

# Тема презентации: «Протоартроподы»

Выполнила: М.А., студент 1-го курса  
факультета биологии и биотехнологии.  
Проверила: С.М.-к.б.н., доцент, кафедры  
биоразнообразия и биоресурсов,  
факультета биологии и биотехнологии

КазНУ им. Аль-Фараби.  
г. Алматы, 2015г.

## Происхождение членистоногих — "артроподизация" (вендский и кембрийский периоды)

В "домолекулярную эру" в распоряжении ученых было три научных дисциплины, при помощи которых можно было реконструировать эволюционную историю организмов: 1. сравнительная анатомия, 2. сравнительная эмбриология и 3. палеонтология.

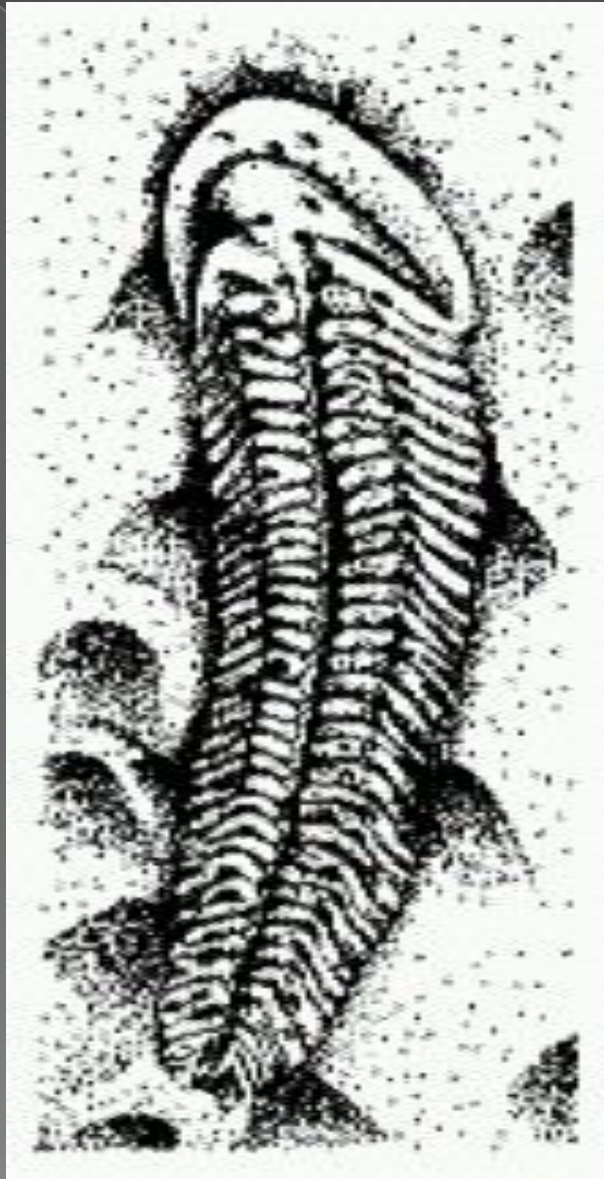
Еще в конце XIX — начале XX века анализ эмбриологических и анатомических данных привел к появлению двух основных гипотез происхождения членистоногих. К этому типу животных относятся ракообразные, насекомые, многоножки, паукообразные и трилобиты. Согласно первой из них, предки членистоногих были похожи на типичную личинку ракообразных — науплиус, тело которого состоит из трех сегментов. Вторая гипотеза, ставшая в какой-то момент почти общепризнанной, предполагала, что предками членистоногих были многосегментные животные с множеством однотипных парных конечностей, близкие к современным многощетинковым кольчатым червям — полихетам. Происхождение членистоногих от кольчатых червей казалось большинству ученых совершенно очевидным. Слишком уж бросается в глаза сходство многоножки или гусеницы с кольчатым червем, и даже состоящие из двух "веточек" ножки примитивных членистоногих (ракообразных, трилобитов) удивительно похожи на двуветвистые конечности полихет.

Ни палеонтологические, ни молекулярные данные не дали подтверждения этой стройной и логичной теории. Вместо ожидаемых переходных форм между полихетами и членистоногими были обнаружены весьма причудливые создания со странными сочетаниями признаков.

Поначалу биологов "обнадежила" сприггина — мягкотелое животное вендского периода, которое вроде бы имело ожидаемое сочетание признаков: цельную "голову" в форме полумесяца, напоминающую головной щит трилобита, и длинное тело, состоящее из одинаковых сегментов с длинными придатками, напоминающее тело многощетинковых червей.

Но если внимательно присмотреться к отпечаткам сприггины, можно заметить, что конечности у нее располагаются не попарно друг напротив друга, как у всех без исключения кольчатых червей и членистоногих, а в шахматном порядке (как если бы левую половину ее тела сдвинули относительно правой на пол сегмента вперед или назад). Такая "билатеральная симметрия со сдвигом" специалистам по сравнительной анатомии казалась совершенно невыносимой. Непонятно, как росло тело сприггины, как формировались сегменты (и вообще, можно ли их назвать сегментами?), как были устроены ее кровеносная и нервная системы, структура которых определяется у полихет механизмом формирования сегментов.

Еще лучше эта "невероятная" сегментация видна у других вендских форм, похожих на примитивных членистоногих, — например, у вендии.



Сприггина (вендский период) могла бы считаться переходной формой между кольцецами и членистоногими, если бы имела нормальную билатеральную симметрию.

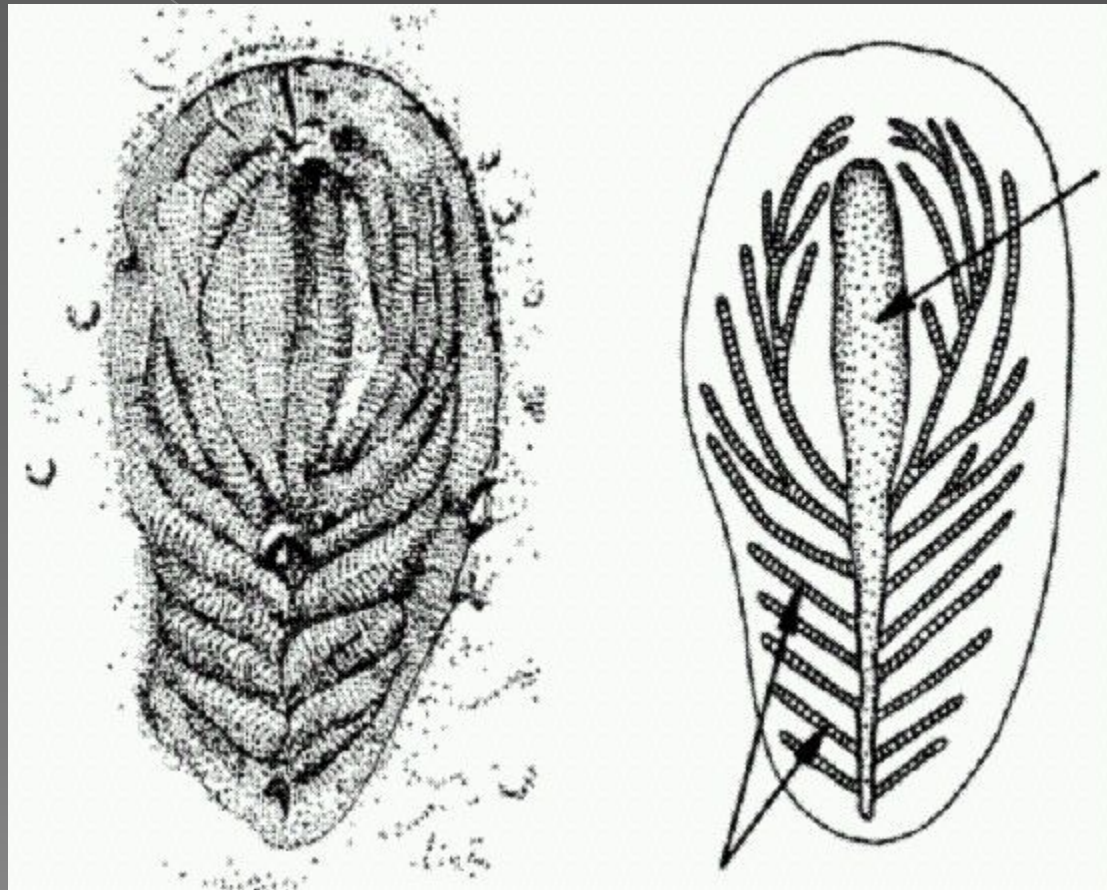


Вендия —  
«членистоногое»  
с ногами в  
шахматном  
порядке

Многие другие вендские животные, напоминающие кольчатых червей или примитивных членистоногих, "сдвинуты" таким же образом. Состоят ли они в родстве с настоящими кольчецами и членистоногими или те произошли от каких-то других предков? Возможно ли эволюционное превращение "сдвинутой" симметрии в нормальную? Окончательных ответов пока нет.

Вот еще одно животное со сдвинутой симметрией — дикинсония. Найден отпечаток ее пищеварительной системы, и видно, что отростки кишечника тоже располагались в шахматном порядке, в соответствии с сегментацией. Ясно, что это и не членистоногие, и не полихеты. Палеонтолог М. А. Федонкин выделил этих животных в особый вымерший тип проартикулят (*Proarticulata*).

Еще одно животное со "сдвинутой" метаметрией — дикинсония. Справа — ее пищеварительная система.

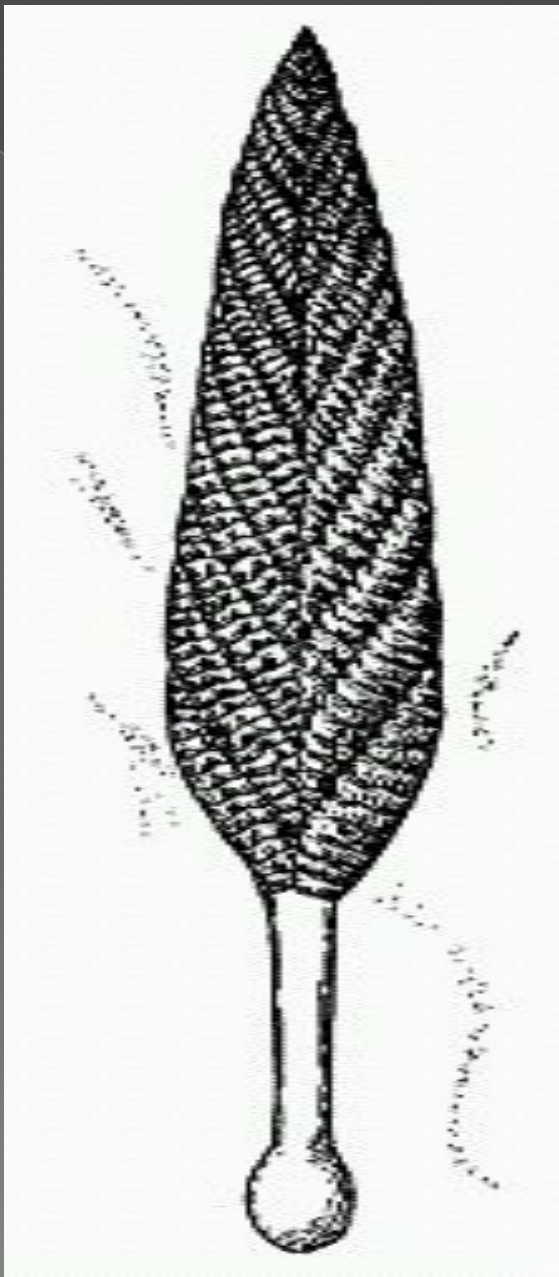


Забавно, что очень похожая сегментация имеется и у прикрепленных, стебельчатых вендских животных — петалонам, которые уже совсем не похожи ни на кольцецов, ни на членистоногих.

Что ж, если вендская мягкотелая фауна дала больше новых загадок, чем ответов на старые вопросы, может быть, уникальные находки более поздних кембрийских мягкотелых животных скажут нам больше?

Кембрийский период (488-542 млн лет назад) был временем становления большинства важнейших групп многоклеточных животных. Как мы помним из главы "Животные", в самом начале кембрия произошла скелетная революция — в палеонтологической летописи внезапно появляется множество разнообразных существ, обладающих твердыми скелетными элементами: различными раковинками, шипами, спикулами и т. д. В венде животные были в основном мягкотелыми, и среди них мало кого можно с уверенностью отнести к тому или иному известному типу. Но уже в первой половине кембрия разнообразие животных резко выросло, и среди них появились представители практически всех современных типов (членистоногие, моллюски, брахиоподы, хордовые, иглокожие





*«Перистое»  
вендское  
ископаемое  
— чарния*

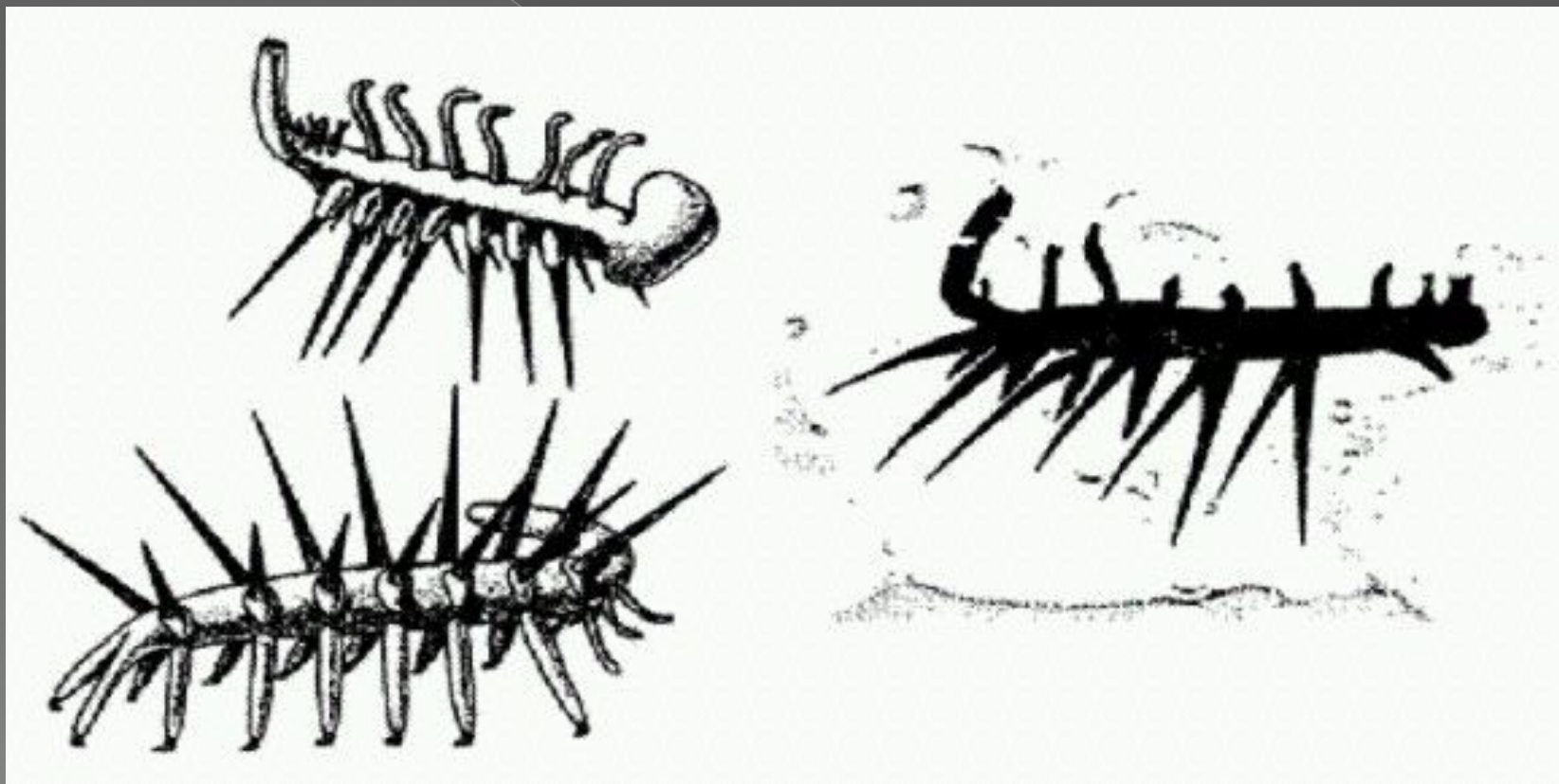
Одно из самых богатых местонахождений кембрийских мягкотелых называется сланцы Берджес (Burgess Shale) и находится в Канаде. То, что было там найдено, привело ученых в полное замешательство. Чего стоят одни названия, которые ученые дали этим "возмутительным" тварям. Ведь они снова, как и вендские существа, не пожелали вписываться в красивые и стройные схемы сравнительных анатомов и эмбриологов!

Одно из животных получило название "галлюцигения". Палеонтологи, видимо, долго протирали глаза, впервые увидев отпечаток этого существа.

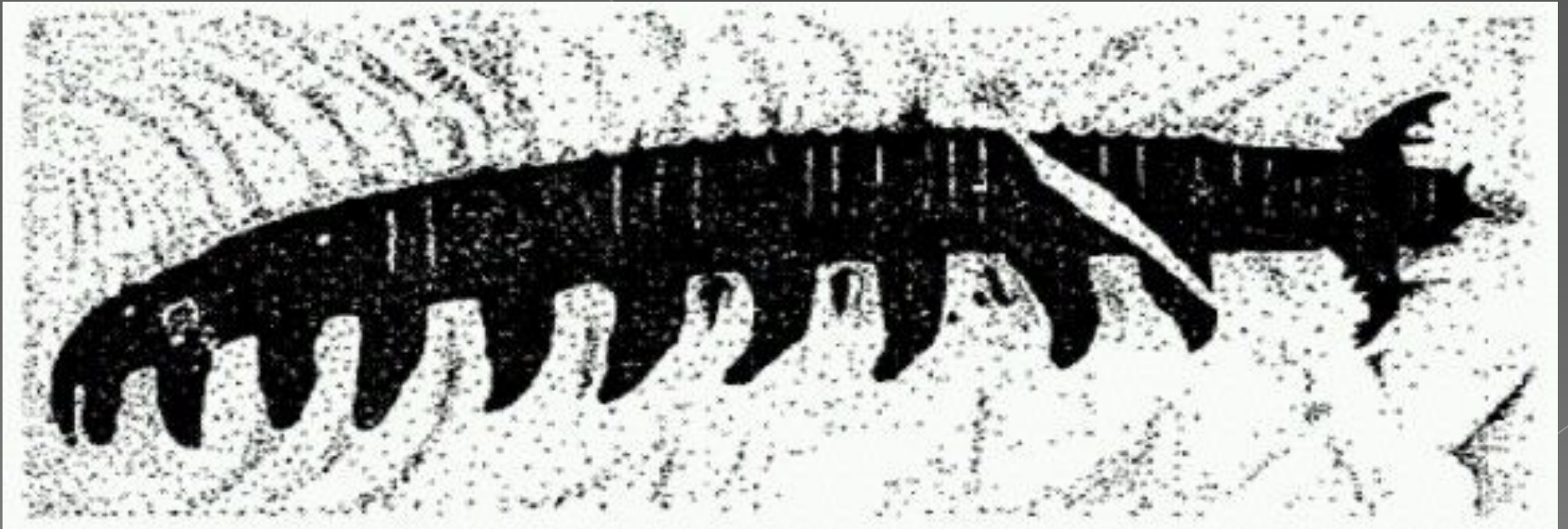
На первых найденных отпечатках было видно по три конечности на каждом сегменте: два твердых "шипа" и одно мягкое "щупальце". Правда, вендской "симметрии со сдвигом" здесь уже не было, симметрия галлюцигении — вполне правильная, билатеральная, но еще неизвестно, что хуже — ноги в шахматном порядке или по три ноги на сегменте! Сначала предполагали, что галлюцигения ходила на парных "шипах", а "щупальца" в один ряд располагались у нее на спине.

Потом, к счастью, нашлись другие отпечатки, на которых удалось разглядеть, что мягких щупалец на каждом сегменте было все-таки два, а не одно. Так появилась более правильная (по крайней мере, более правдоподобная) реконструкция галлюцигении. Животное перевернули вверх тормашками и поставили на парные щупальца, а шипы стали просто защитными придатками вроде игл морского ежа. В таком виде галлюцигения напоминает, хоть и отдаленно, современных онихофор — червеобразных животных с ножками, родственных членистоногим.

Айшейя. Голова находится справа, видны приротовые придатки. Возможно, айшейя питалась губками, потому что ее остатки часто находят вместе с остатками губок.



# Айшеайя



В сланцах Берджес нашли и других онихофор, больше похожих на современных (*Aysheaia*).

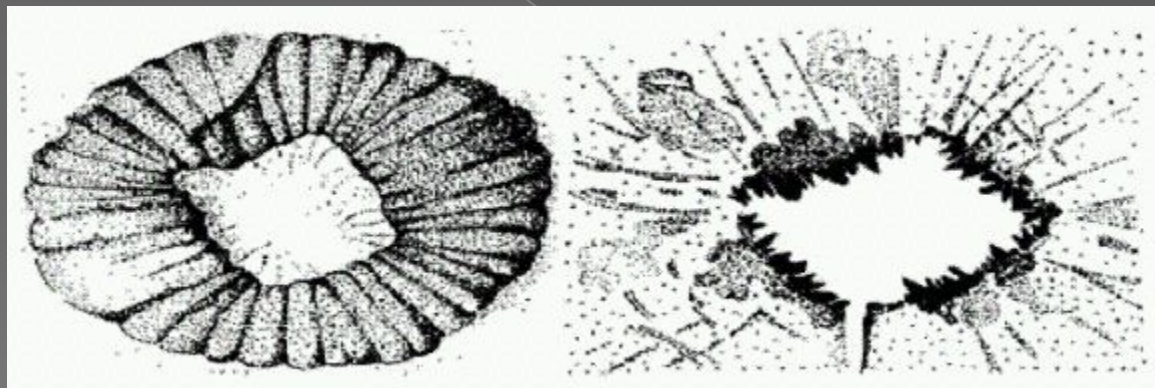
Но все "приключения" галлюцигении меркнут по сравнению с уникальной судьбой другого среднекембрийского монстра — аномалокариса. Отдельные части тела этого хищного чудовища (некоторые экземпляры достигали почти двух метров в длину) сначала находили по отдельности и описывали как разные организмы. Удивительная "медуза" с дыркой посередине оказалась ротовым диском аномалокариса. Внутренний край "дырки", как выяснилось, был усажен острыми зубами.

Членистые образования, изначально описанные как креветки, оказались хватательными конечностями необычного хищника.

Только когда были найдены первые полные отпечатки аномалокариса, ученые поняли, как было устроено это существо. Сегментированное тело с "плавательными лопастями" напоминает некоторых кольчатых червей. Однако передние хватательные конечности (бывшие "креветки") и крупные глаза на стебельках — в точности как у членистоногих.

Мягкотелая фауна сланцев Берджес и других подобных местонахождений в Китае, США, Гренландии и Сибири открыла перед учеными целую галерею удивительных существ с разнообразными причудливыми сочетаниями признаков членистоногих и червей (причем не кольчатых, а других — так называемых головохоботных). Все это очень мало похоже на постепенный, плавный переход от одного типа к другому. Вот, например, опабиния — животное, явно близкое к аномалокарису, но лишенное членистых прототовых конечностей. Вместо них у опабинии имеются складной хоботок и пять глаз.

*Аномалокарис — медуза с отверстием.  
Справа видны зубы, окружающие отверстие*

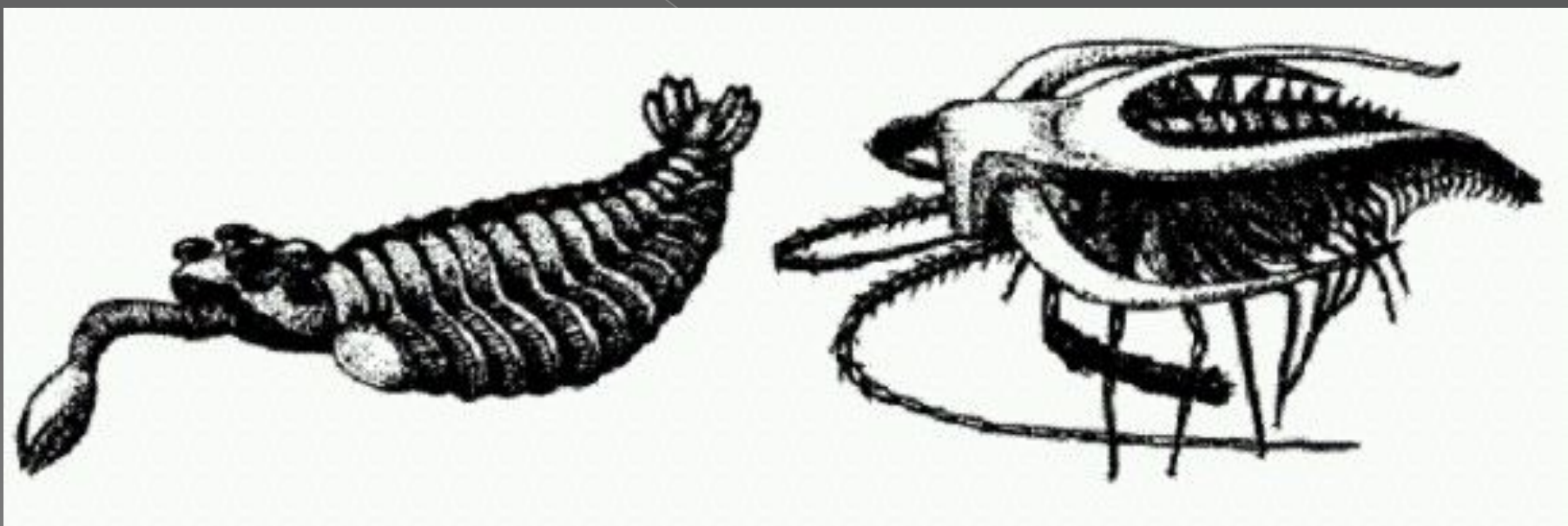




# Аномалокарис



Существа из Берджес-Шелл:  
опабиния (слева) и марелла  
(справа)





По-видимому, отдельные признаки членистоногих формировались независимо в разных группах червеобразных организмов. Эти признаки перекомбинировались и смешивались, образуя самые неожиданные комбинации. Возможно, не обошлось здесь и без горизонтального межвидового обмена генами (такой перенос могли осуществлять вирусы).

Как мы помним из прошлой главы, большую роль в крупных эволюционных перестройках у животных могут играть мутации ключевых генов — регуляторов развития, таких как Нох-гены. В результате таких мутаций свойства одних сегментов могут проявиться у других. Теоретически в результате подобной мутации от организмов, похожих на аномалокариса (с единственной парой членистых конечностей, развившихся специально для схватывания добычи), могли буквально в одночасье произойти формы, имеющие такие конечности на всех сегментах туловища.

Что же касается кольчатых червей, то они, судя по современным молекулярным данным, вовсе не являются предками членистоногих. Вместе с головохоботными и круглыми червями членистоногих теперь объединяют в надтип "линяющих" Ecdysozoa, а кольчатых червей вместе с моллюсками и брахиоподами поместили в другой надтип — Lophotrochozoa.

Новые палеонтологические находки в сланцах Берджес и других местонахождениях помогают выяснять детали ранней эволюции этих групп. Почти каждая публикация такого рода служит новым подтверждением общего правила мозаичного распределения признаков и многочисленных параллелизмов на ранних этапах развития больших групп организмов.

Презентация окончена,  
спасибо за внимание!