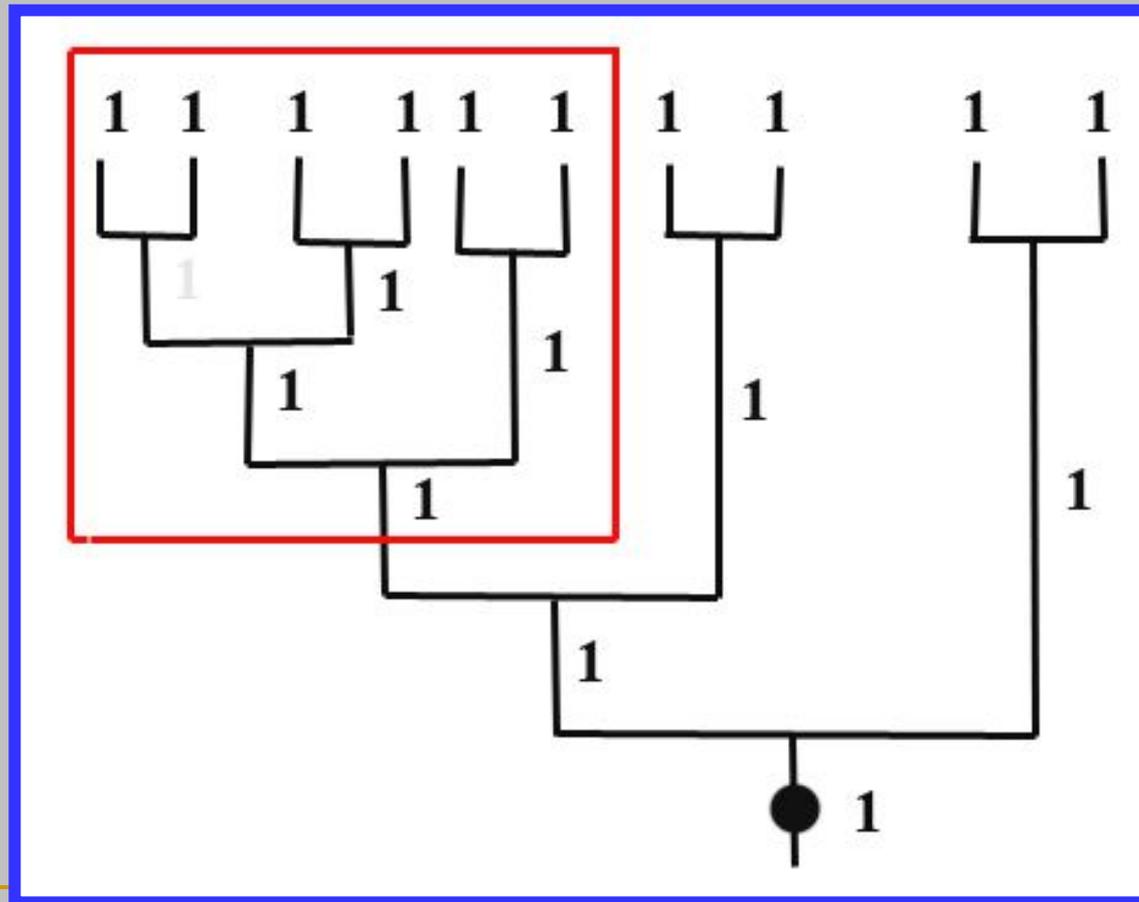
Willi Hennig
(1913-1976)

-
- **Признаки**
 - **Негомологичные (гомоплазии)**
 - **Гомологичные**
 - **Плезиоморфии**
 - **Апоморфии**
 - **Синапоморфии**
-

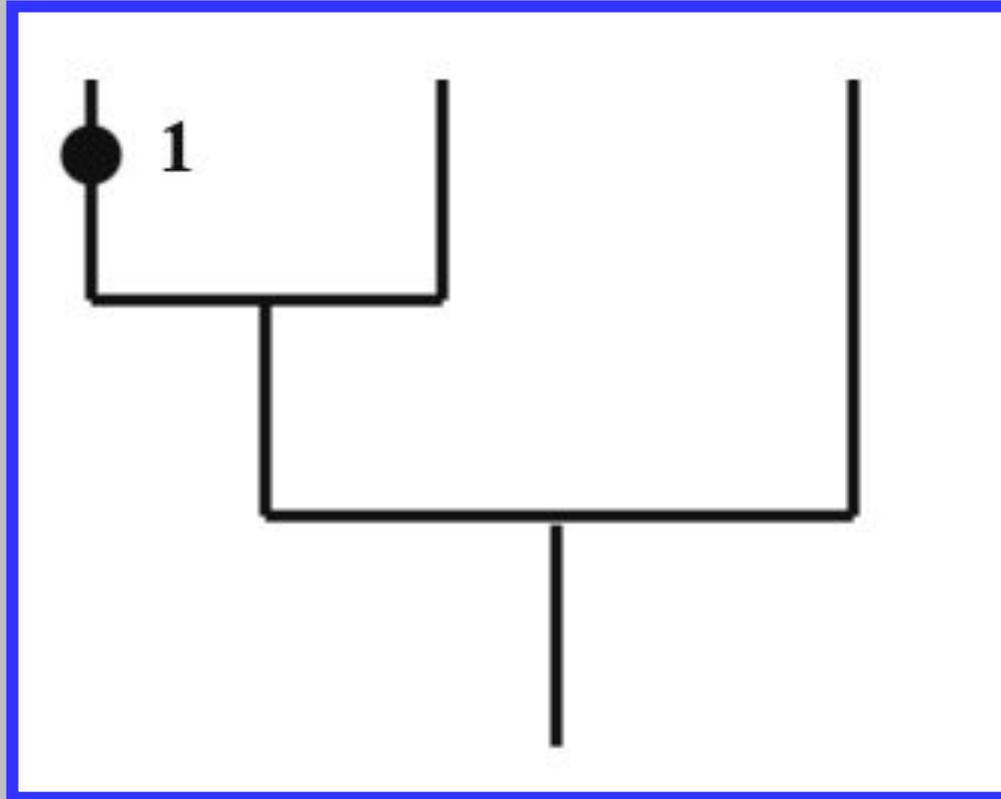
Гомоплазии – независимо возникшие признаки.
Они не несут никакой информации о филогении



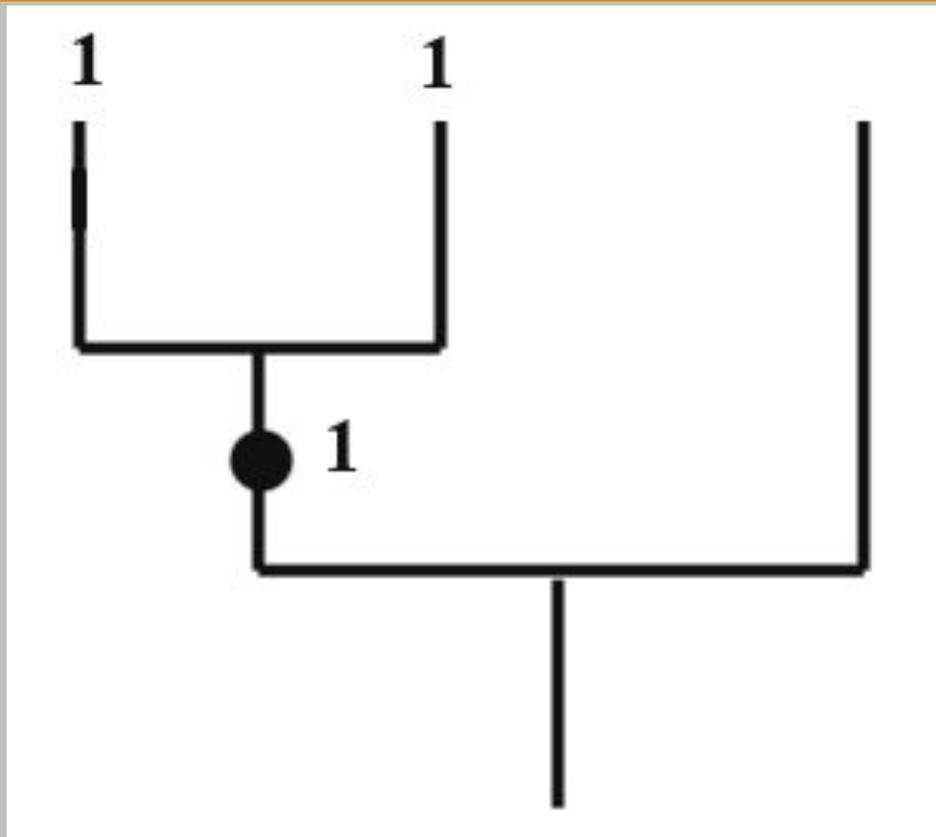
Плезиоморфии – древние (исходные; примитивные) гомологичные признаки. Они не несут никакой информации о топологии поздних ветвлений.



Апоморфия – новый (продвинутый; производный; прогрессивный) гомологичный признак.

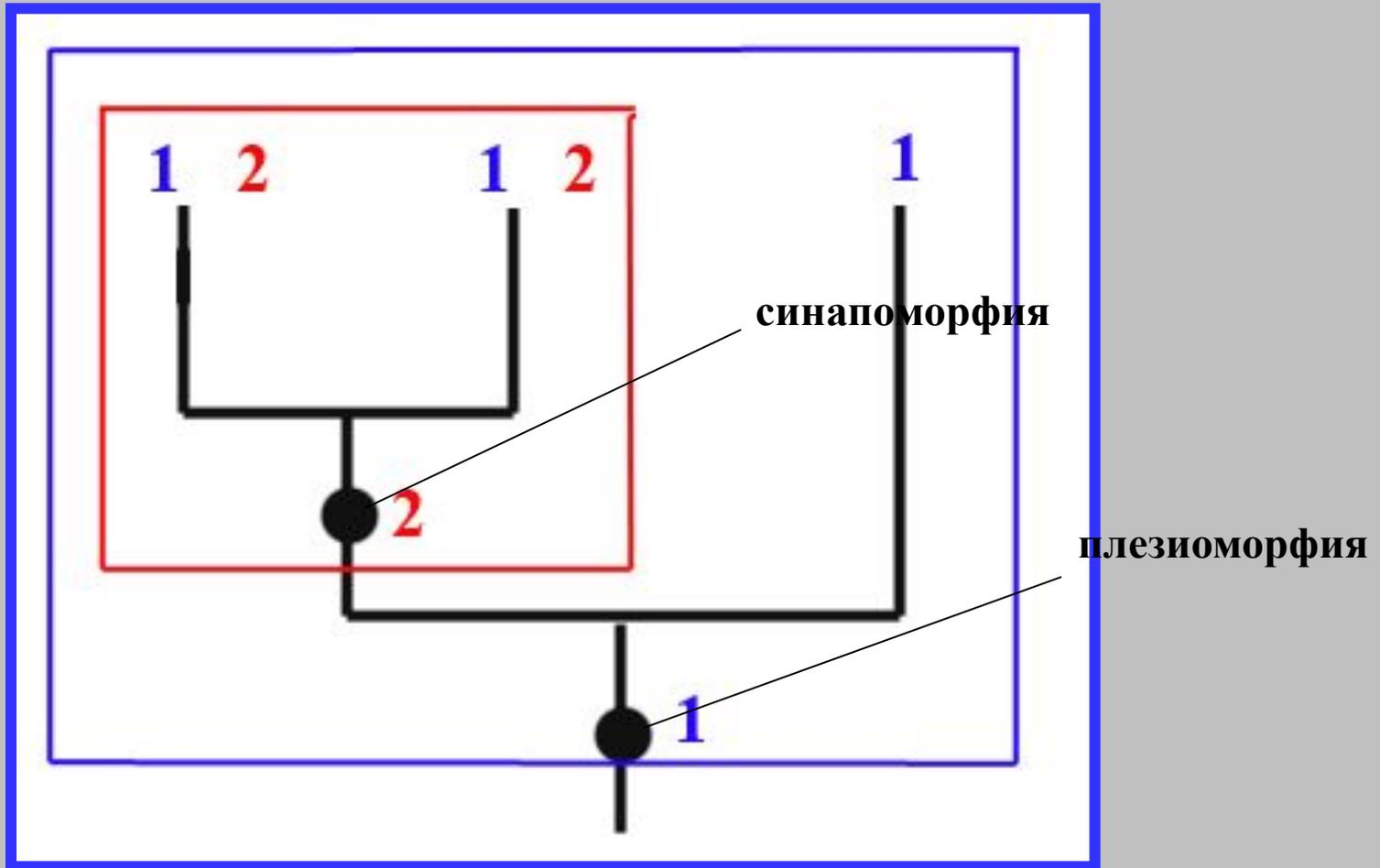


Апоморфия является специфическим маркером эволюционной линии. Единичная апоморфия, возникшая в концевой ветви, метит только эту ветвь и не несет никакой информации о топологии.

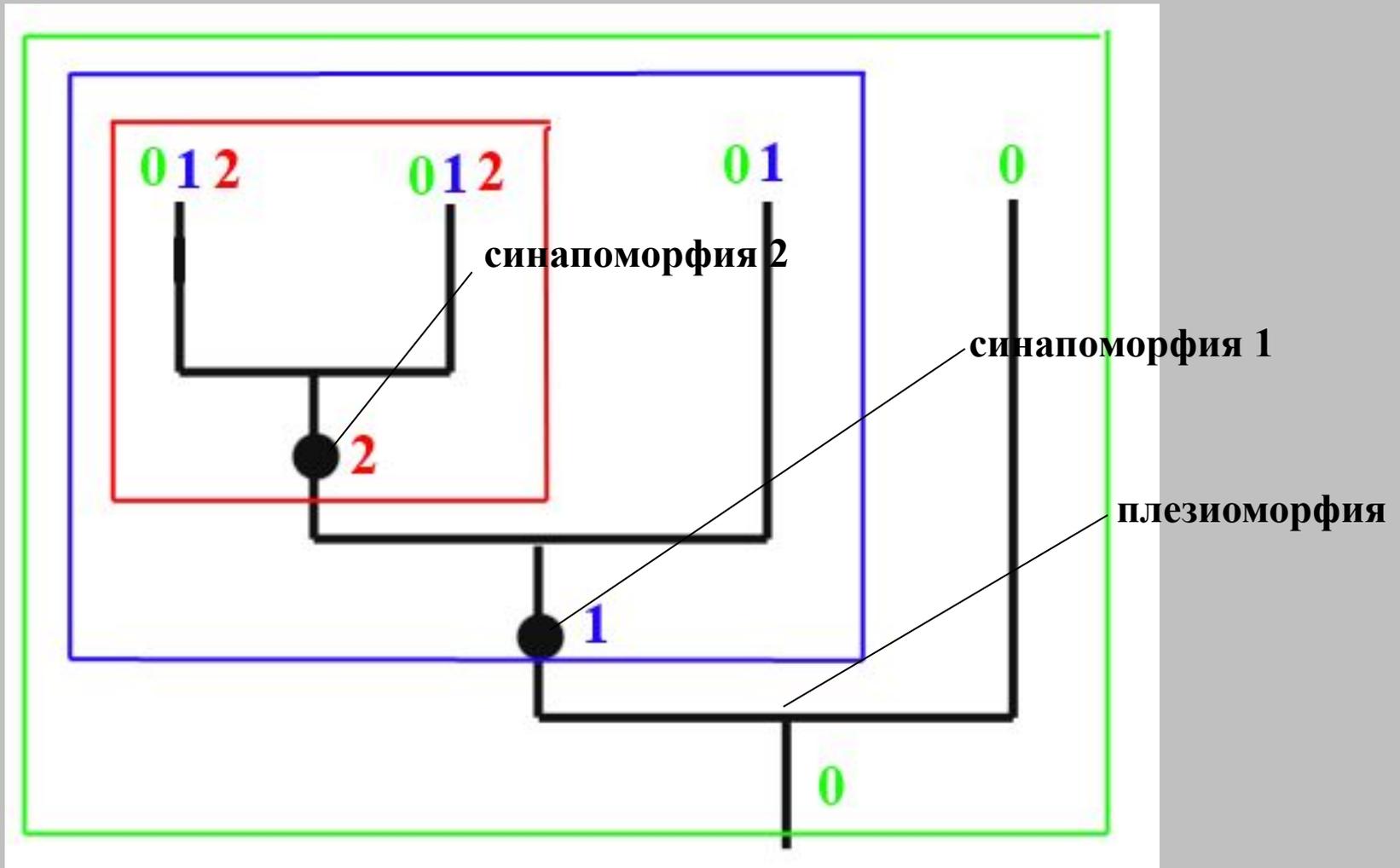


Но если **апоморфия** возникла до разделения ветвей и передалась в обе ветки, то наличие такой апоморфии указывает на существование клады, состоящей из двух таксонов. Такая апоморфия называется **синапоморфией**.

Синапоморфия несет информацию о филогении!!!



Для построения филогении трех таксонов (два ветвления) необходимо наличие одной синапоморфии



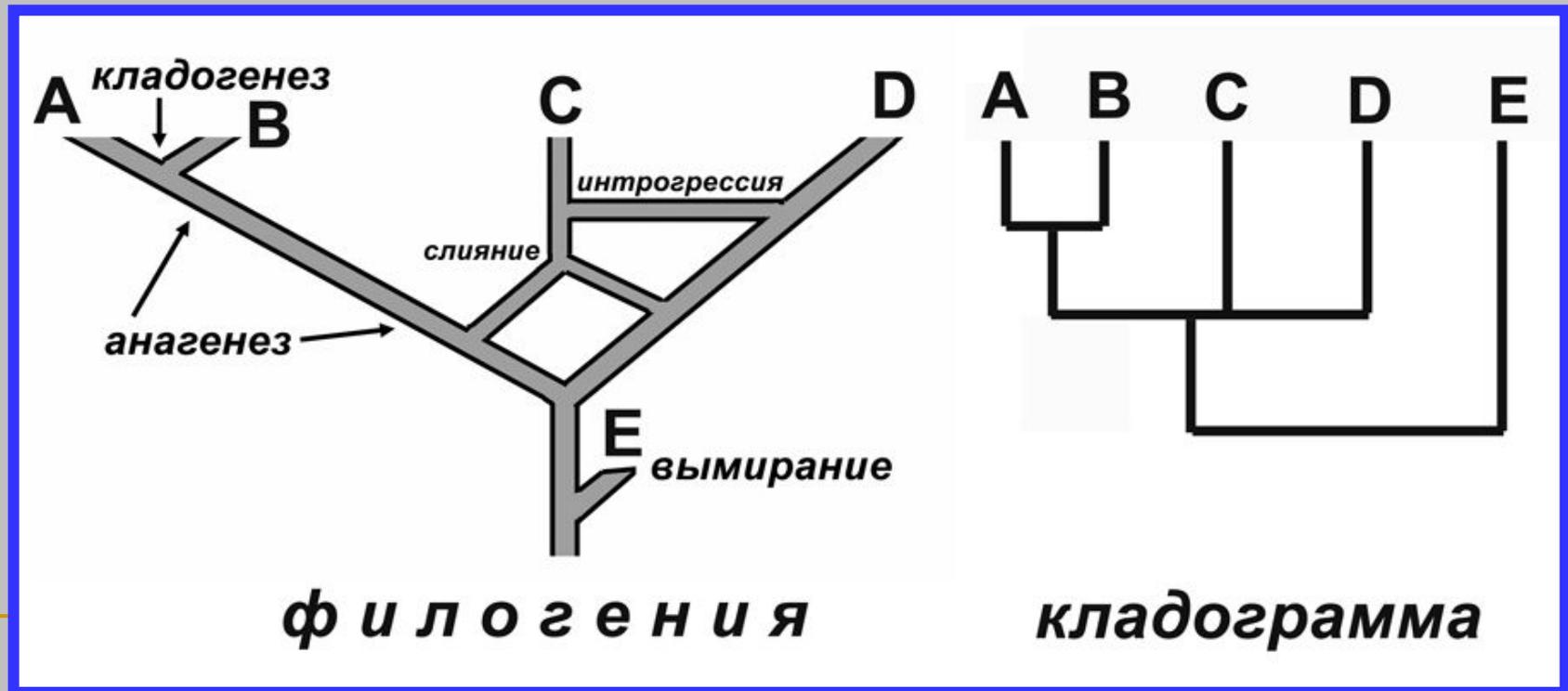
В общем виде для полного разрешения филогении, включающей n ветвлений, необходимо и достаточно **$n-1$ синапоморфий** (по одной на каждый узел, кроме базального)

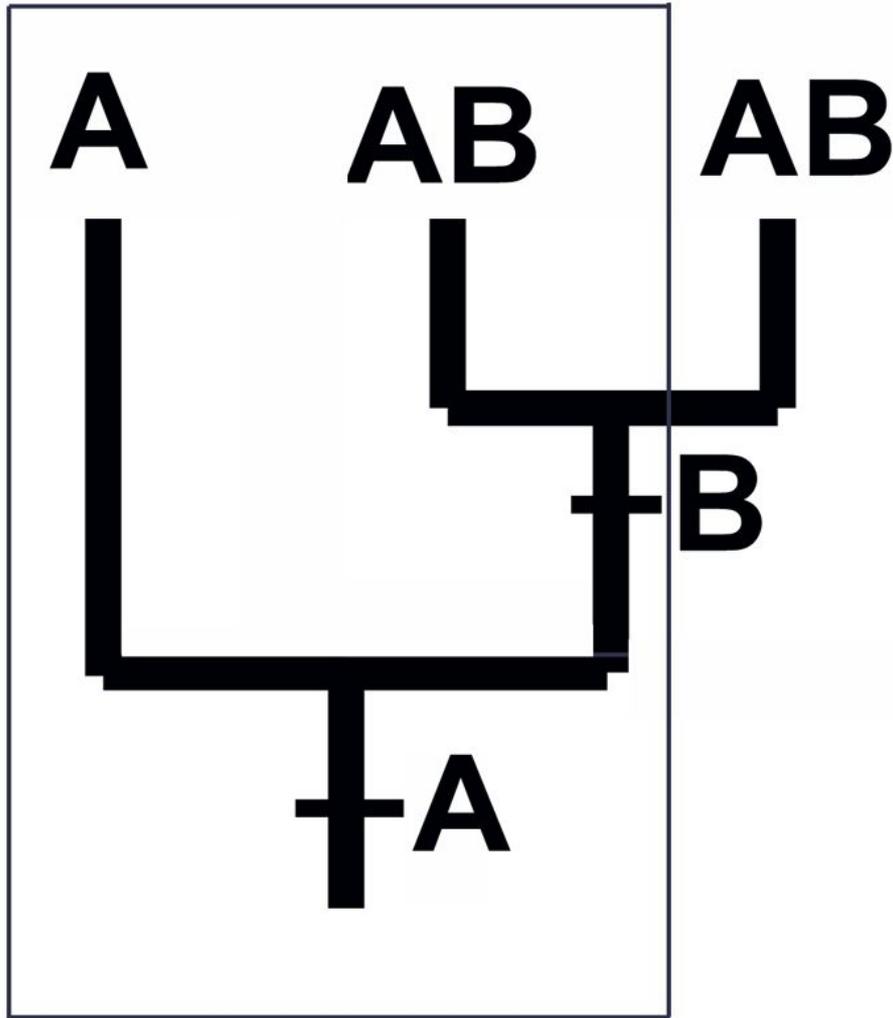
-
- **Филогения строится как система соподчиненных (вложенных одна в другую) клад (монофилетических групп), каждая из которых выявляется по наличию синапоморфий**
-

- **Модель эволюции в кладистике по Хеннигу**
 - **Топология - строгая дихотомия**
 - **Процесс – накопление синапоморфий.**
- **Одна истинная синапоморфия может разрешить узел ветвления филогенетического дерева**
- **Выявление филогении – многоступенчатый процесс выдвижения и тестирования филогенетических гипотез, в ходе которого представление о филогенезе постепенно уточняется и**

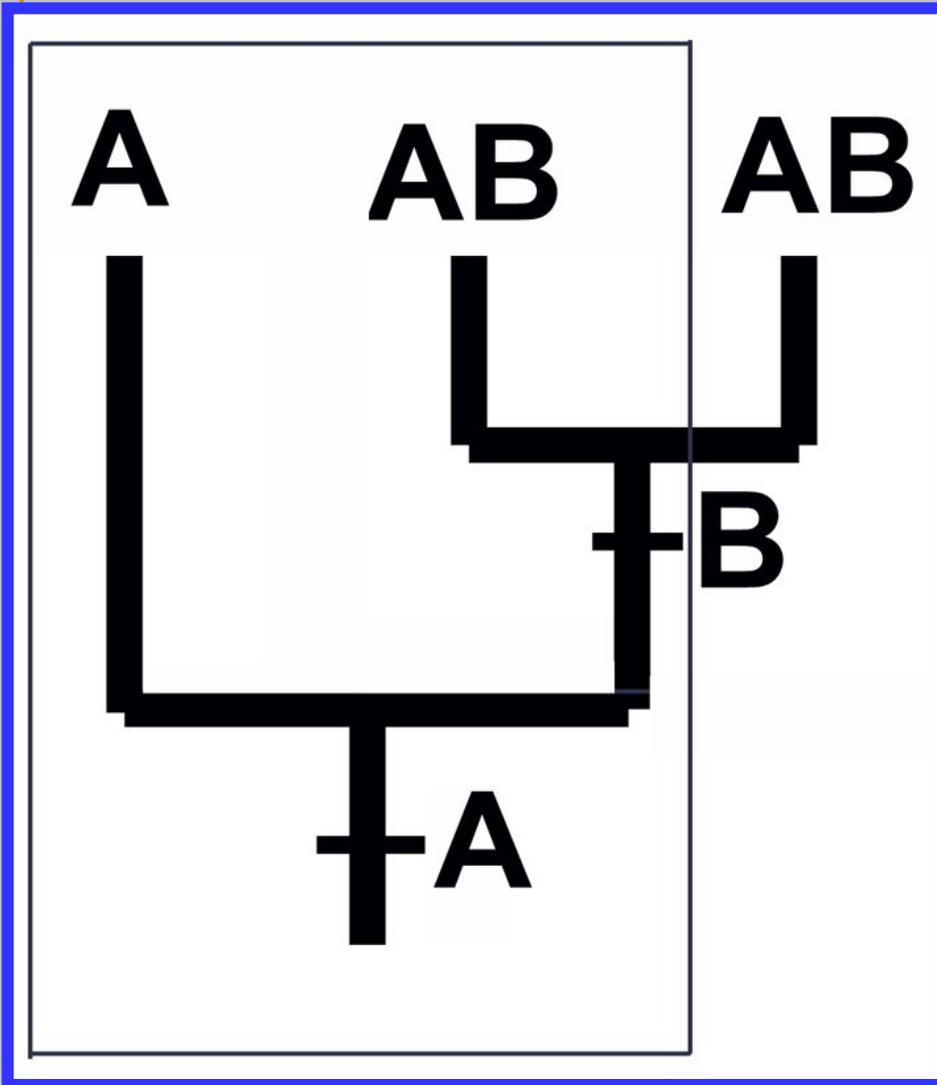
Картины филогенезов, которые создает кладистический (по Хеннигу и парсимониальный) анализ, «неполны и однобоки»:

- Анагенез не учитывается
- Ретикулогенез (слияния+интрогрессии) не выявляется
- Некоторые узлы принципиально не могут быть выявлены





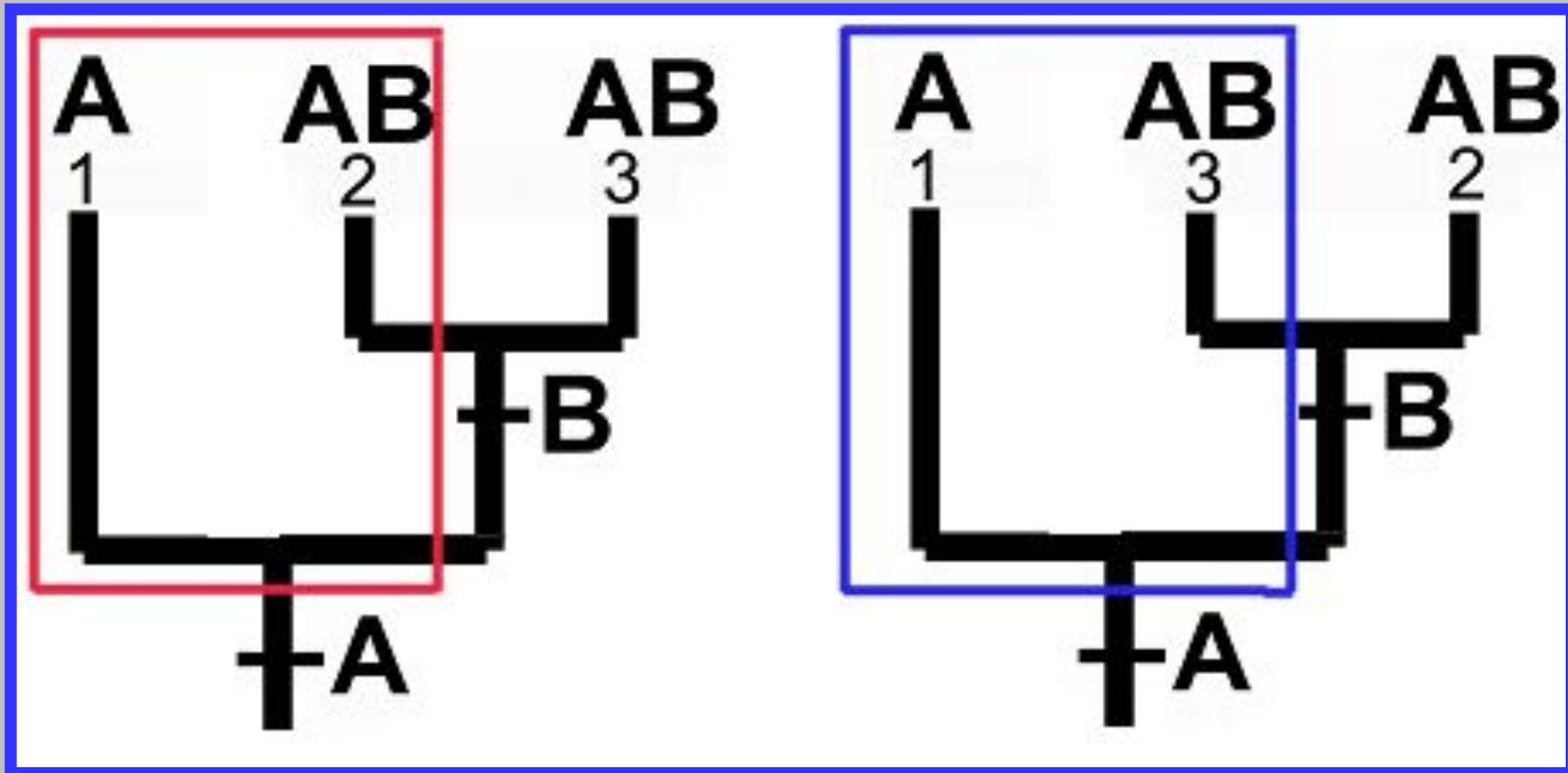
Принцип монофилии лежит в самой основе алгоритма построения дерева в хенниговской кладистике. **Сипапоморфии** однозначно определяют только монофилетические линии, а немонофилетические группы, например, парафилетические группировки не могут быть определены однозначно.



Кладизм объявляет парафилетические группы вне закона просто по той причине, что он не умеет их выявлять

(поскольку парафилетические группы не имеют синапоморфий)

Проблемы парафилетических таксонов



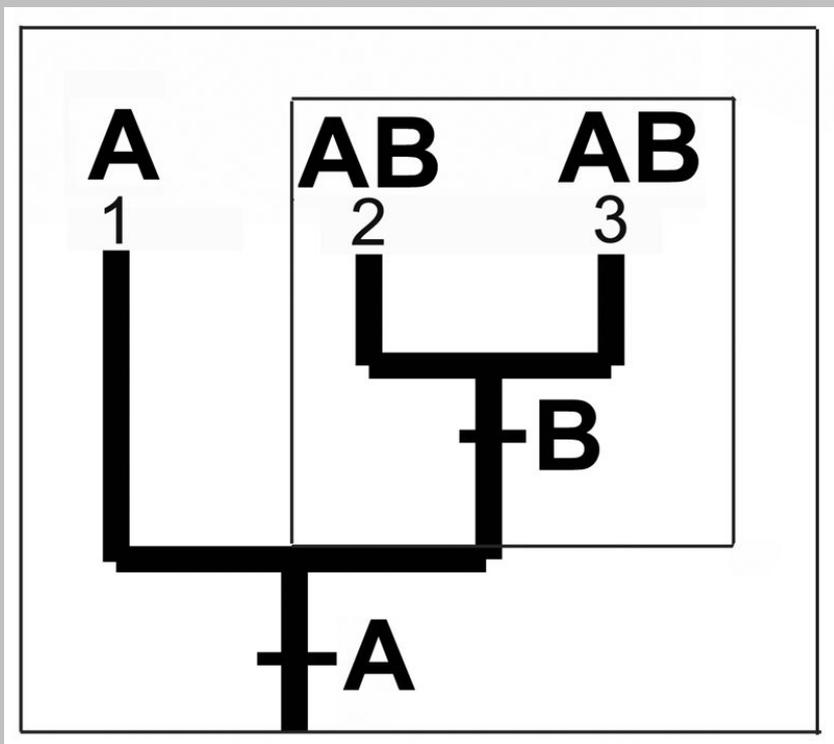
1+2 = парафилетический таксон.
Признак A не уникален, признак B
характеризует лишь часть таксона
1+2 и тоже не уникален

1+3 = парафилетический таксон.
Признак A не уникален, признак B
характеризует лишь часть таксона
1+3 и тоже не уникален

**Существует несколько вариантов частично
пересекающихся парафилетических таксонов**

Монофилетический таксон - группа, которая включает предка и всех его потомков

Монофилетические группы могут иметь **синапоморфии**

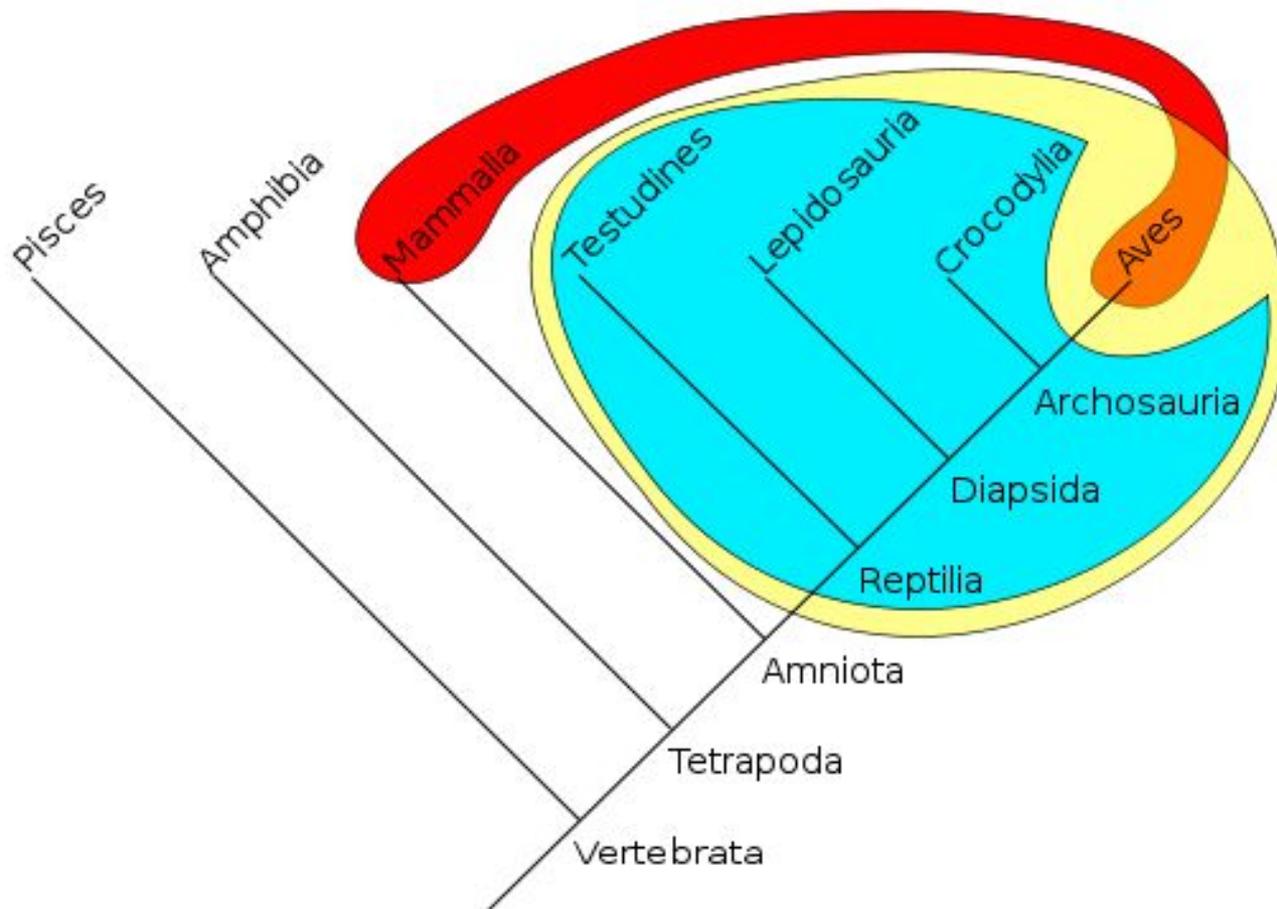


A – это синапоморфия таксона $1+(2+3)$
→ A однозначно характеризует таксон $1+(2+3)$

B, синапоморфия таксона $2+3$
→ B однозначно характеризует таксон $2+3$

Другие варианты монофилетических таксонов не существуют

- Monophyly
- Paraphyly
- Polyphyly



Три таксономии

	Эволюционная основа	Задающий процесс	Рабочий критерий	Сходство	Генетическое родство
Кладизм	синтетическая	акт дивергенции	синапоморфия	игнорируется	единственная основа системы
Фенетика	эпигенетическая	дискретность биоразнообразия	хиатус	единственная основа системы	игнорируется
Эволюционная	эпигенетическая	дискретность биоразнообразия	хиатус	задающий критерий	контролирующий критерий

Фенетика

основанная на количественной оценке так называемого *общего сходства (overall similarity)*

- ✉ Отказ от доминирования принципа гомологии (в фенетике все признаки имеют равный вес)
- ✉ **Степень родства = степени сходства**
 - + попытка ввести объективность в систематику и филогенетику
 - + широкое внедрение методов статистики в систематику
 - Кластерный анализ (выявление группировок по степени их сходства).
 - Иерархии таких группировок интерпретируется в качестве филогении.

Эволюционная таксономия

Подобно кладистике, при построении системы опирается на *эволюционную близость* (т. е. общность происхождения), однако не требует строгого соответствия системы и филогении (в частности, это выражается в признании права на существование в системе *парафилетических* групп).

Традиционная и нумерическая кладистика

- Увеличение числа признаков приводит к противоречиям между предполагаемыми **синапоморфиями**, которые свидетельствуют о наличии **гомоплазий**
- При наличии противоречий между “синапоморфиями” возможны разные варианты филогении
- Как выбрать правильный вариант?

-
- Если возникает конфликт между потенциальными синапоморфиями, то есть два пути его решения:

Традиционная кладистика

переисследование материала, поиск и изучение дополнительных признаков и таксонов с целью выявления “истинных” синапоморфий

-
- Если возникает конфликт между потенциальными синапоморфиями, то есть два пути его решения:

Нумерическая кладистика

использование большого числа признаков, получение нескольких (многих) деревьев и выбор “лучшего” из них с использованием определенного критерия

Нумерическая кладистика и метод максимальной парсимонии

Как выбрать “правильное” дерево?

- - критерий максимальной парсимонии

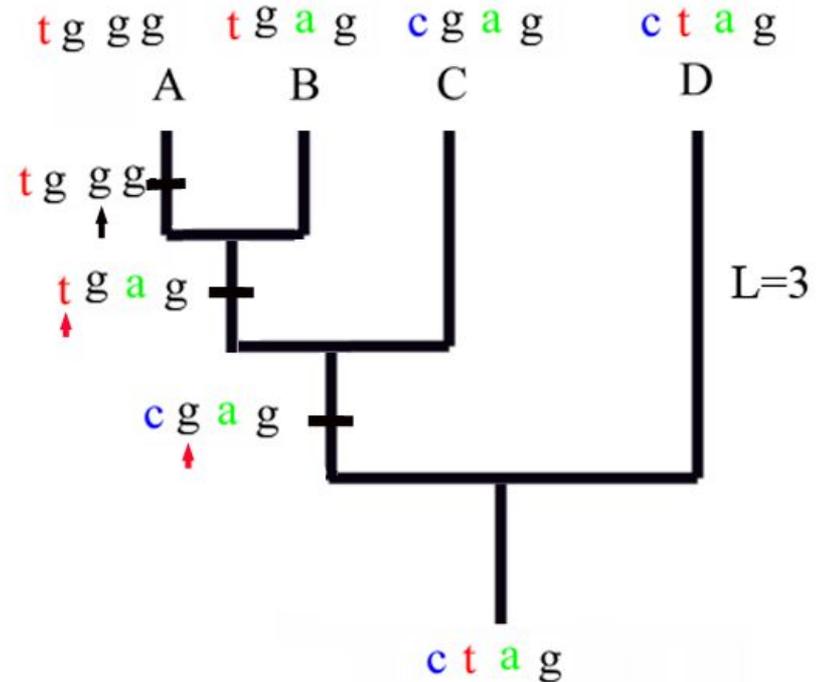


Нет гомоплазий – одно возможное дерево

Таксон\сайт	1	2	3	4
A	t	g	g	g
B	t	g	a	g
C	c	g	a	g
D	c	t	a	g

c(1) симплезиоморфия **a**(3) симплезиоморфия
t(1) – синапоморфия **g**(3) – аутапоморфия
t(2) плезиоморфия
g(2) – синапоморфия **g**(4) симплезиоморфия

Сайты 1 и 2 – парсимониально информативные
 Сайты 3 и 4 – парсимониально неинформативные



Число шагов (L) = 3

Сайт 4 – инвариантный, сайт 3 - переменный

Первое дерево более **парсимониальное**, оно короче
 Происходит голосование “**синапоморфиями**”

Таксон\сайт	1	2	3	4
A	t	t	g	g
B	t	g	g	g
C	c	g	a	g
D	c	t	a	g

