



# Животные - трансформеры. Жизненные циклы и их эволюция.



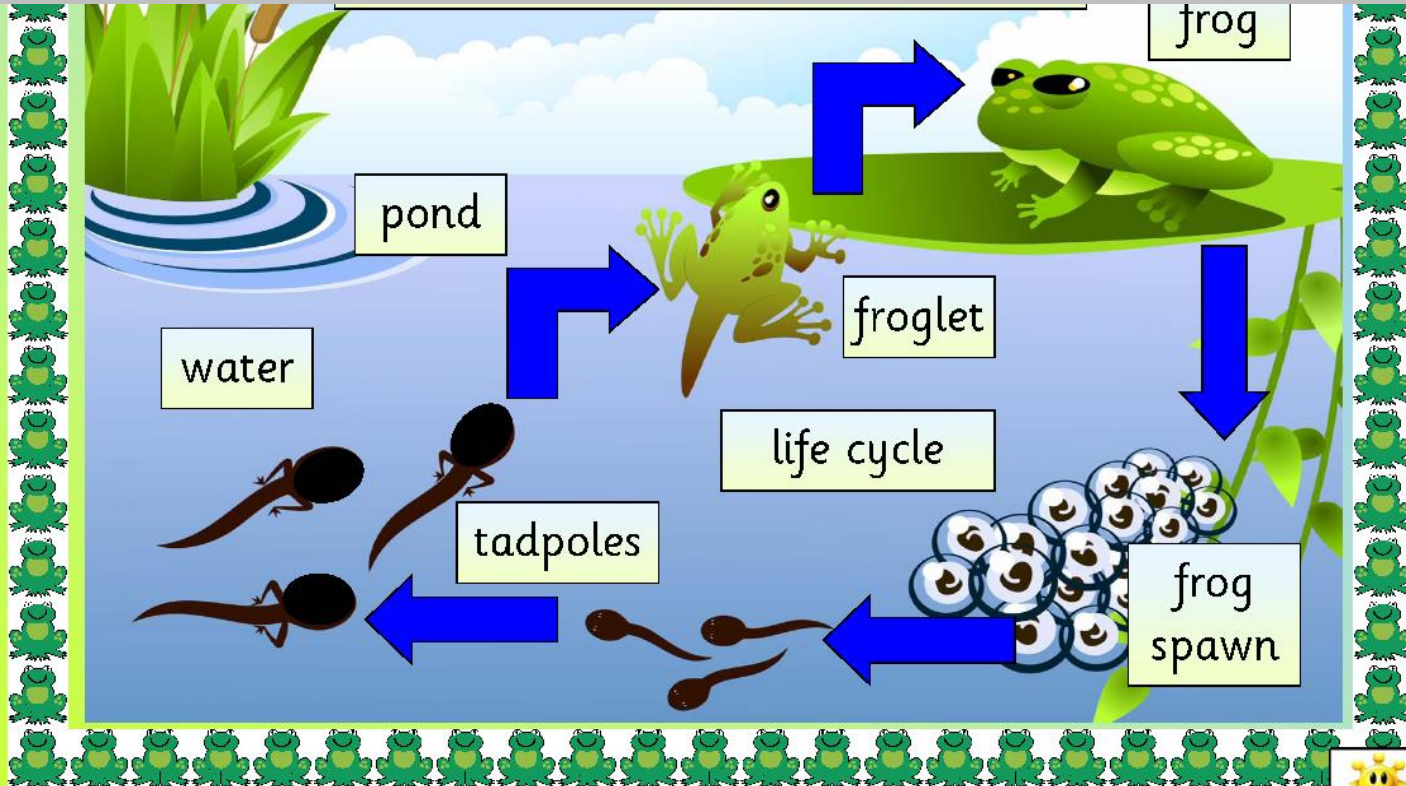
**Юлия Александровна Краус**



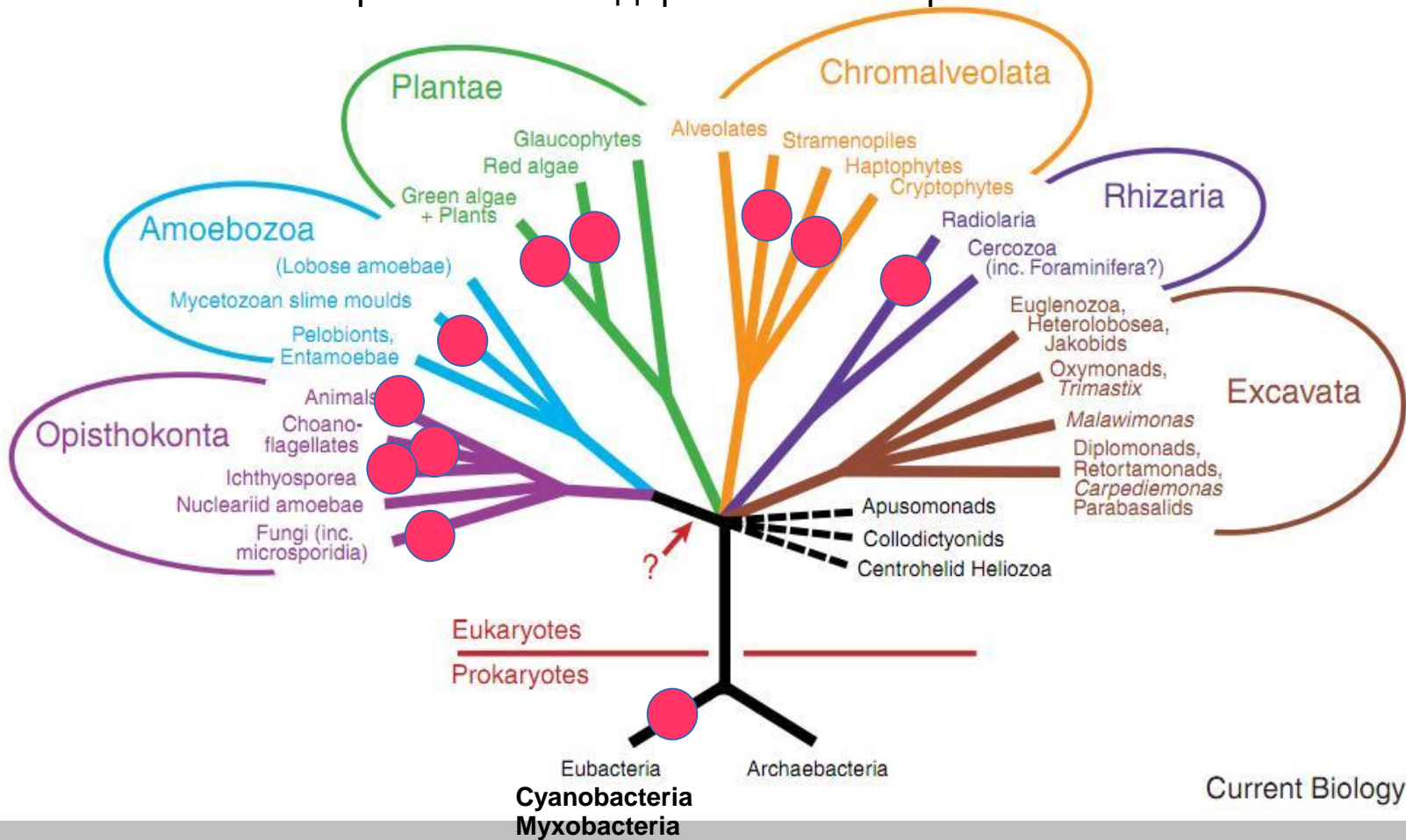
Институт Биологии Развития имени Н.К. Кольцова РАН  
Биологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова

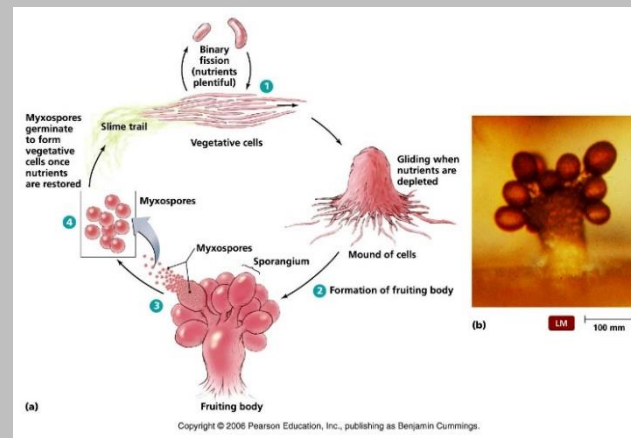
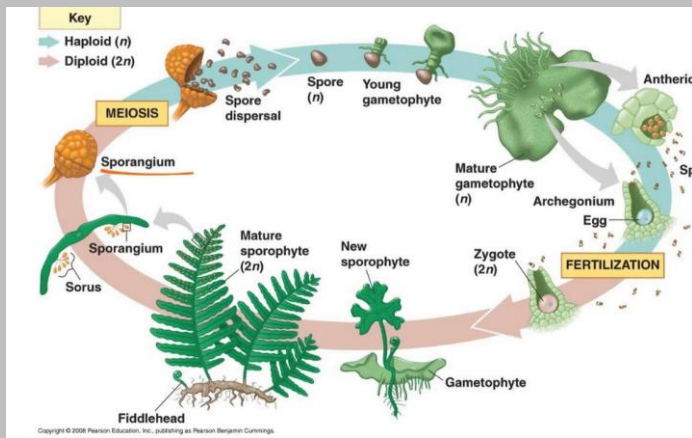


Какой жизненный цикл мы можем назвать «сложным»?

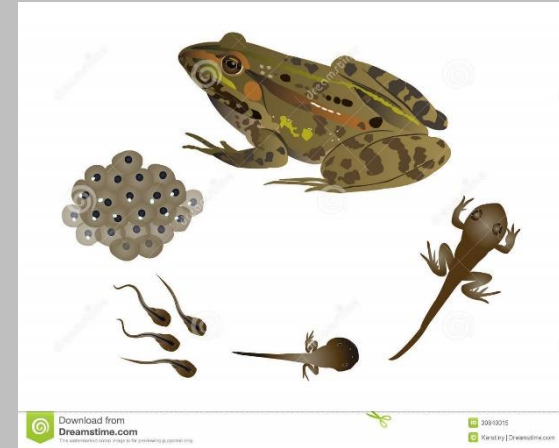
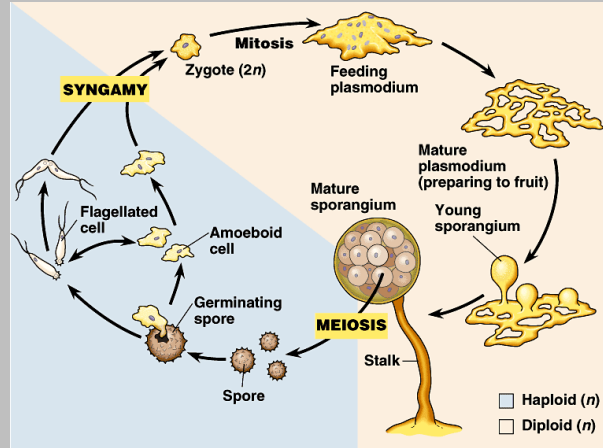


# Многоклеточные организмы на «дереве» живых организмов.





Большинство многоклеточных организмов имеют сложный жизненный цикл!

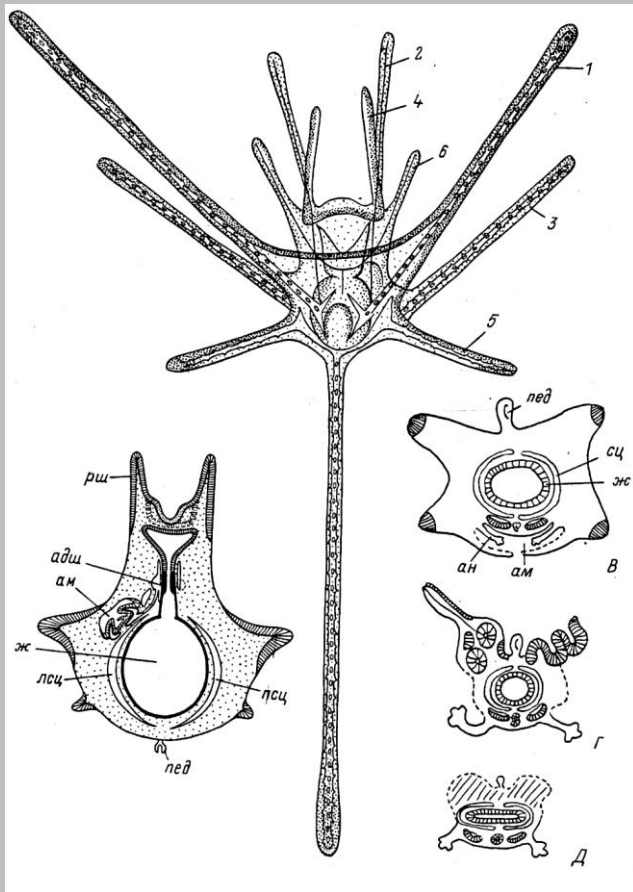
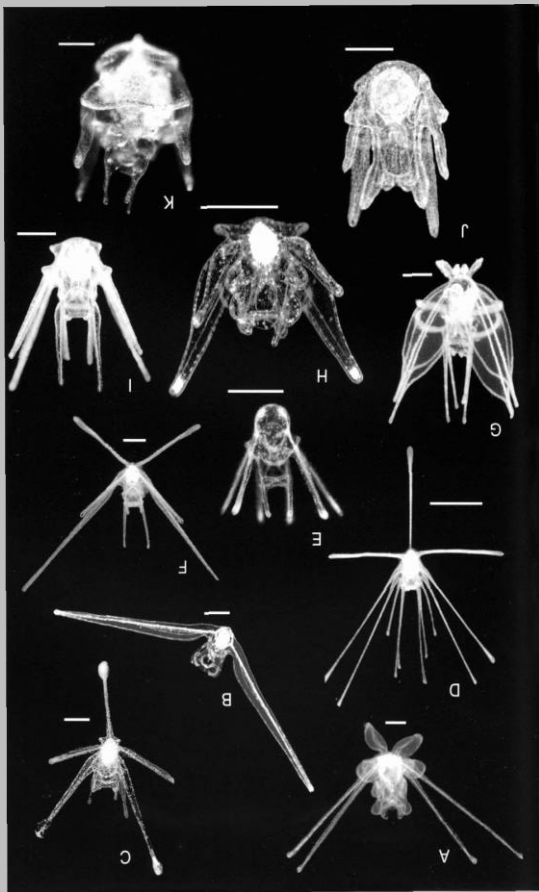


# СТАДИЯ ЛИЧИНКИ

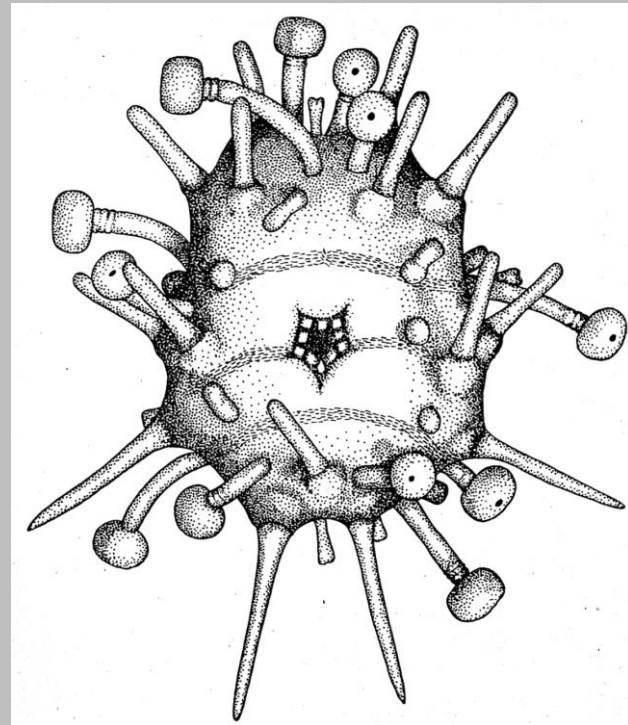


# КАКИЕ БЫВАЮТ ЛИЧИНКИ?

## Личинки иглокожих



## Метаморфоз личинки морского ежа



Личинка морского ежа



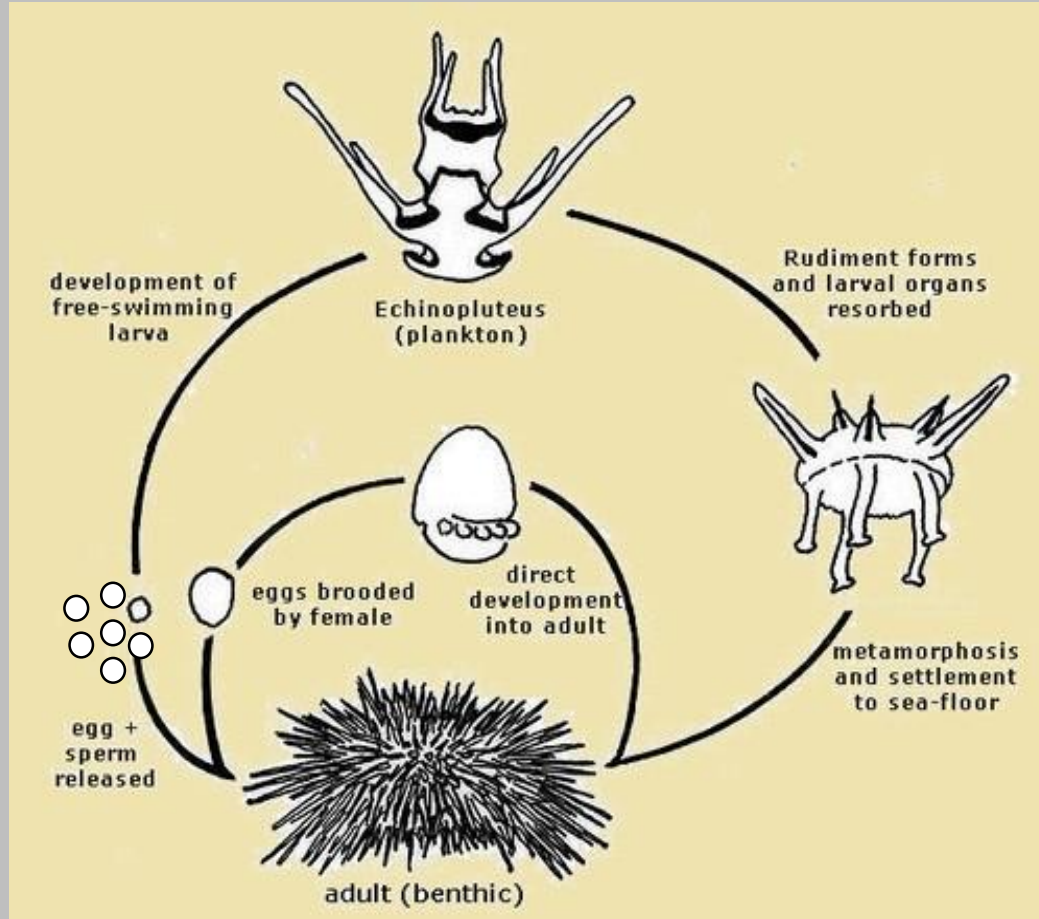
Взрослый морской ёж



**Метаморфоз - трансформация одной стадии жизненного цикла в другую (переход между стадиями жизненного цикла.)**

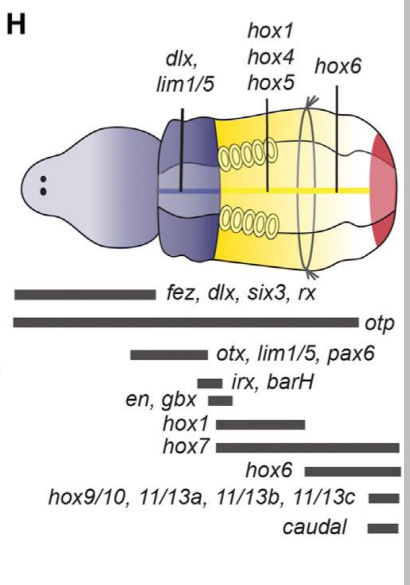
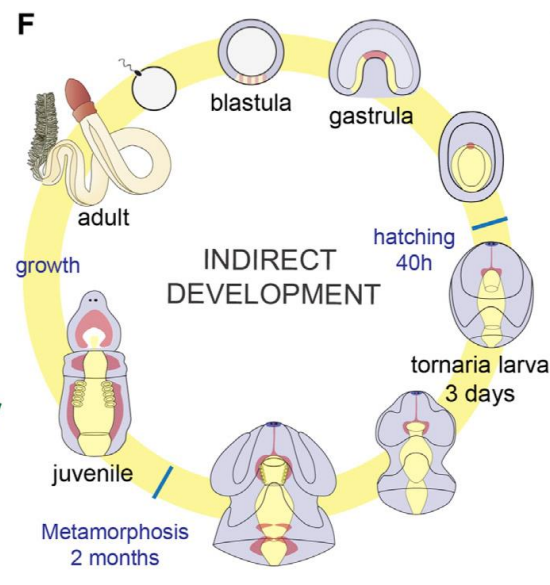
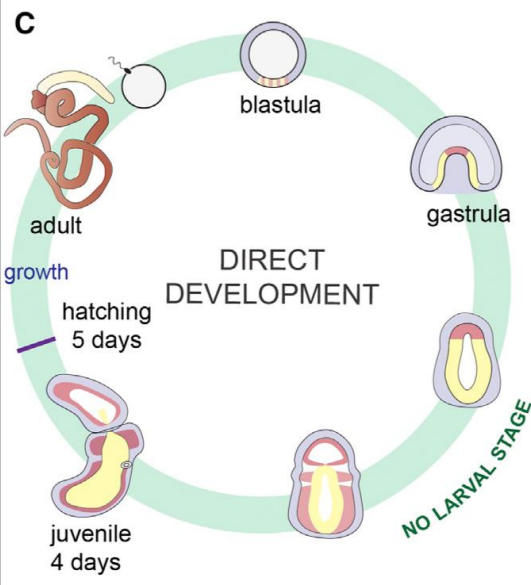
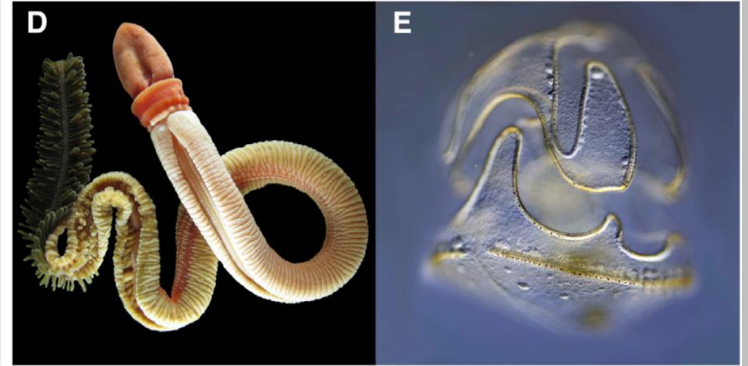
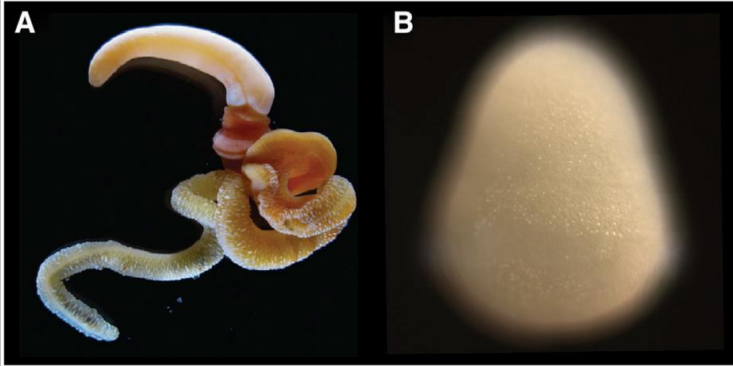


# Жизненный цикл может меняться в ходе эволюции!



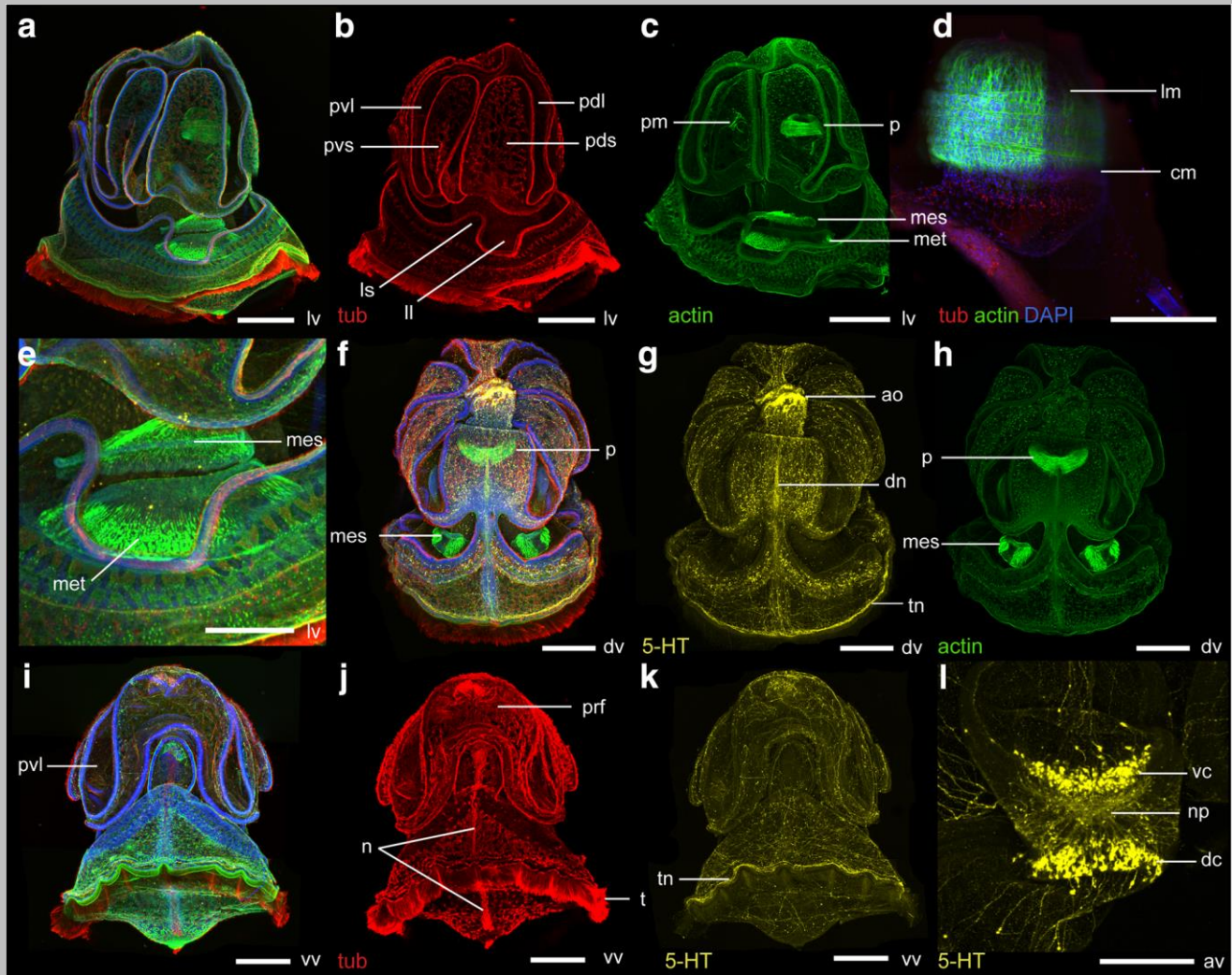
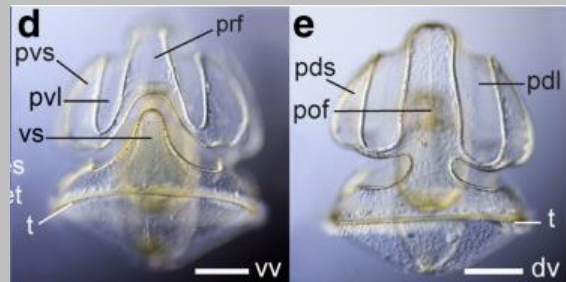
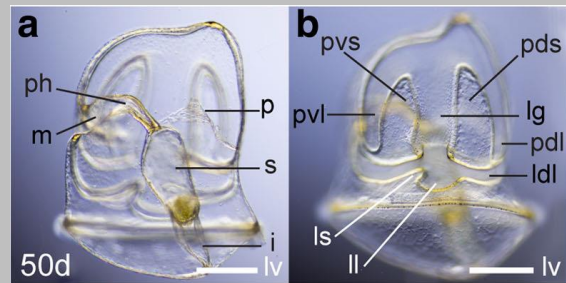
# *Saccoglossus kowalevskii*

# *Schizocardium californicum*



жизненные  
циклы  
Nemochordata  
(полухордовых)

полухордовые -  
родственники и  
иглокожих, и  
ПОЗВОНОЧНЫХ  
ЖИВОТНЫХ.



# КАКИЕ БЫВАЮТ ЛИЧИНКИ?

Наездники откладывают яйца в тело гусеницы

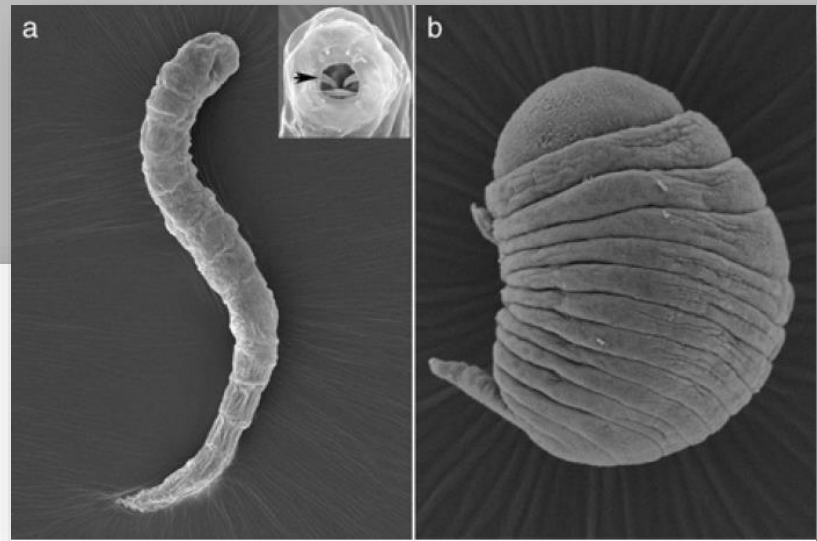
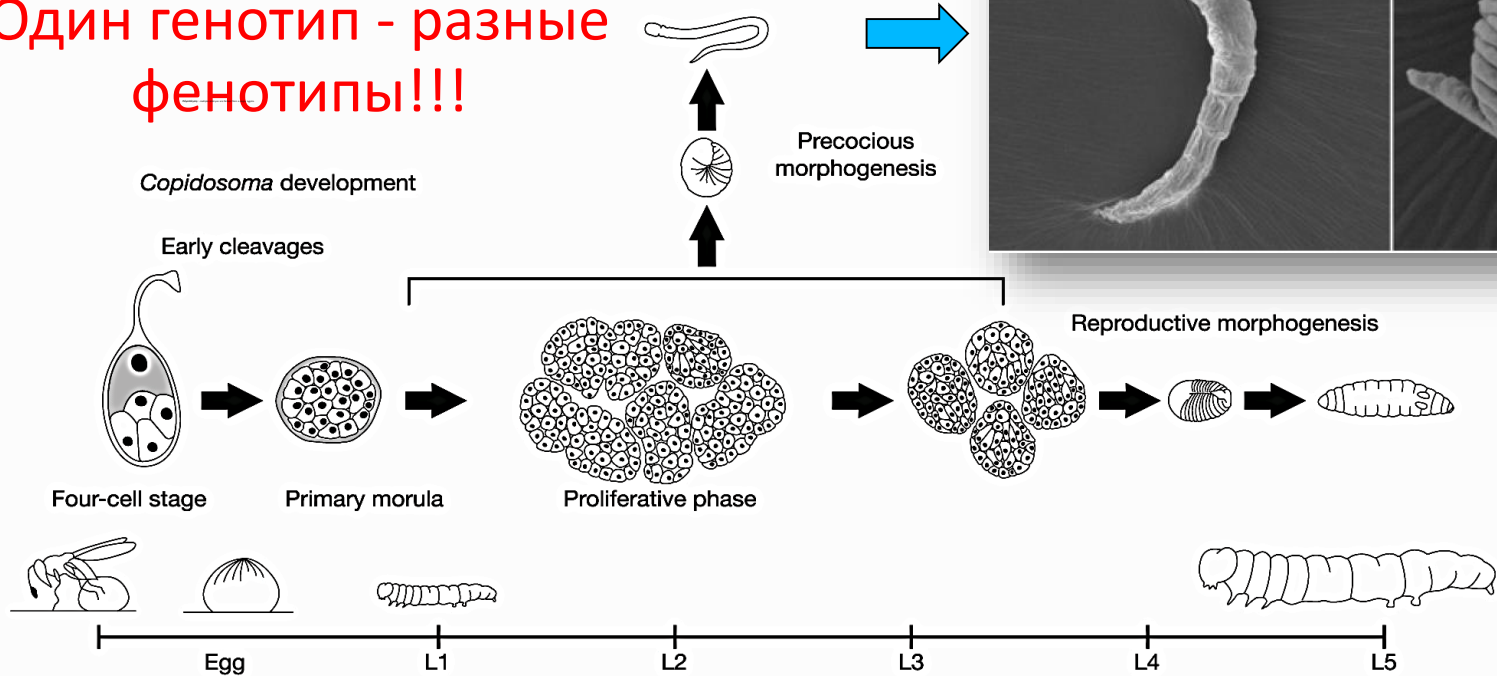


Личинки наездника выходят из тела гусеницы.



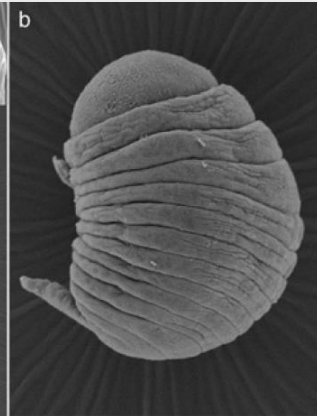
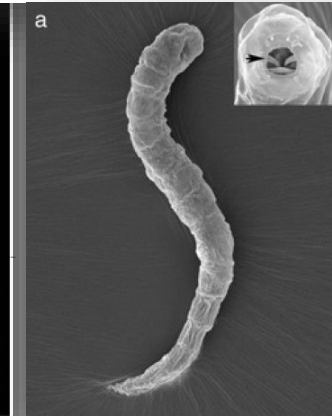
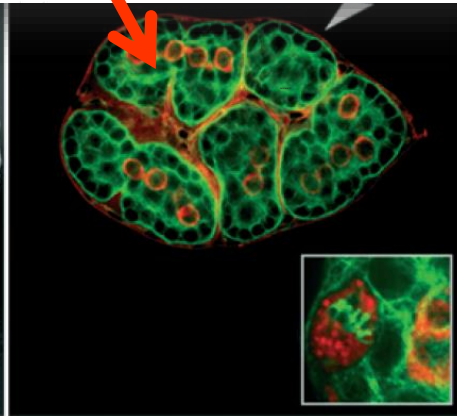
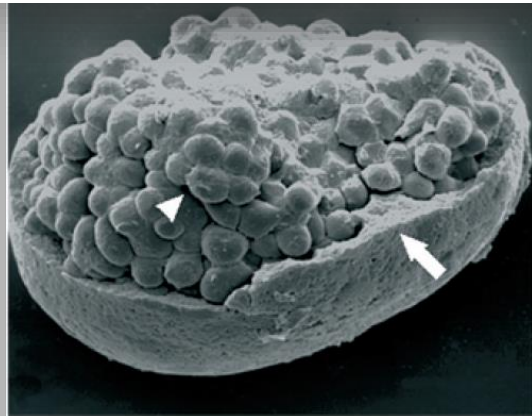
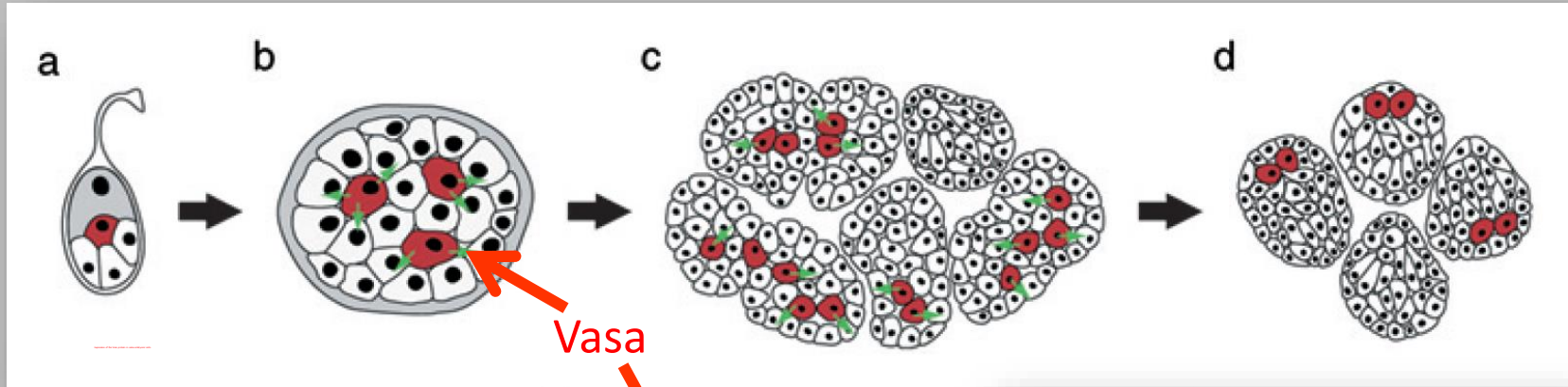
# Развитие личинок наездников

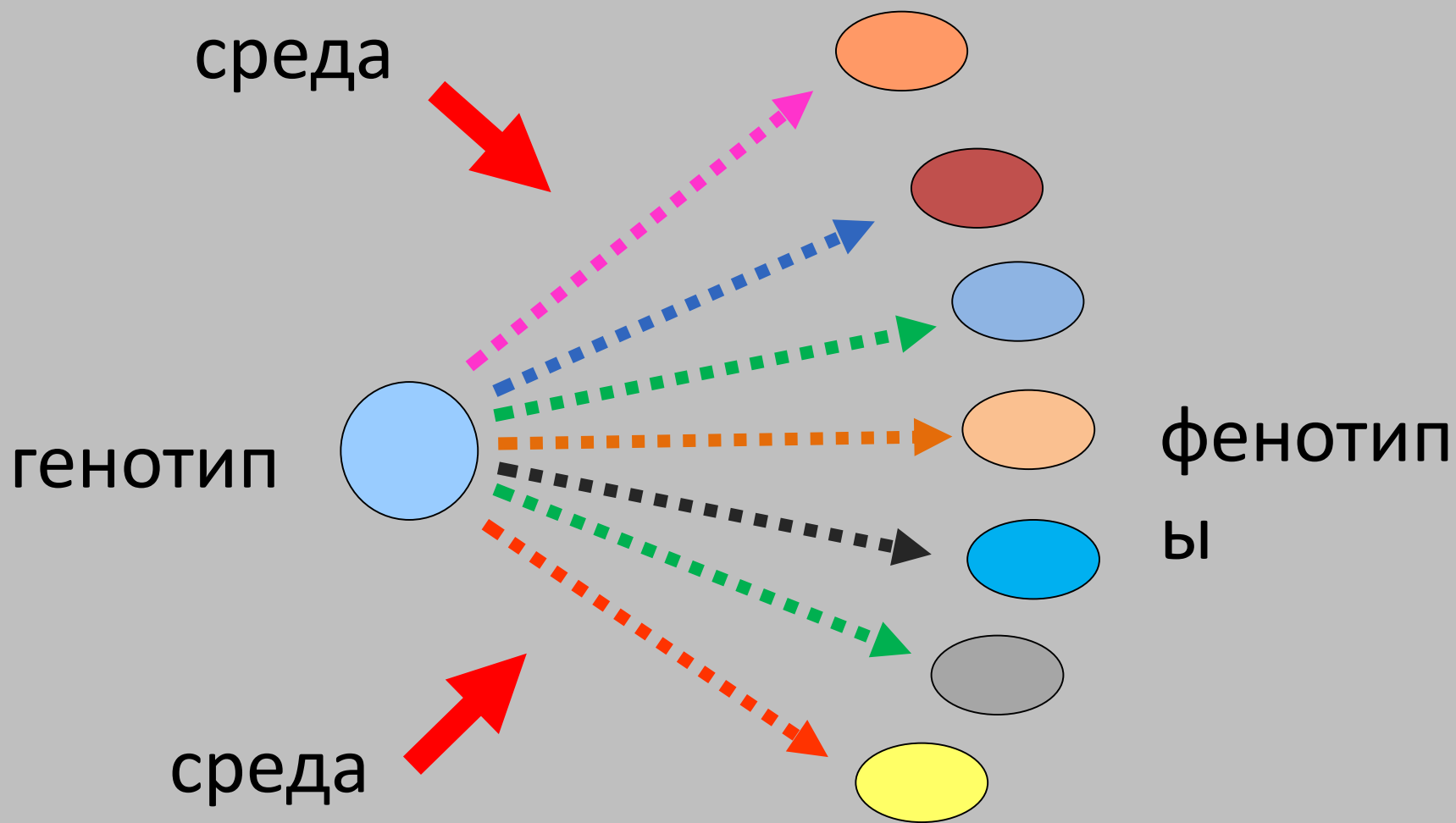
Один генотип - разные фенотипы!!!



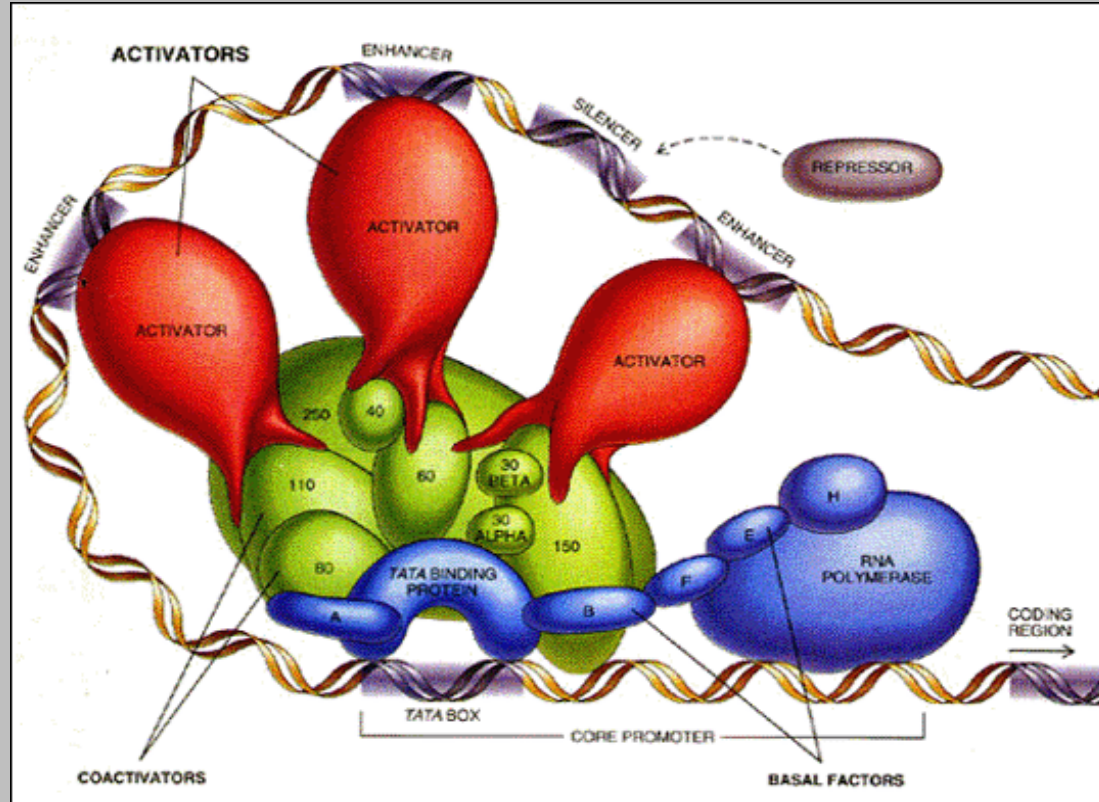
(Zhurov et al., 2007)

# Развитие личинок наездников

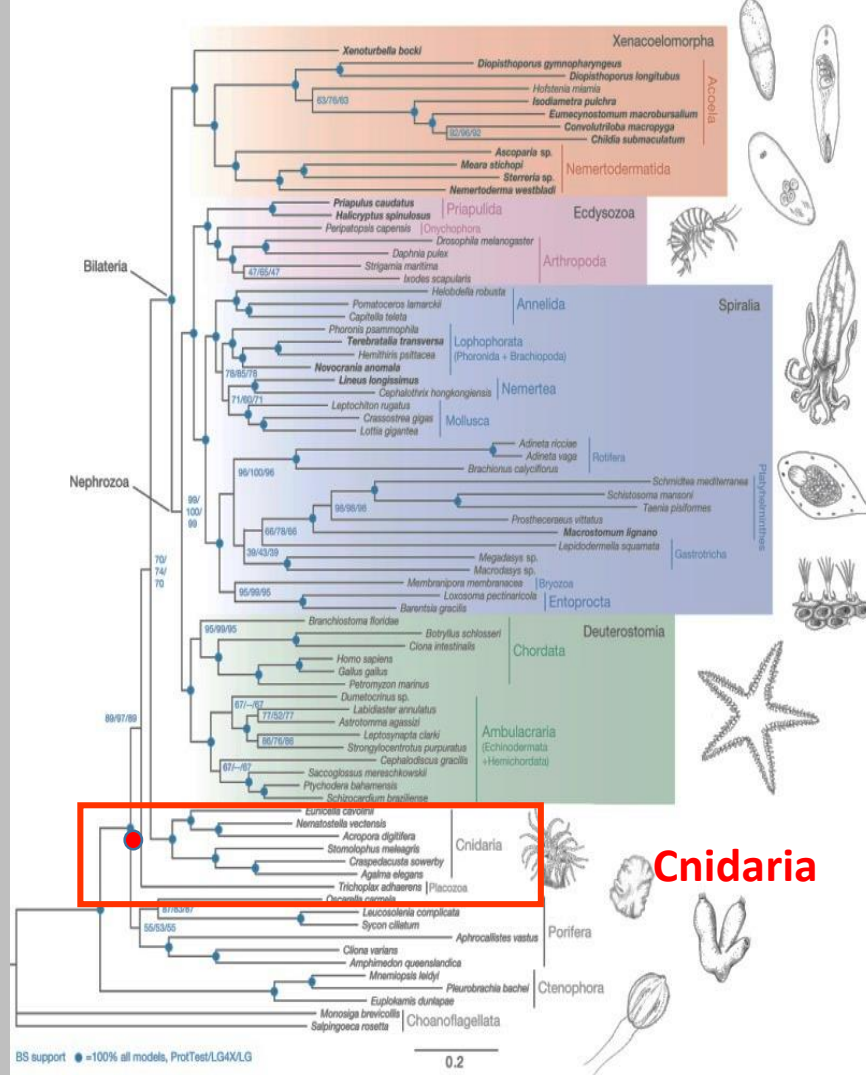




Дифференциальная экспрессия генома позволяет «сделать» разные фенотипы на основе одного и того же генотипа.





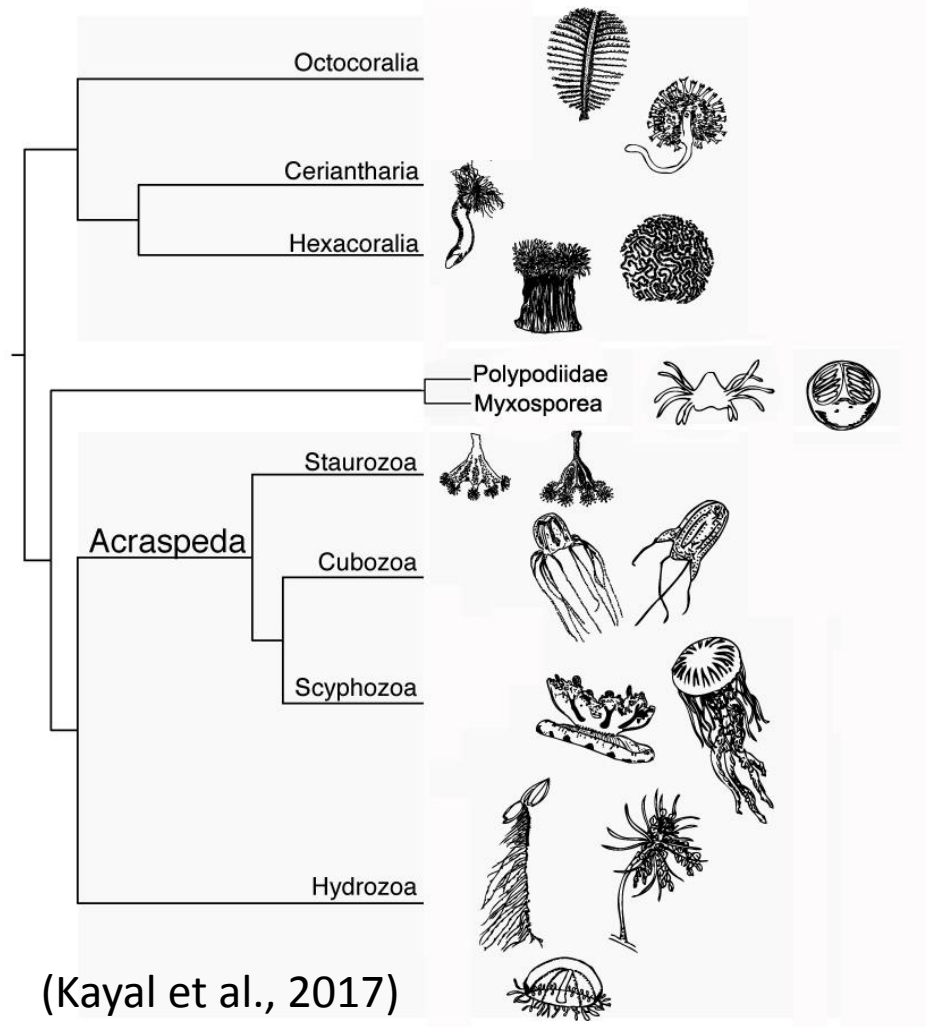


BS support ● =100% all models, ProtTest/LG4X/LG

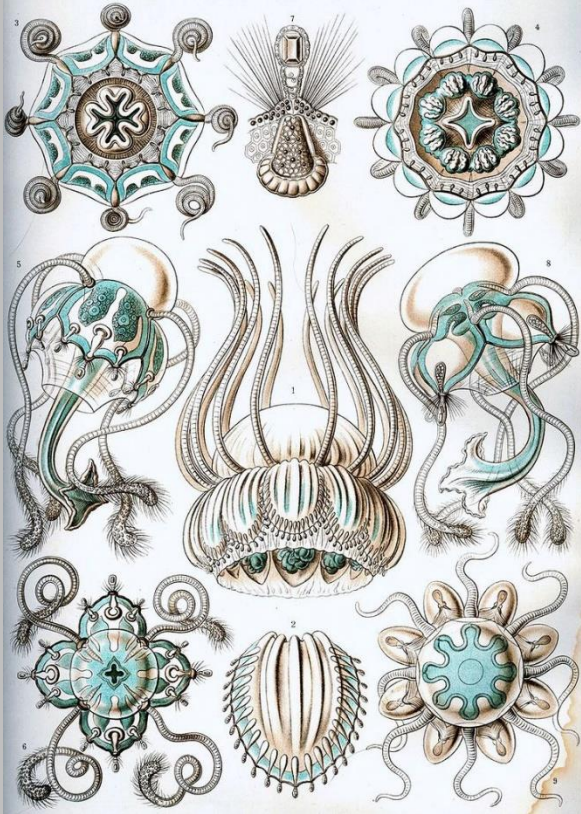
0.2

**Cnidaria**

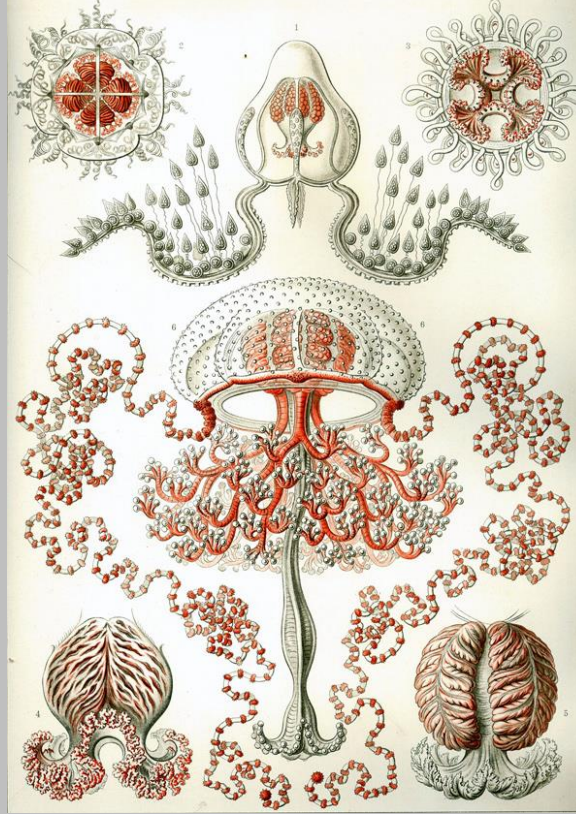
В последнее время представители типа Cnidaria часто становятся модельными объектами эволюционной биологии развития (Evo-Devo).



Из книги Эрнста Геккеля 'Kunstformen der Natur' (by  
Ernst Haeckel, 1904)



Narcomedusae

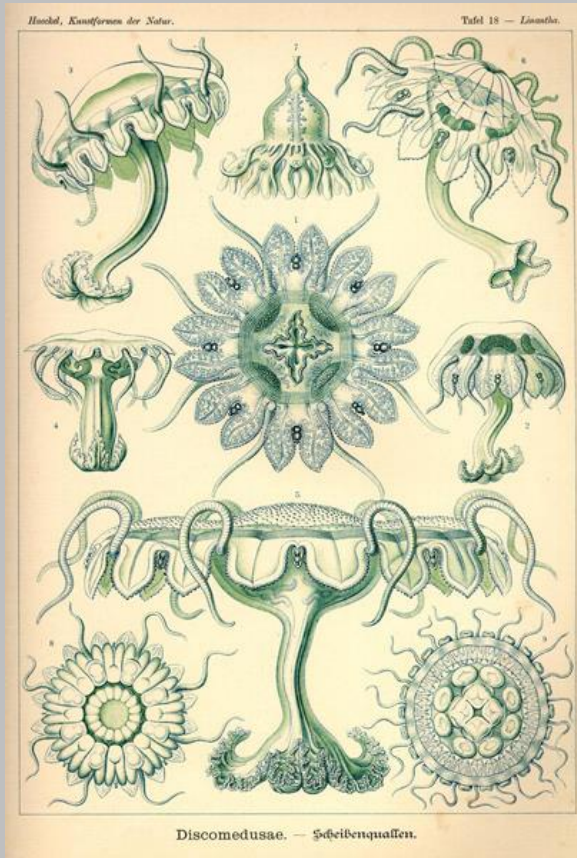


Anthomedusae

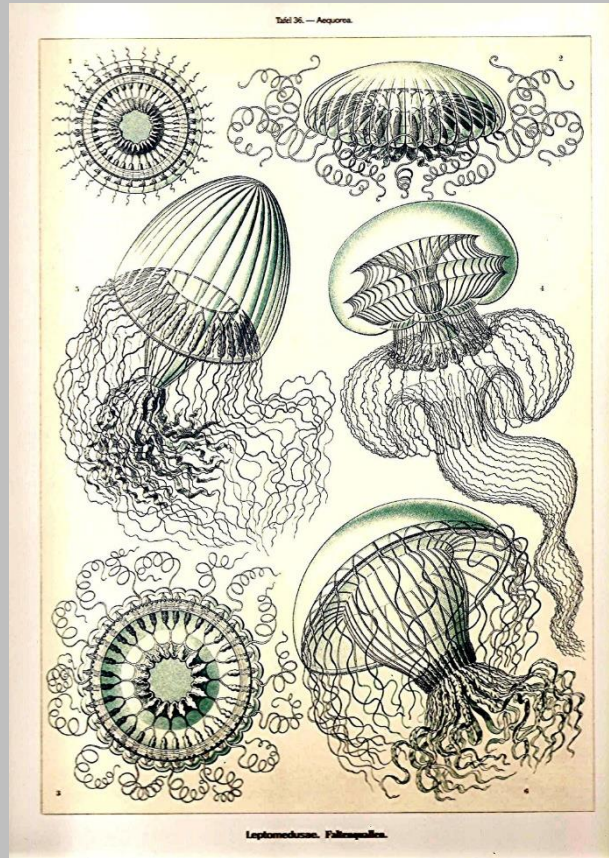


Trachymedusae

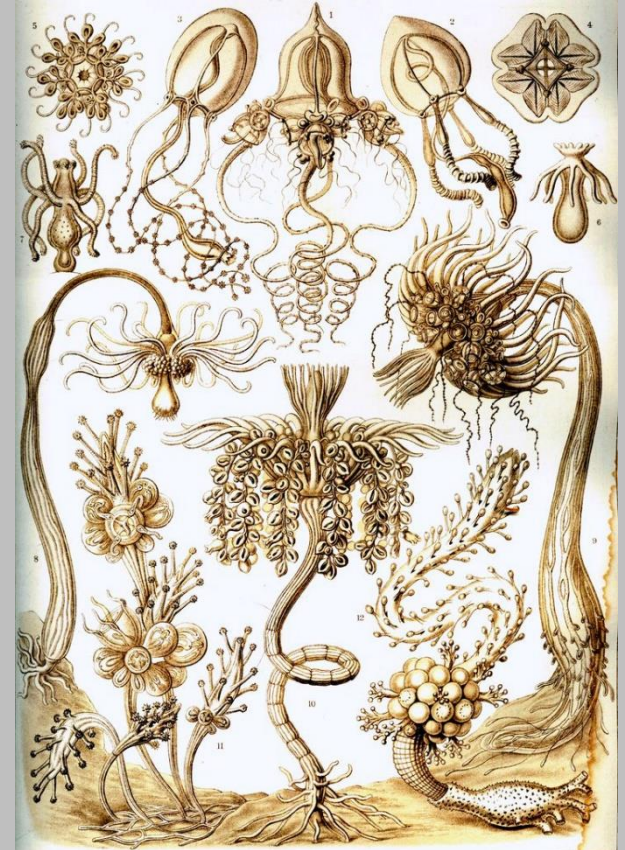
'Kunstformen der Natur' by Ernst Haeckel (1904)



Discomedusae



Leptomedusae



Anthomedusae

# Medusozoa

Anthozoa



Staurozoa



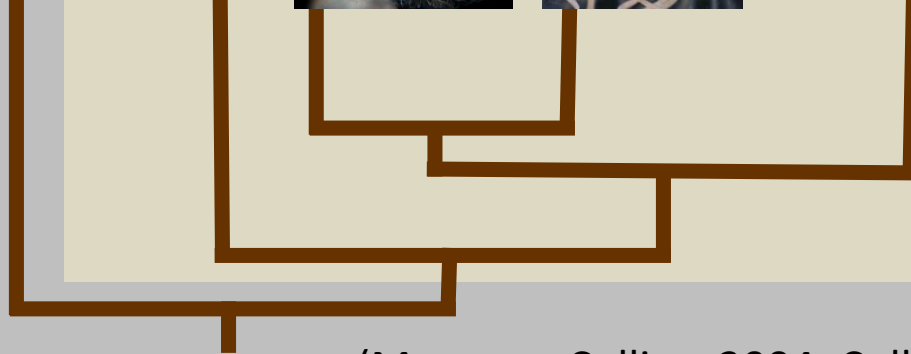
Scyphozoa



Cubozoa

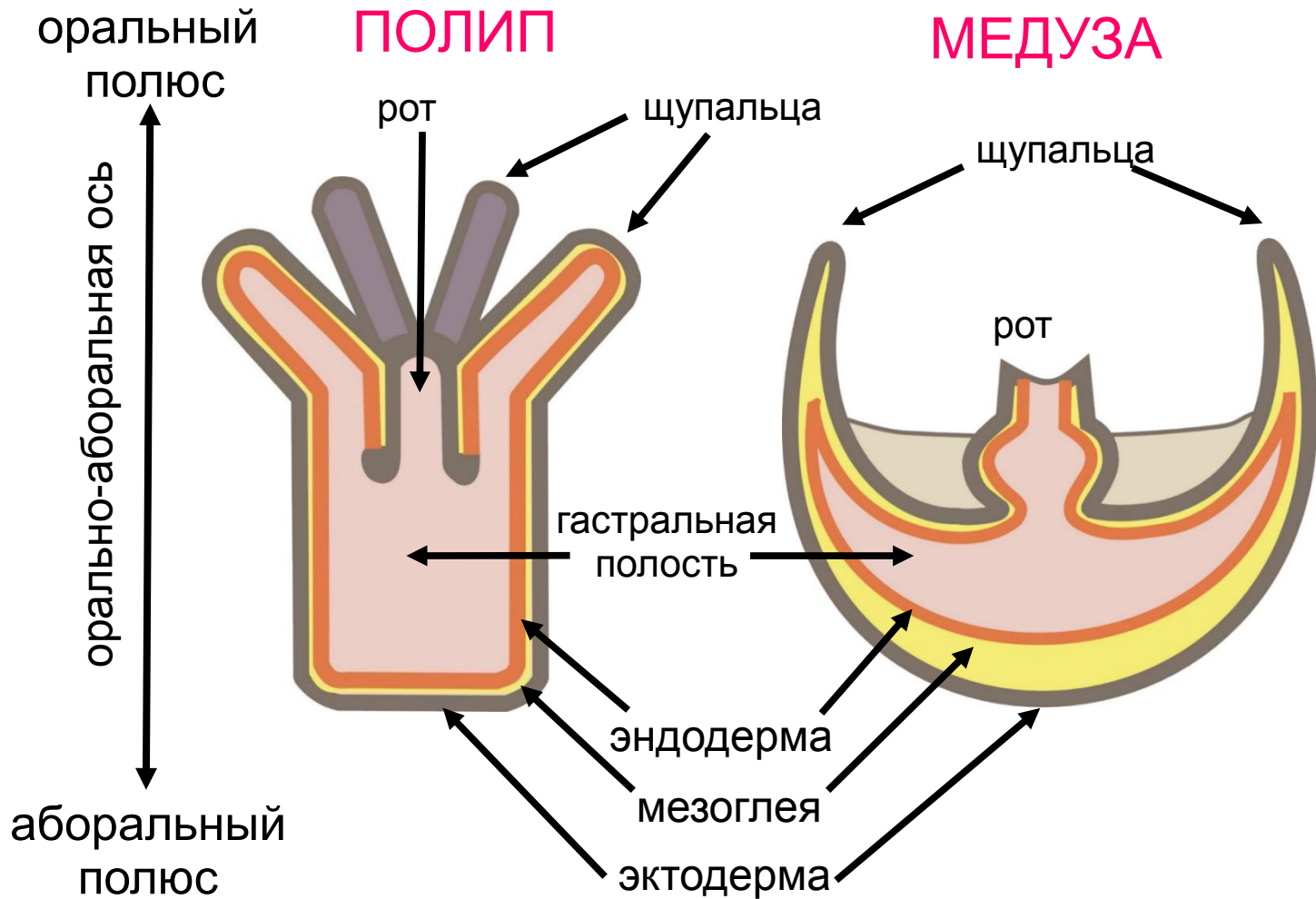


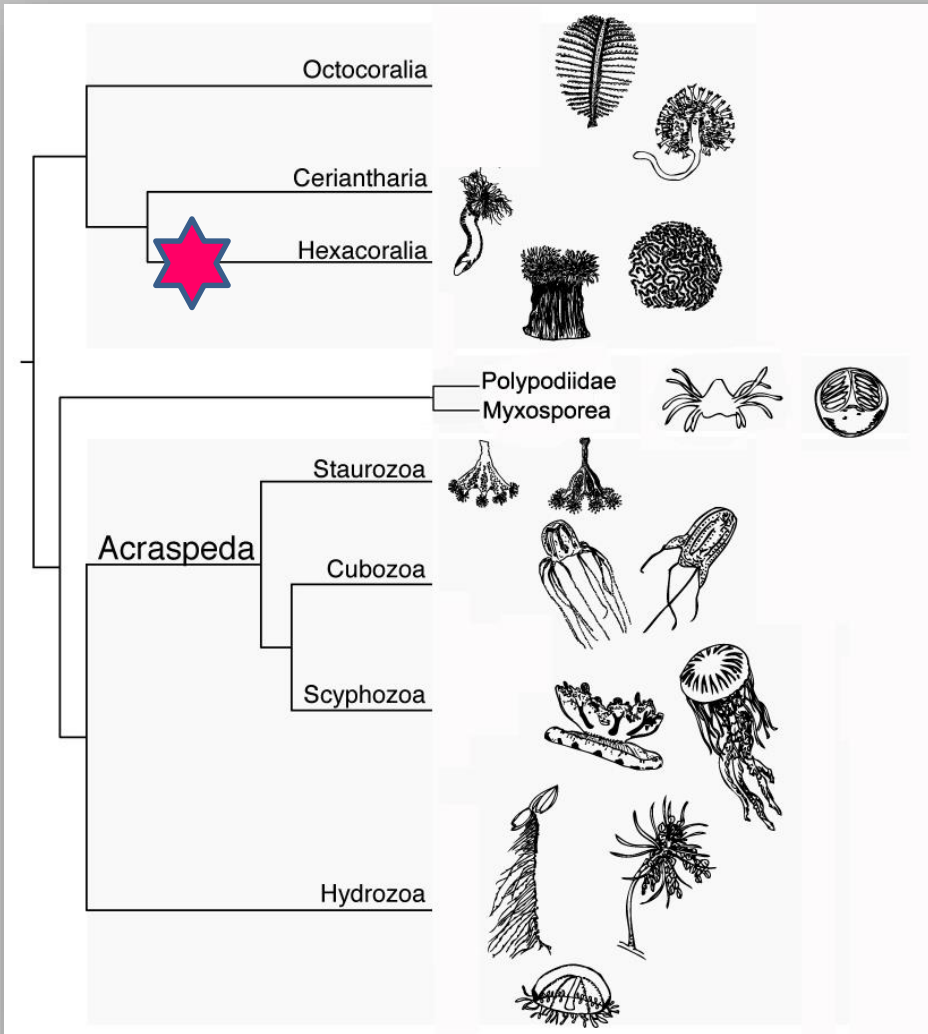
Hydrozoa



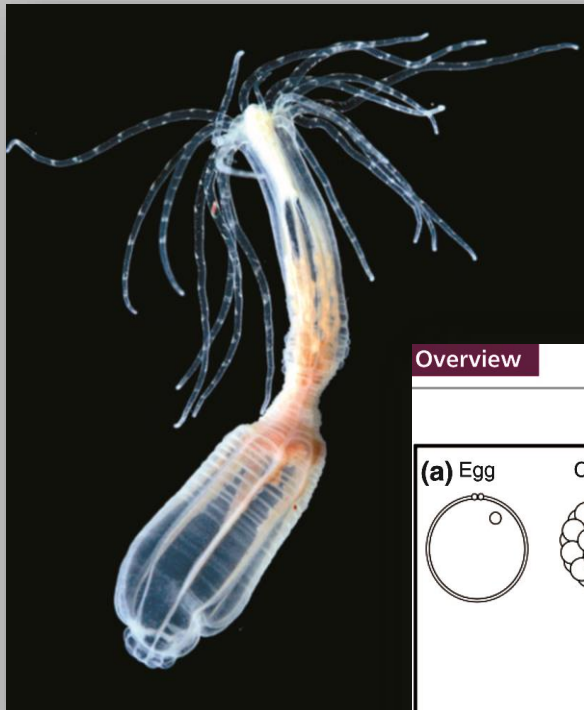
(Marques, Collins, 2004; Collins, 2006)

план строения полипа и медузы



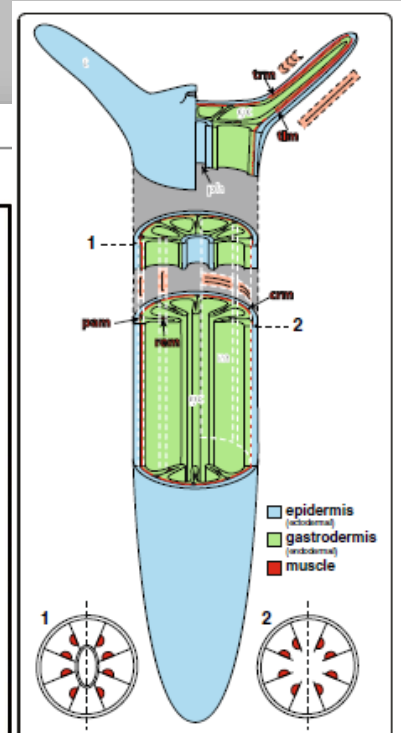
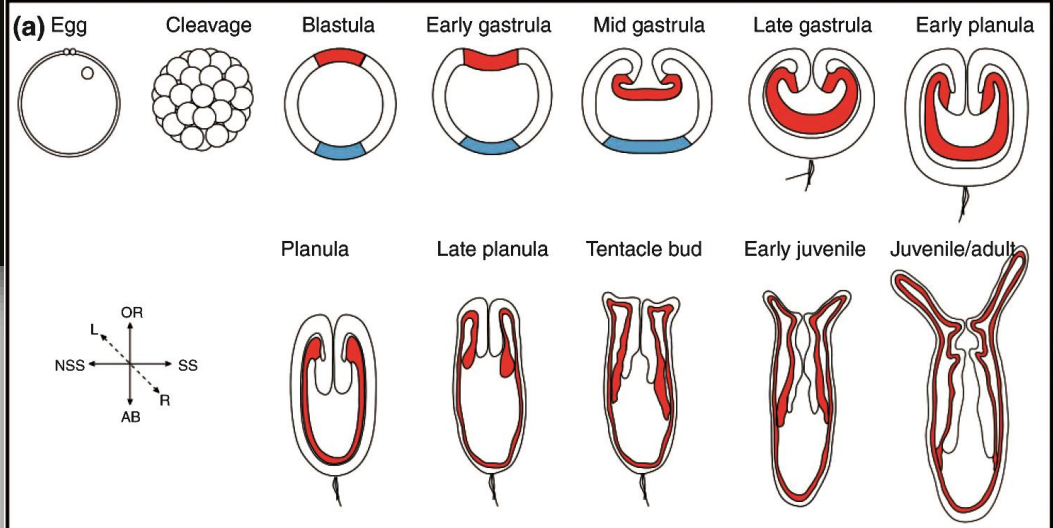


(Kayal et al., 2017)



# Развитие актинии *Nematostella vectensis*, формирование мезентериев.

## Overview



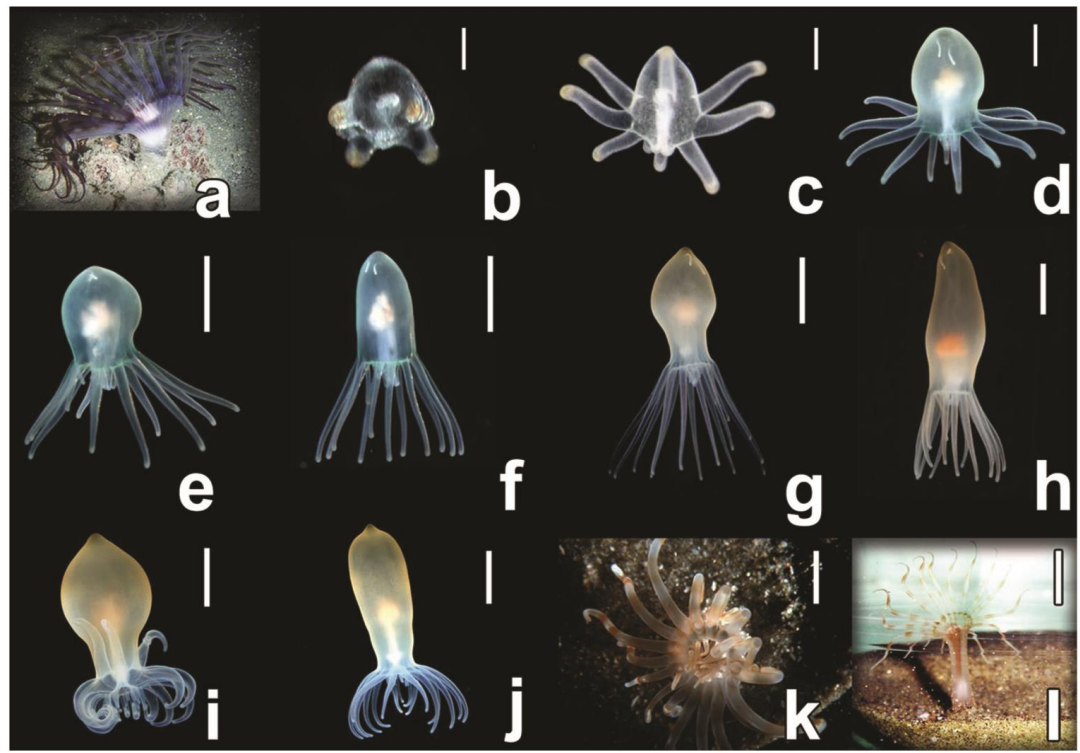
Layden et al.,  
WIREs Dev Biol  
2016, 5:408–428.



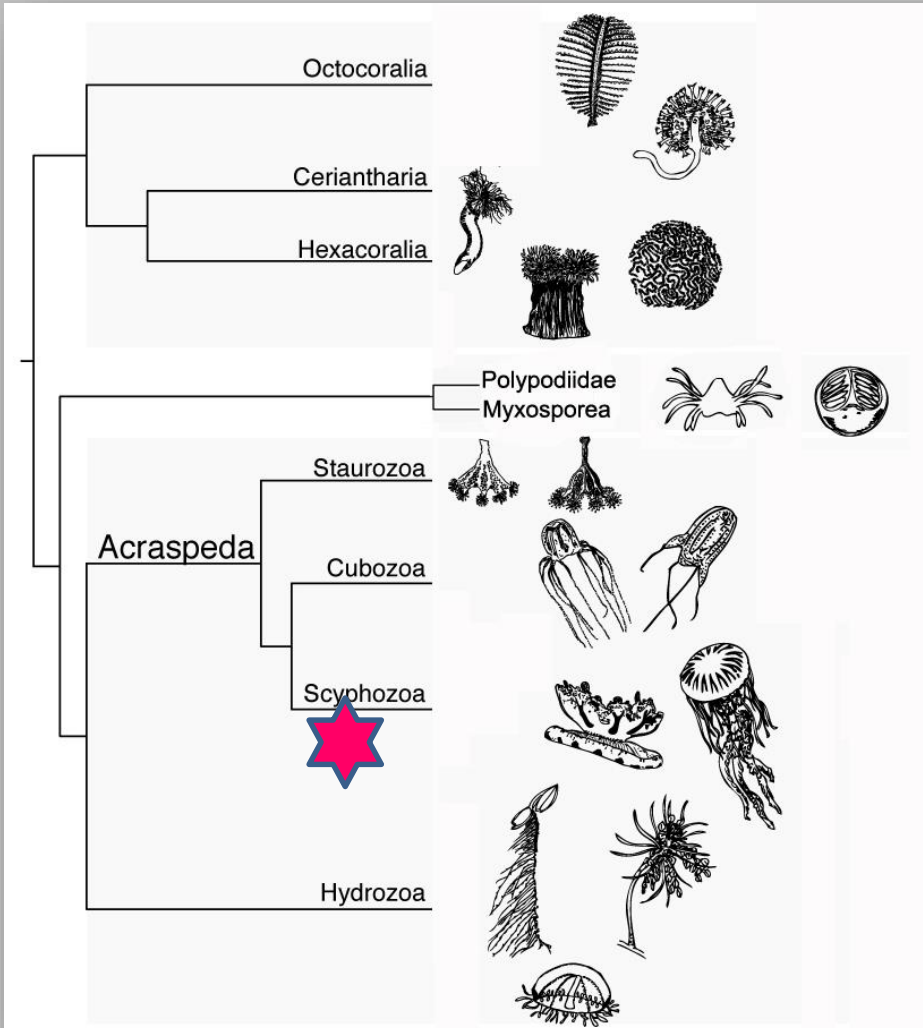
## Drifting in the oceans: *Isarachnanthus nocturnus* (Cnidaria, Ceriantharia, Arachnactidae), an anthozoan with an extended planktonic stage

Sérgio N. Stampar<sup>1</sup> · André C. Morandin<sup>1</sup> · Fábio Lang da Silveira<sup>2</sup> · Alvaro E. Migo

**Fig. 1** Images of different stages of the life cycle of *Isarachnanthus nocturnus*, from São Sebastião Channel, southeastern Brazil. **a** Adult; **b** recently collected larva, probably a few hours old; **c** 2-day-old larva with 7 tentacles; **d** 18-day-old larva with visible acontioids in *M*-mesenteries; **e, g** larva between 20 and 30 days old with transparent stretching column and labial tentacles; **h** 40-day-old larva; **i** 50-day-old larva showing more-intense coloration; **j** 60-day-old larva with aboral pore; **k** 70-day-old individual already metamorphosed; **l** 100-day-old individual extending out of the sand. **a** no scale; **b** 0.3 mm; **c** 0.5 mm; **d** 1 mm; **e** 4 mm; **f** 5 mm; **g, h** 6.5 mm; **i** 8 mm; **j** 8 mm; **k** 10 mm and **l** 15 mm



## Пелагическая личинка Anthozoa



(Kayal et al., 2017)

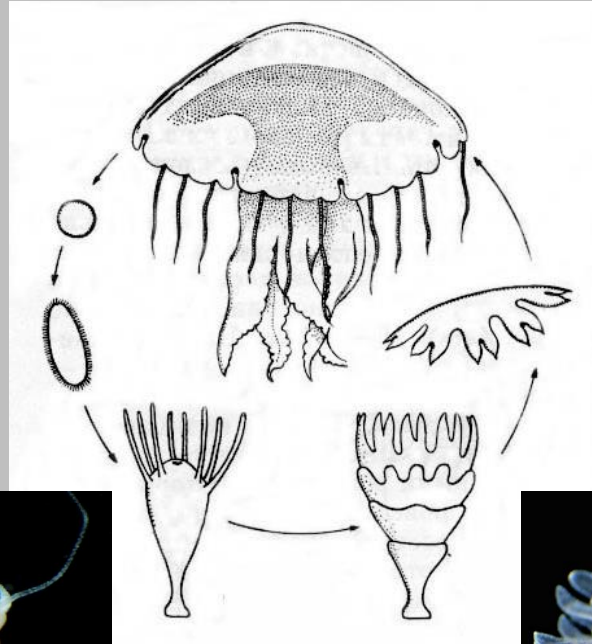
# Жизненный цикл Scyphozoa (сцифоидных).

У сцифоидов полип разделяется на диски, из которых формируются эфиры, а из эфир развиваются взрослые половозрелые медузы.

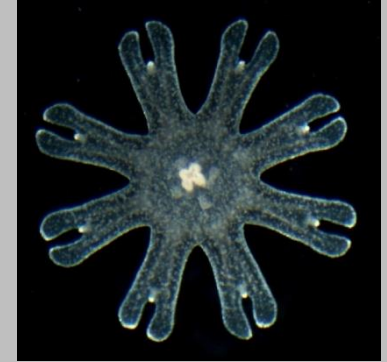
полип



медуза



эфира



процесс  
стробилиляции



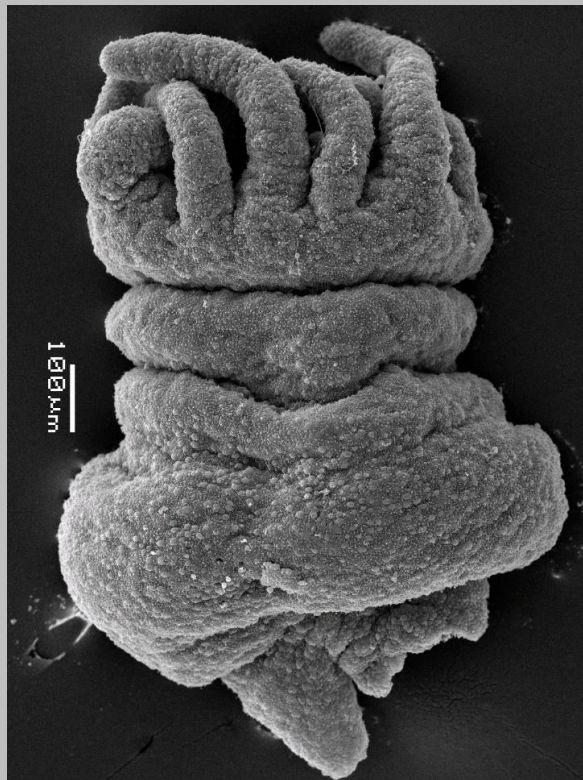
*Aurelia aurita*



by Alexandr Semyonov

## Стробиляция *Aurelia aurita*.

начало стробиляции



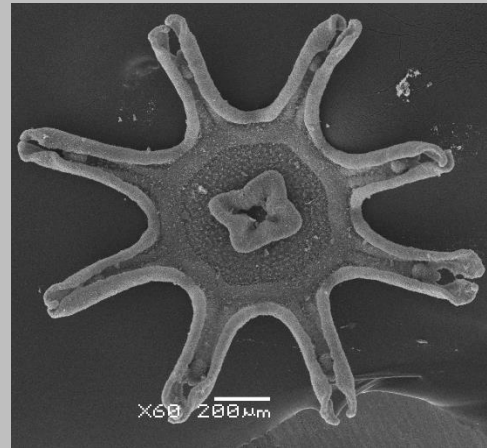
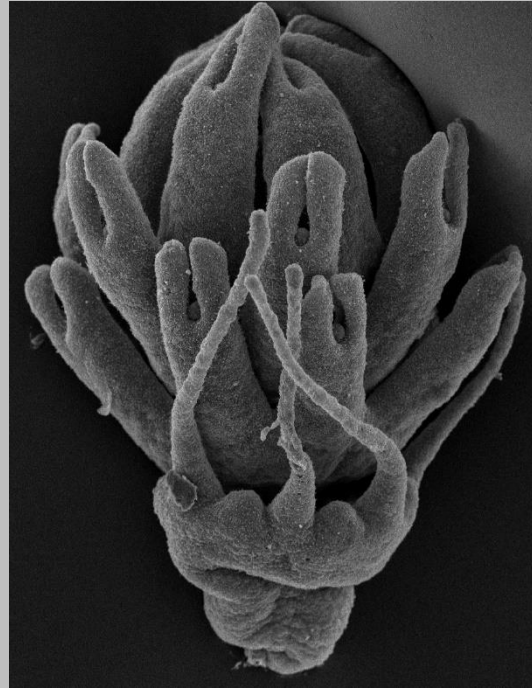
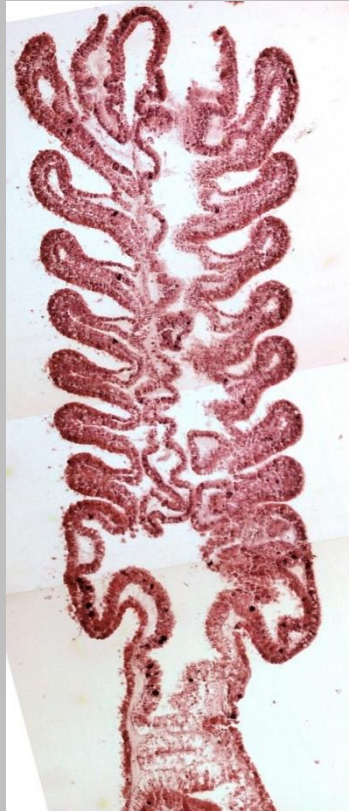
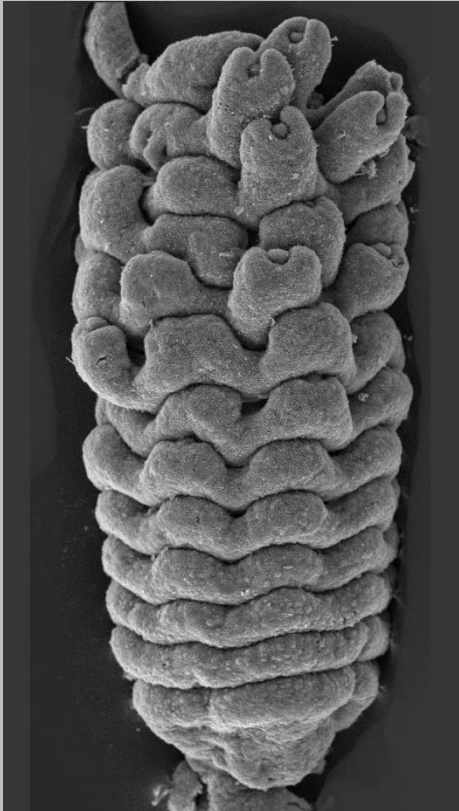
поздняя стадия  
стробиляции



ПОЛИП



Последовательные стадии стробилияции и формирования эферы.





*Pelagia noctiluca*

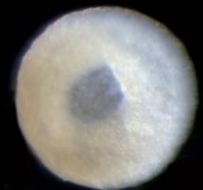
<http://carnivoraforum.com>

## Эволюция жизненного цикла

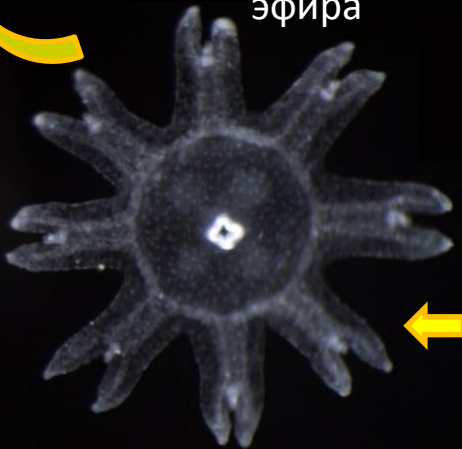
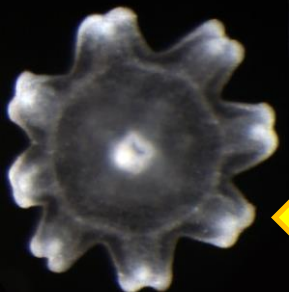
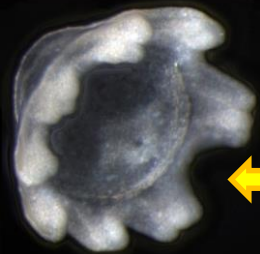


эмбрион

личинка-планула



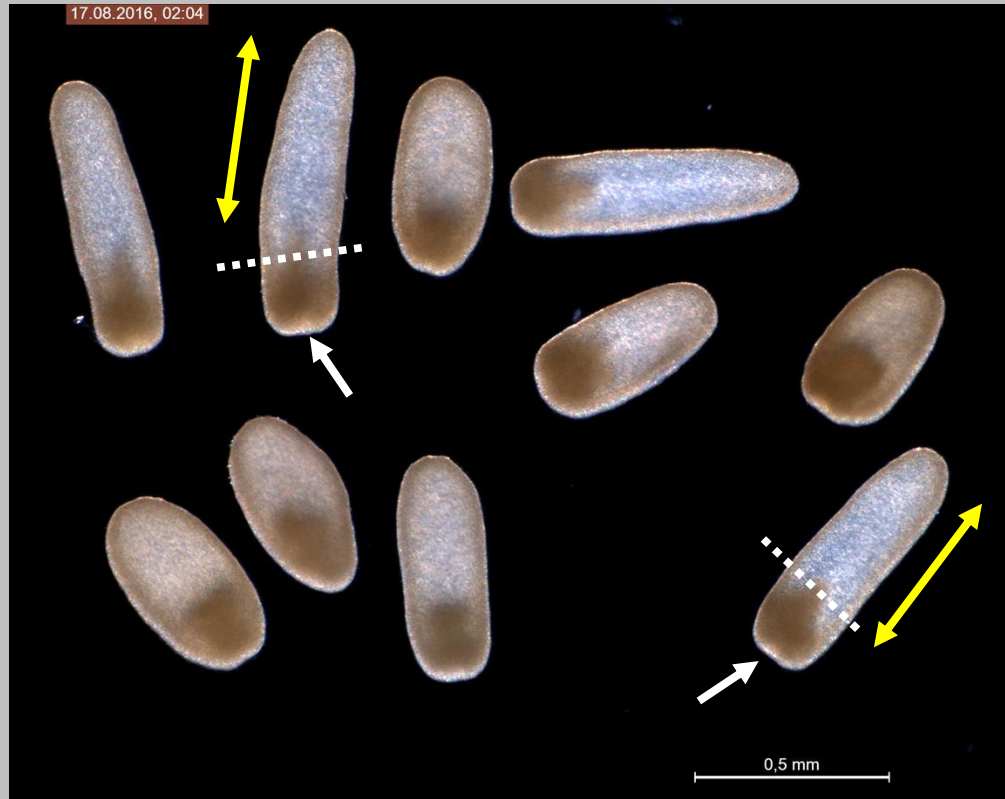
метаморфоз



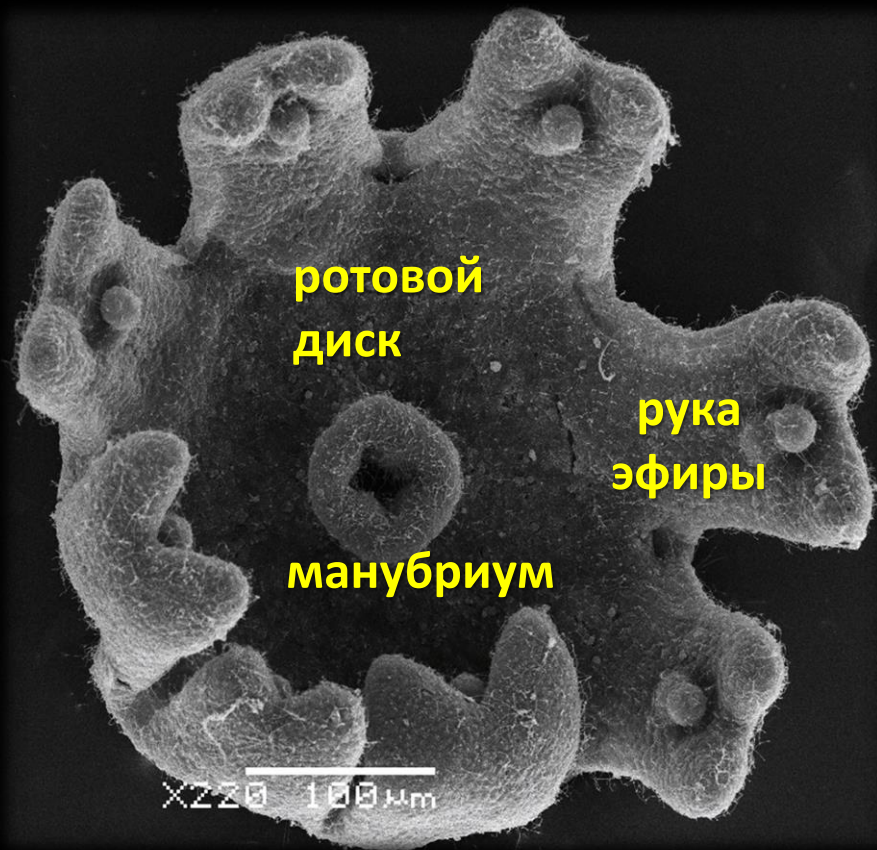
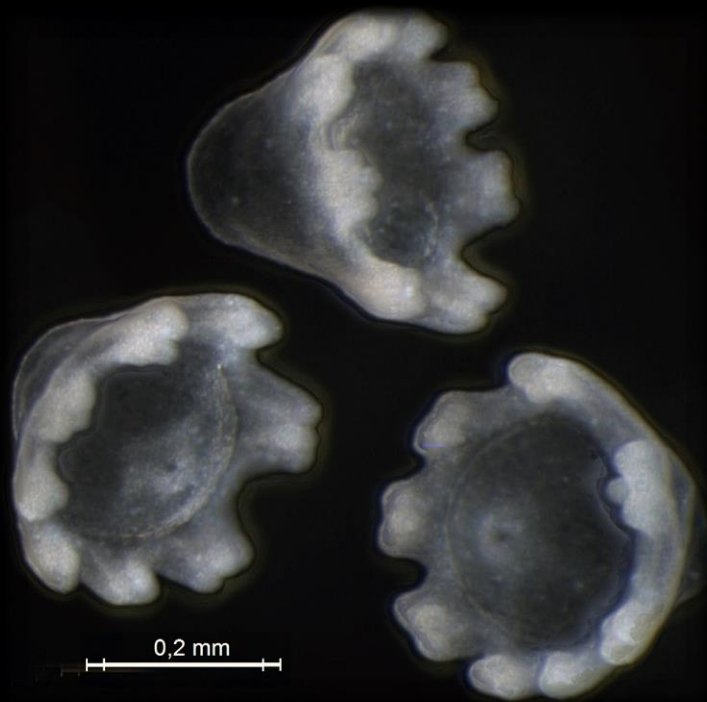
эфира



# Личинка - планула *Pelagia*

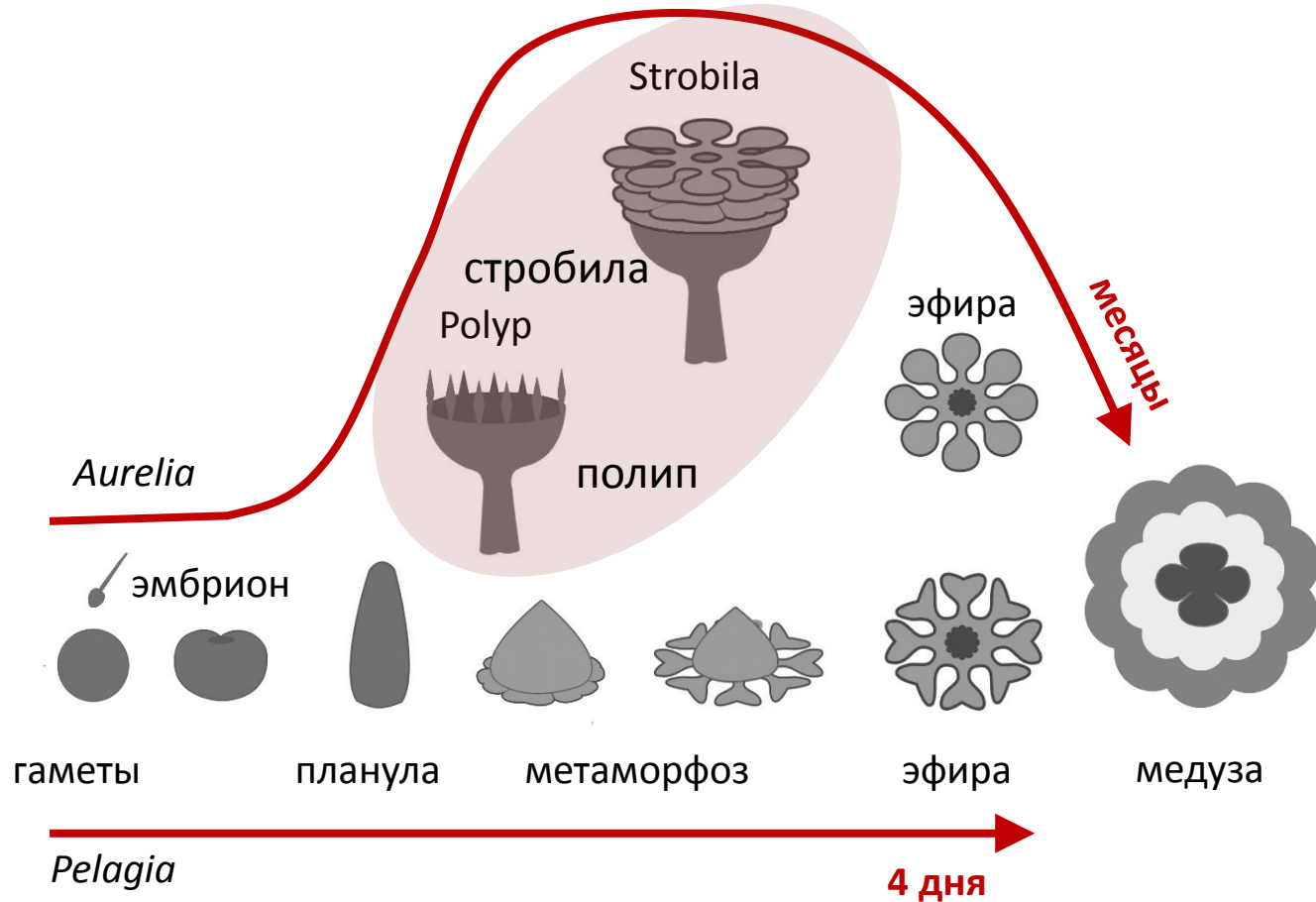


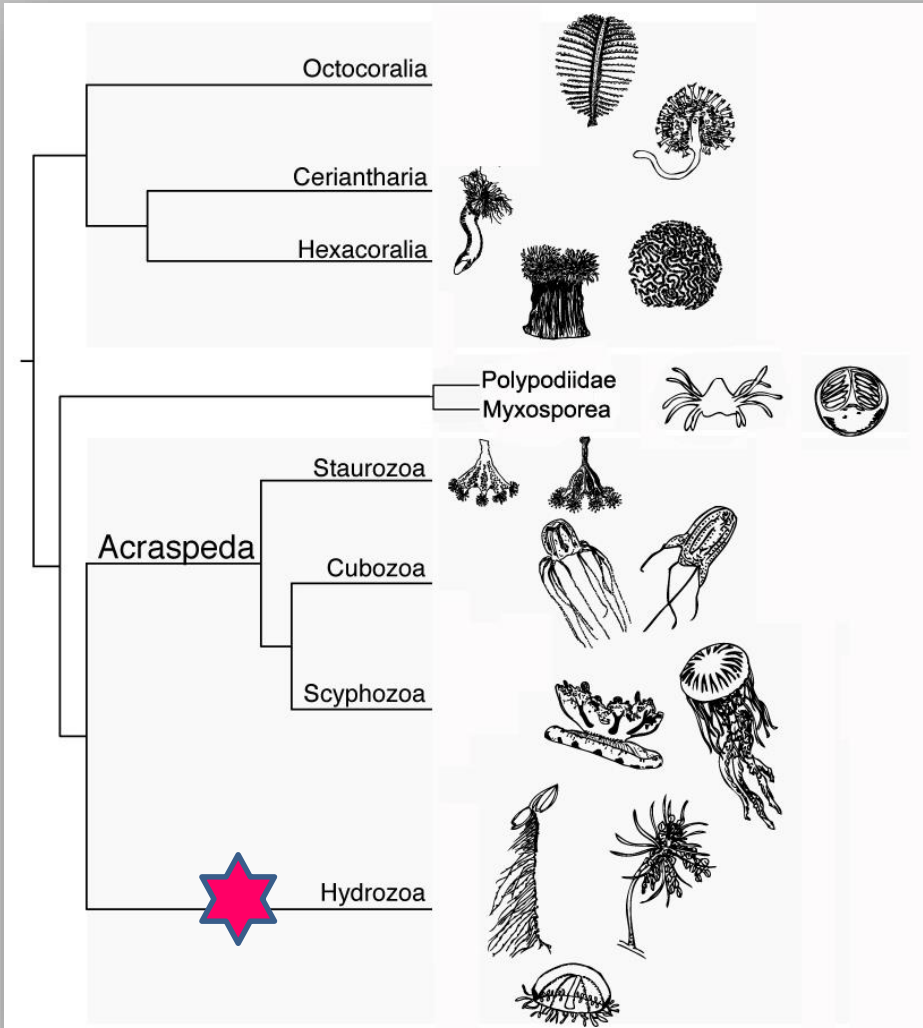
ранняя эфира *Pelagia*



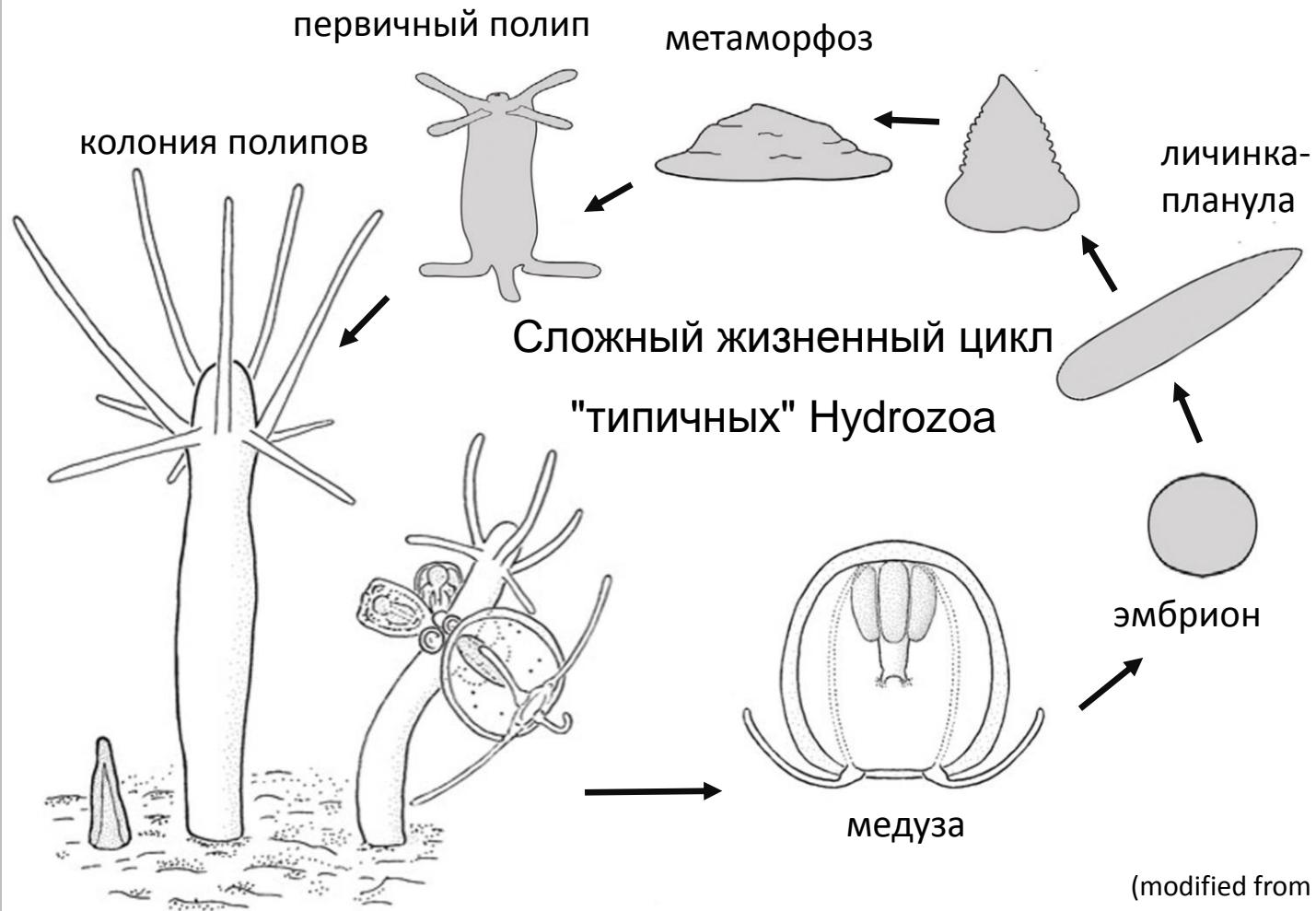


# Эволюция жизненного цикла Scyphozoa.



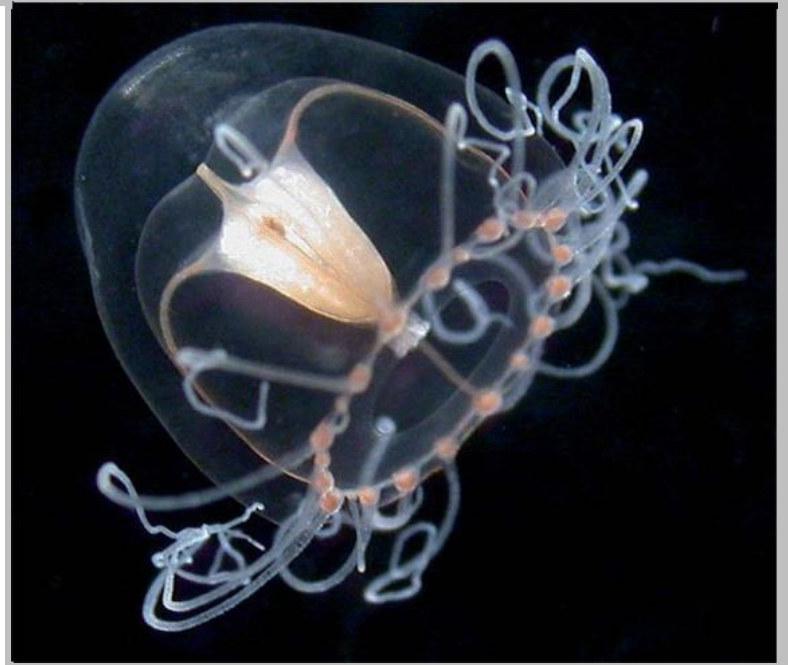
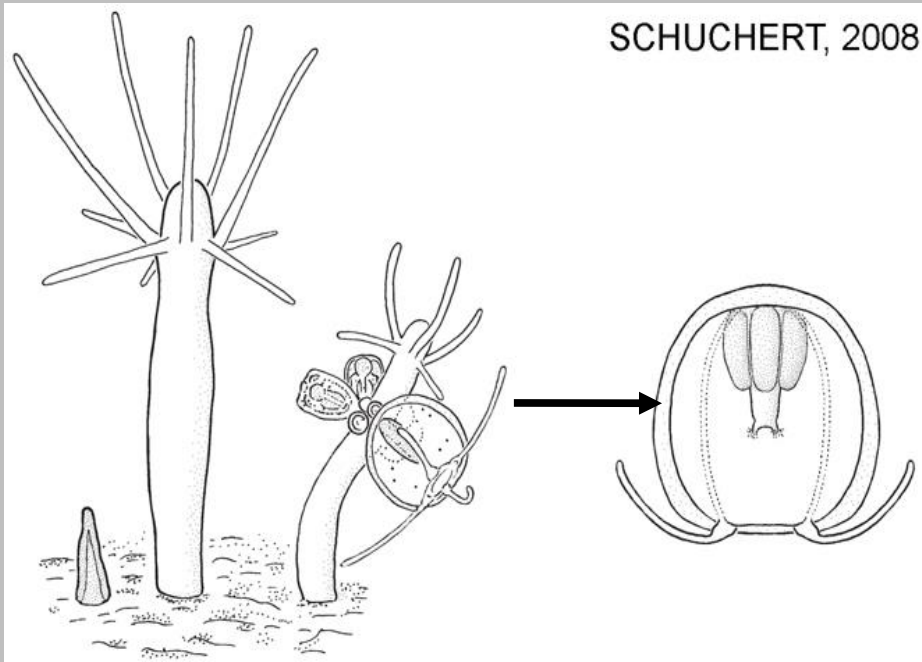


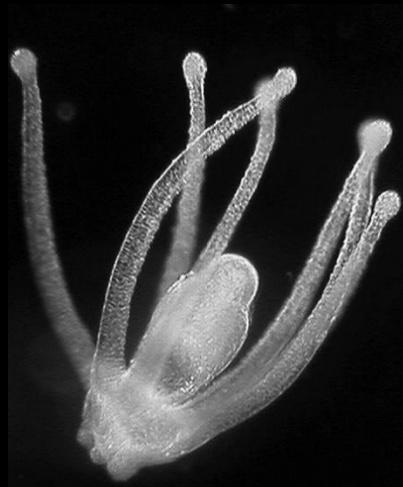
(Kayal et al., 2017)



(modified from Schuhert, 2008)

# Формирование медузы из тканей полипа, латеральное почкование.



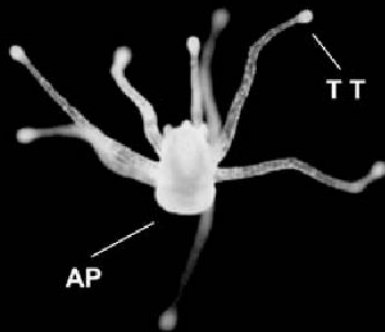
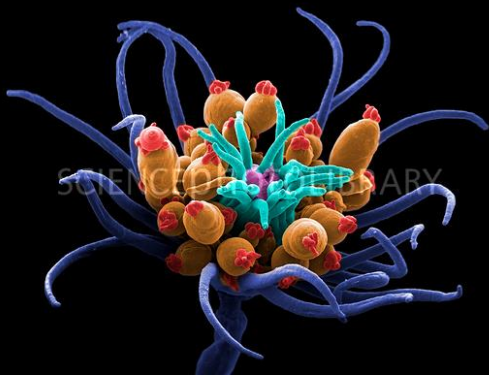


raven.zoology.washington.edu

A

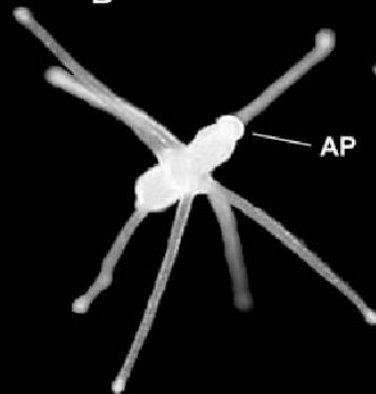
Переход к прямому развитию

ЛИЧИНКИ -  
актинилы  
гидроида  
*Ectopleura*

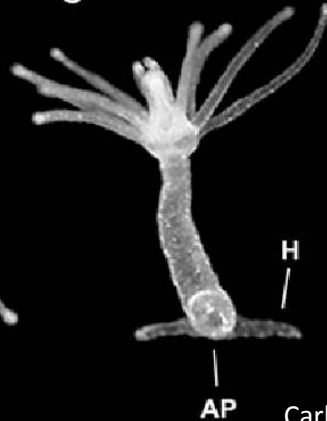


500  $\mu$ m

B

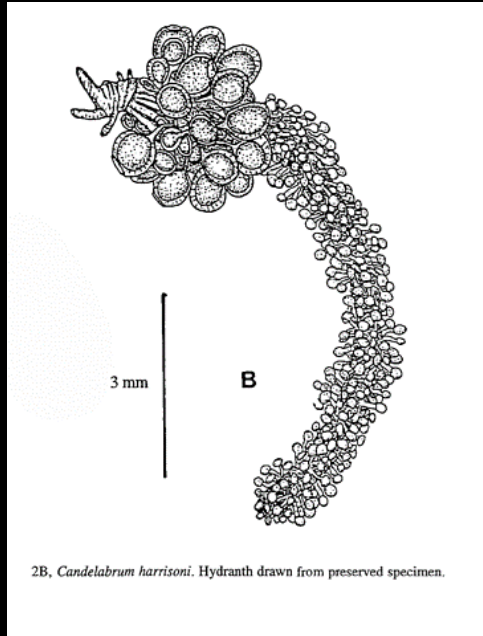


C

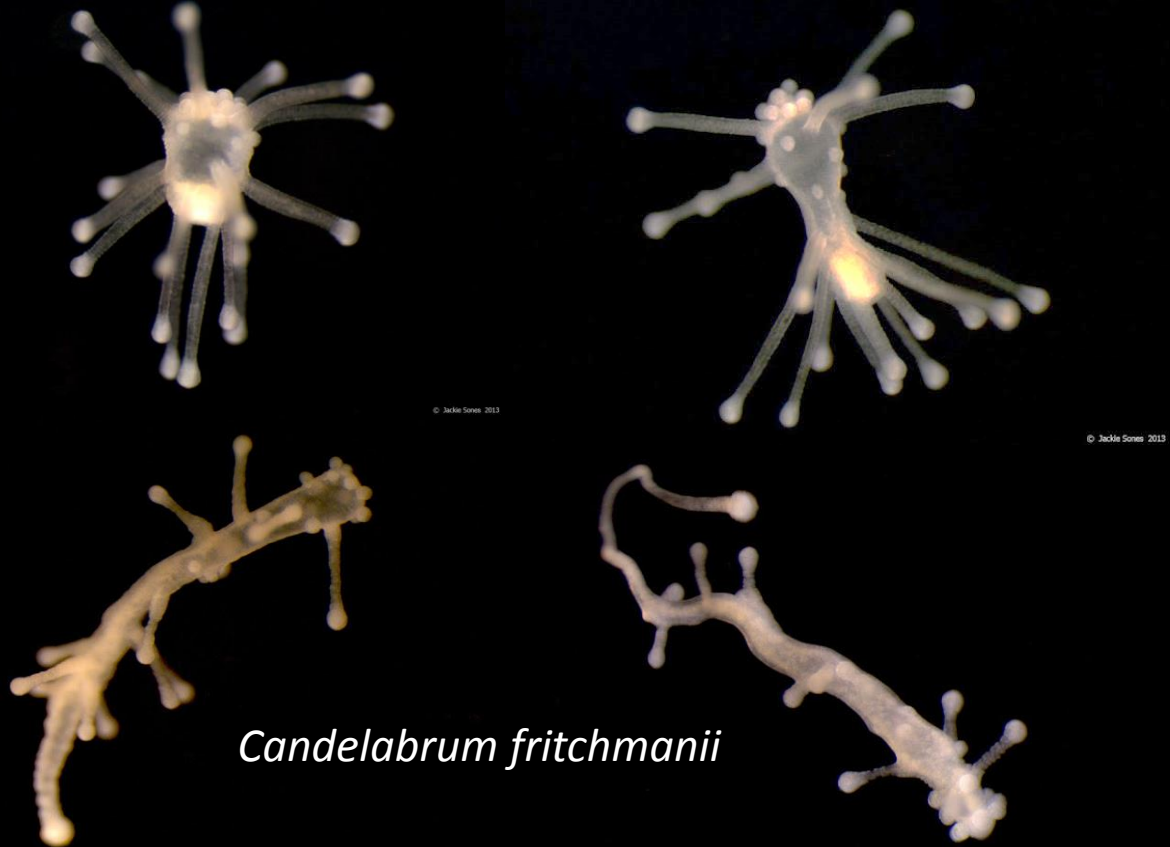


Carl 2008

# Личинки гидроидов рода *Candelabrum*



Переход к прямому развитию

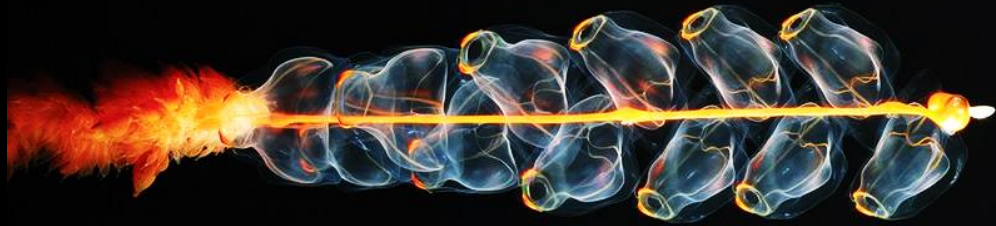


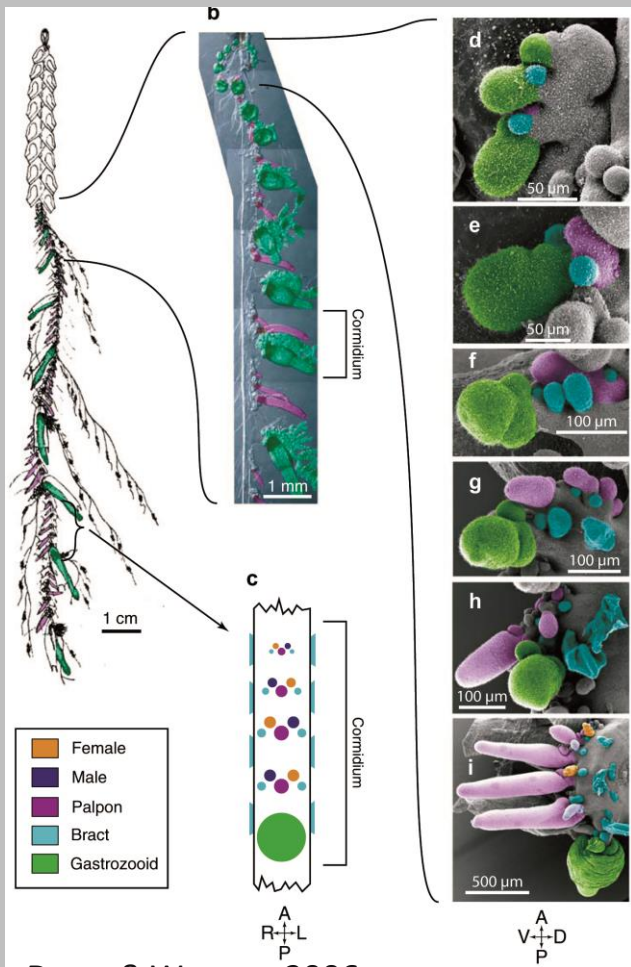
*Candelabrum fritchmanii*

## Голопелагический жизненный цикл

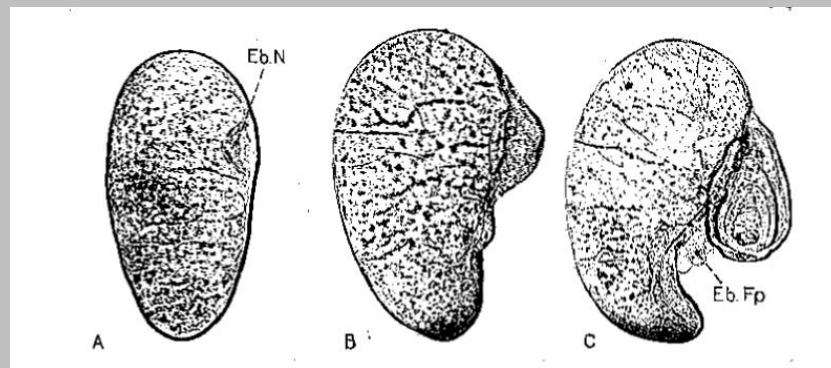


*Siphonophora* (сифонофоры) - сложные колонии, состоящие из зоидов-полипов и зооидов - медуз.





Dunn & Wagner, 2006



C. and D. Carré pp. 523-596 in P.-P. Grassé (Ed), 1993 *Traité de Zoologies: Anatomie, Systematique, Biologie* 3(2)

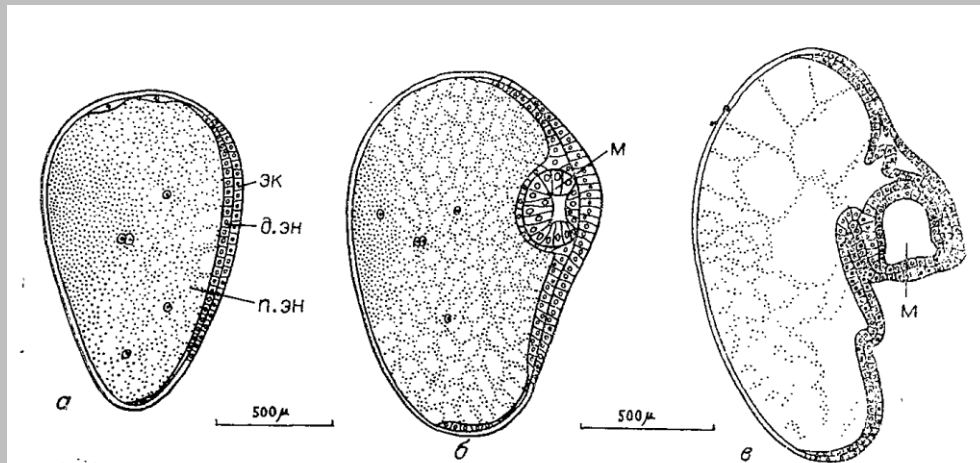
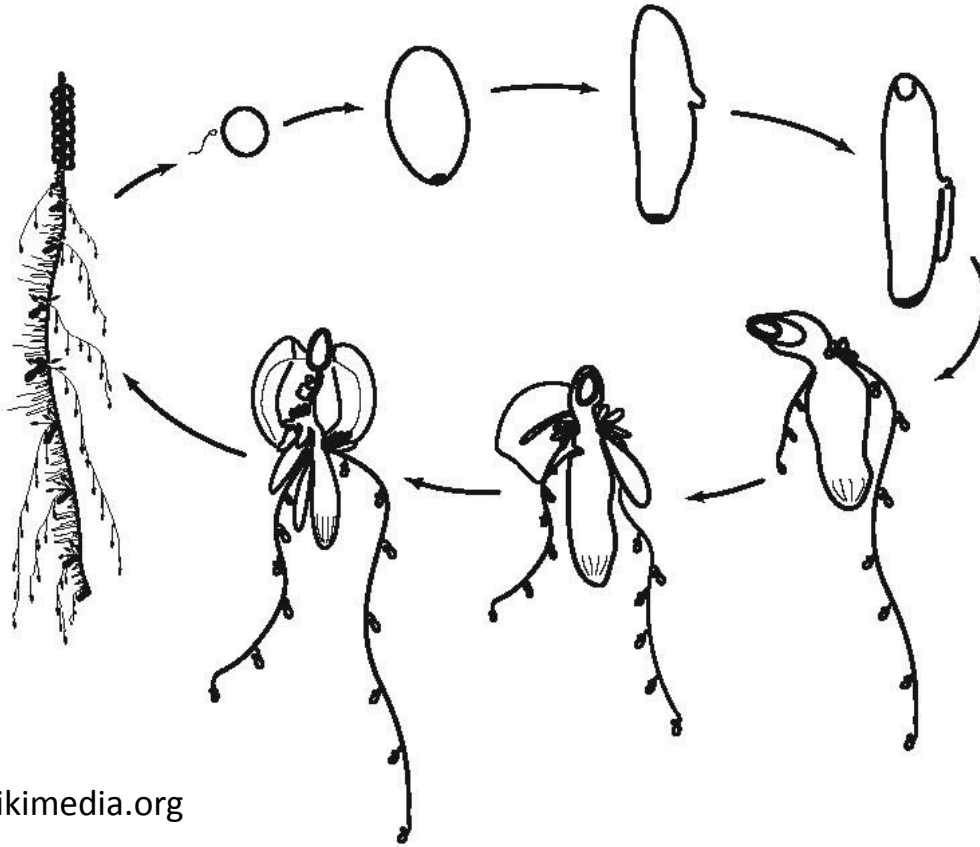


Рис. 85. Развитие *Lensia* (по Carré, 1967).

а — паренхимула; б — закладка нектофора; е — каликонула. м — медузоидный узелок; д. эн — definitiva энтодерма, п. эн — провизорная энтодерма; эк — энтодерма.



# Жизненный цикл *Nanotia*

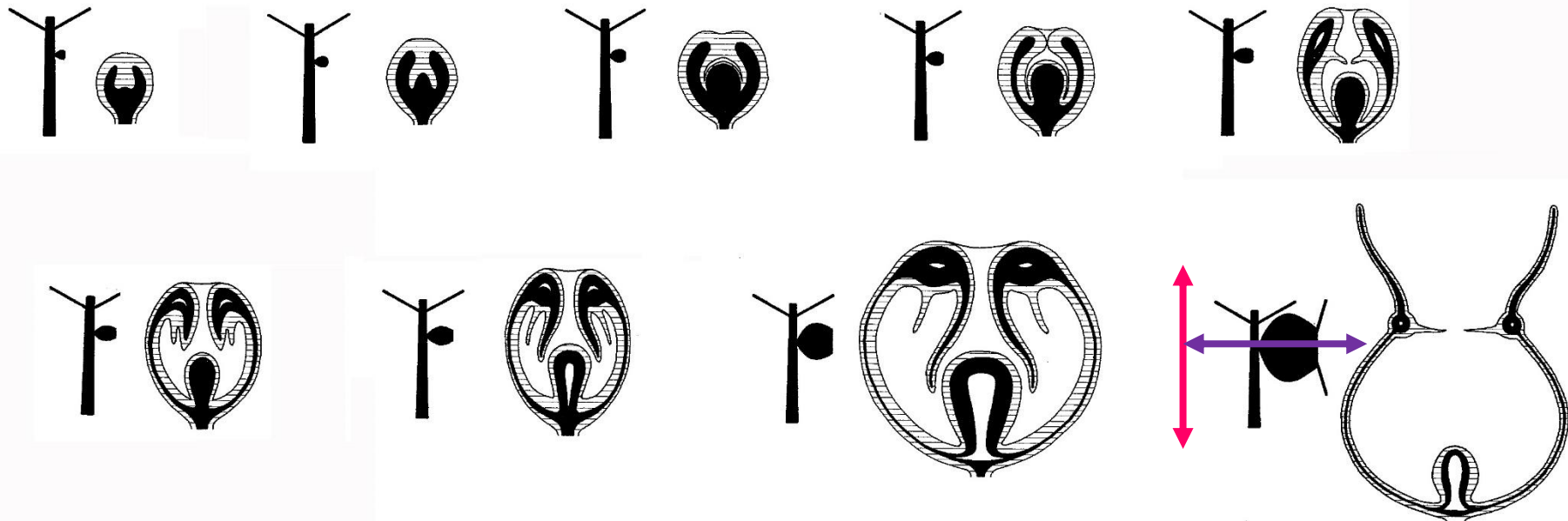


wikimedia.org

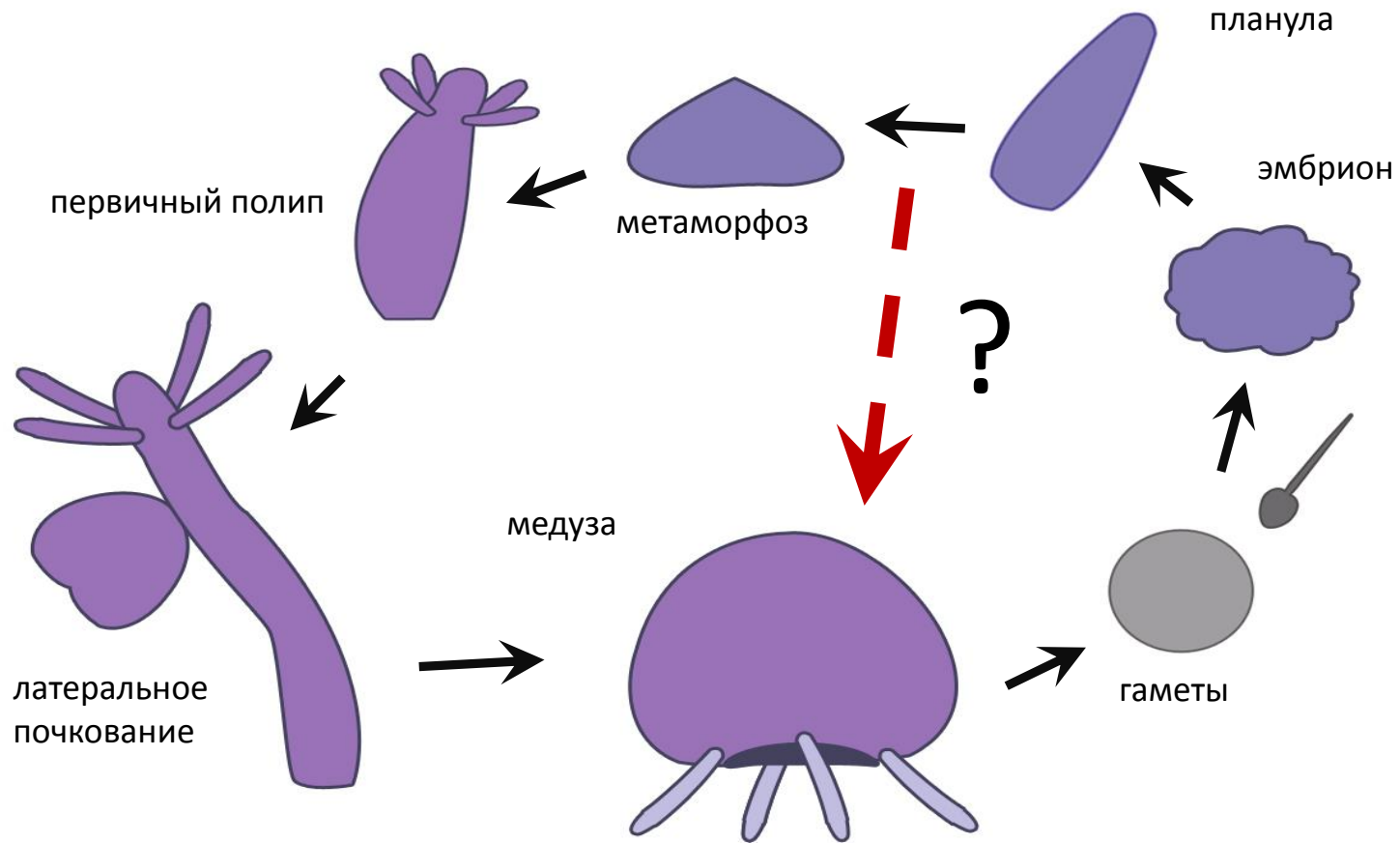


Sherloc, Robison, 2000

# Формирование медузы из тканей полипа у Hydrozoa



(Frey, 1968)

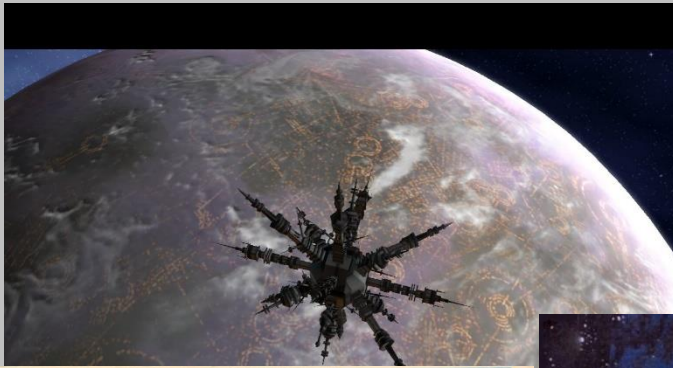




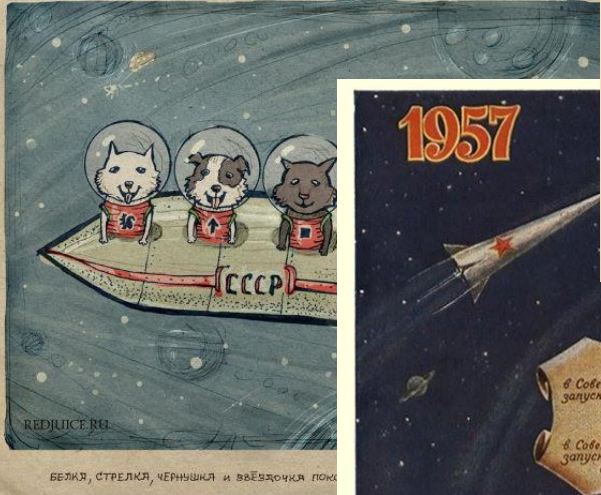
АИСТЕР ЛАР



С Новым годом!

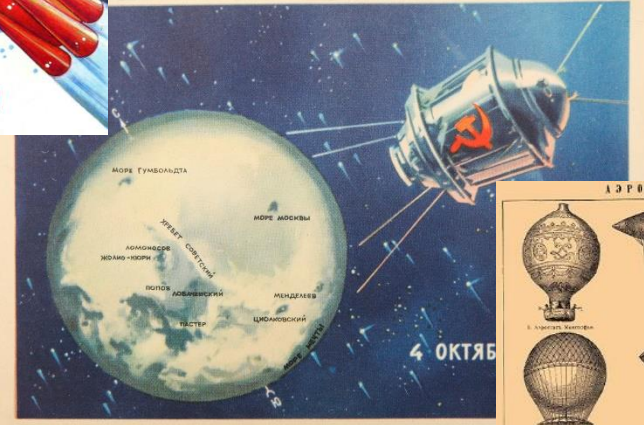


С Новым годом!  
moscowwalks.ru



REDUCE REU

БЕЛКА, СТРЕЛКА, ЧЕРНУШКА И ЗВЕЗДОЧКА ПОКА



4 ОКТЯБ

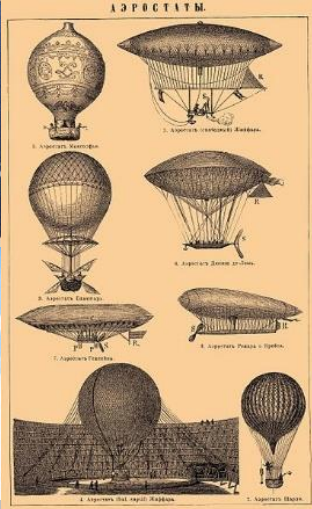


1957

4 октября в Советском Союзе произведен запуск ПЕРВОГО искусственного спутника ЗЕМЛИ  
3 ноября в Советском Союзе произведен запуск ВТОРОГО искусственного спутника ЗЕМЛИ

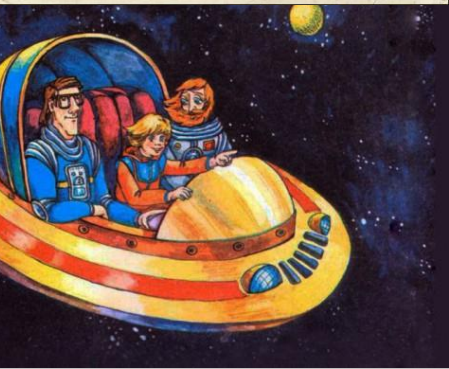


Ретро  
retropost.ru



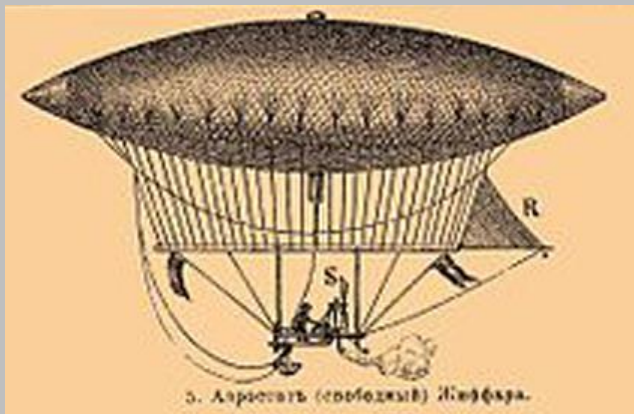
АЭРОСТАТЫ

- 1. Коперник, Коперник
- 2. Коперник, Коперник
- 3. Коперник, Коперник
- 4. Коперник, Коперник
- 5. Коперник, Коперник
- 6. Коперник, Коперник
- 7. Коперник, Коперник
- 8. Коперник, Коперник
- 9. Коперник, Коперник
- 10. Коперник, Коперник



ПИОНЕР  
КОСМИЧЕСКОЙ  
ЭРЫ

аэростат



ракета

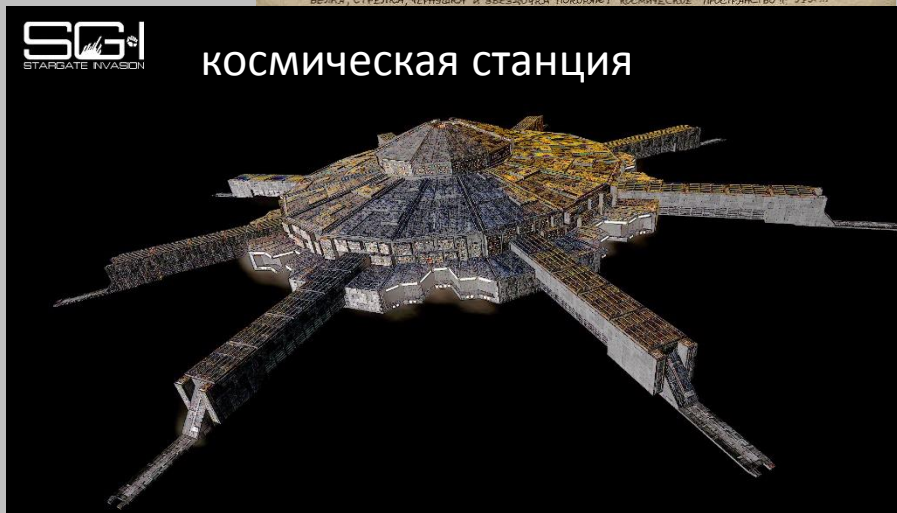


спутни  
к



SGI  
STAR GATE INVASON

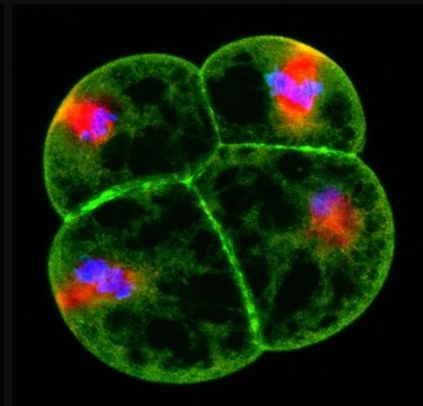
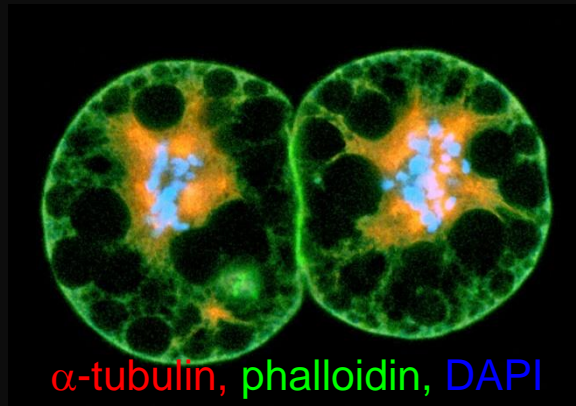
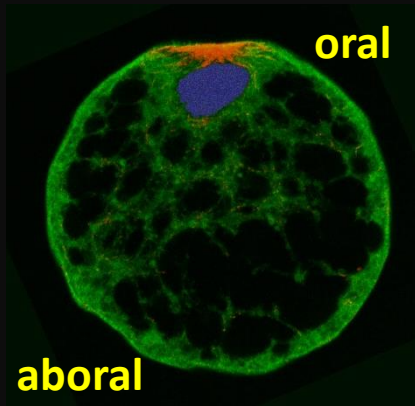
КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ



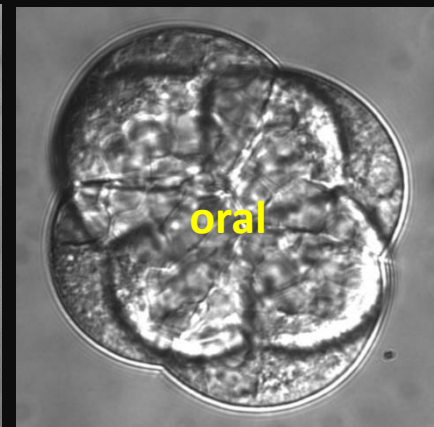
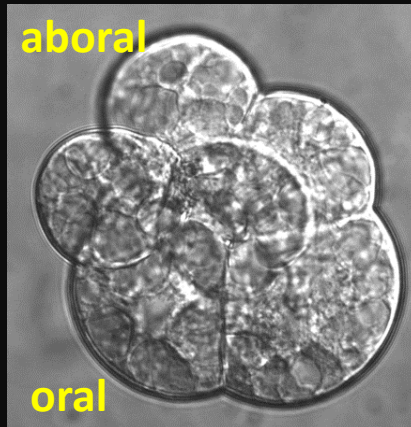
# Беломорская медуза *Aglantha digitale*



# Дробление яйцеклетки, формирование эмбриона.

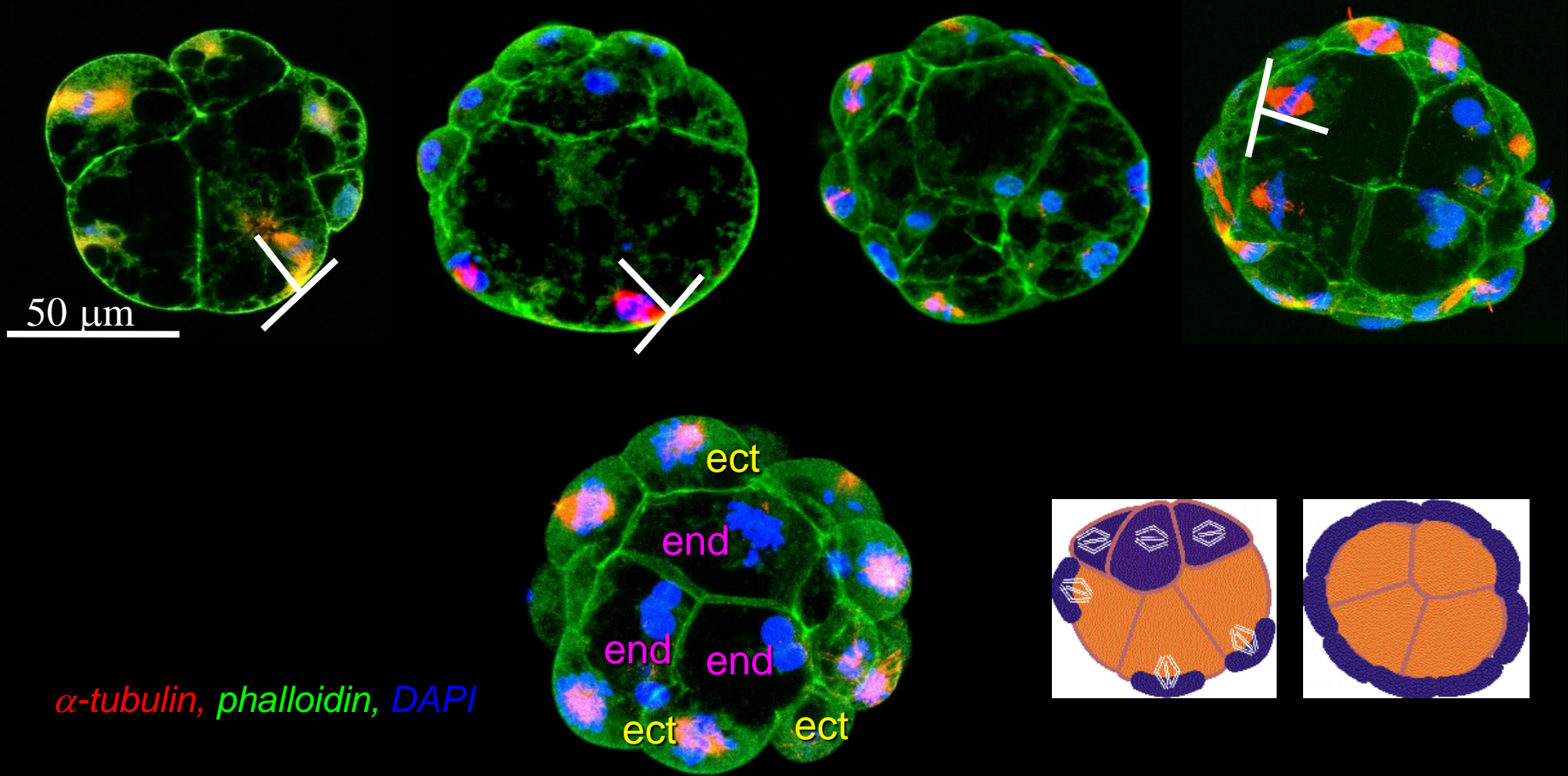


*Aglantha* выбрасывает яйцеклетки и сперму в воду, где и происходит развитие эмбриона.



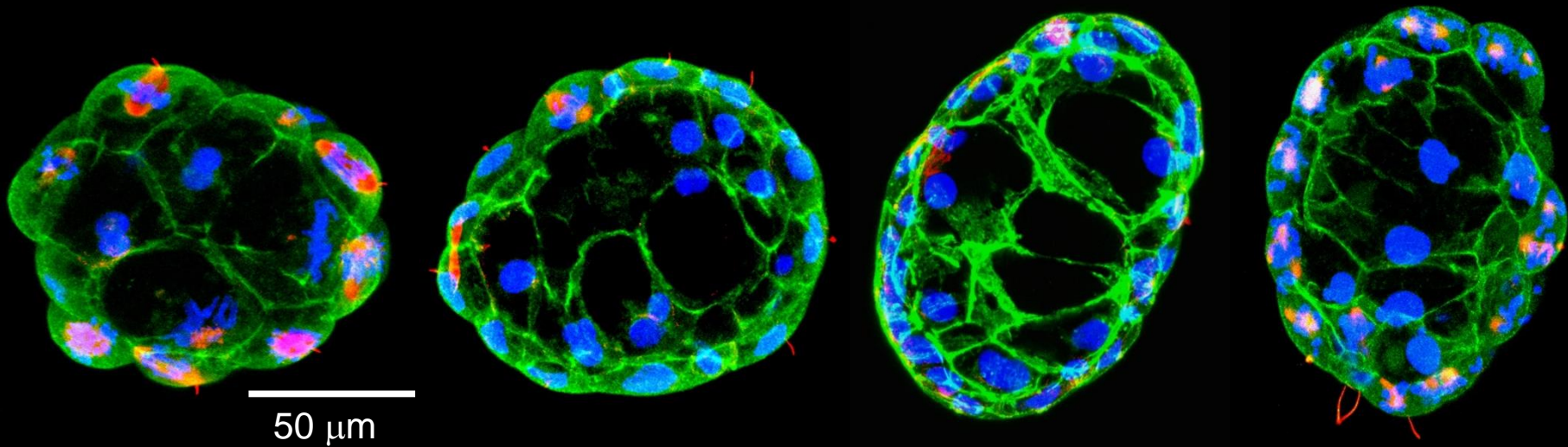
50  $\mu$ m

# Формирование зародышевых листков - эктодермы и энтодермы.

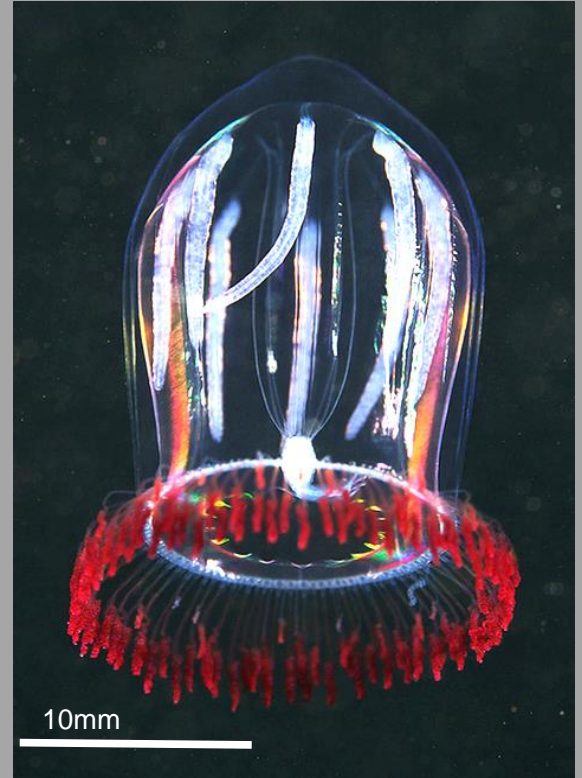


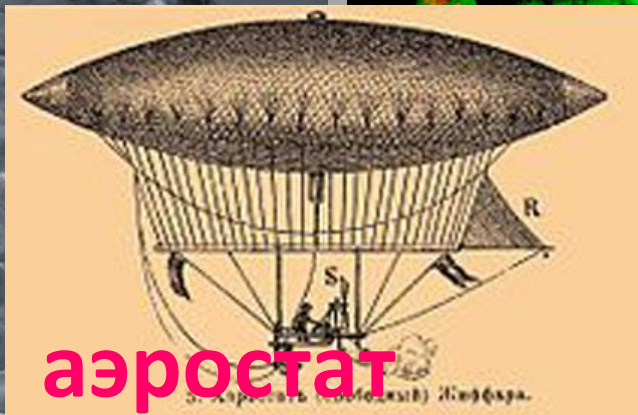
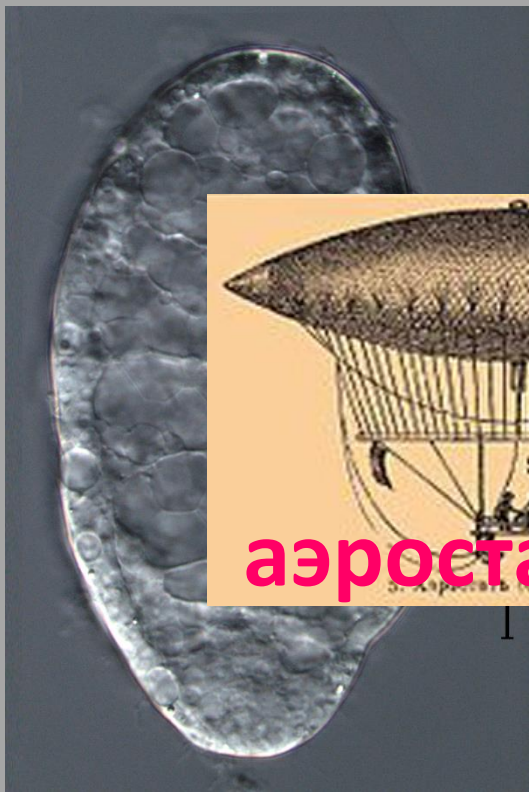


# Формирование личинки - планулы.



Как из такой личинки сделать медузу????



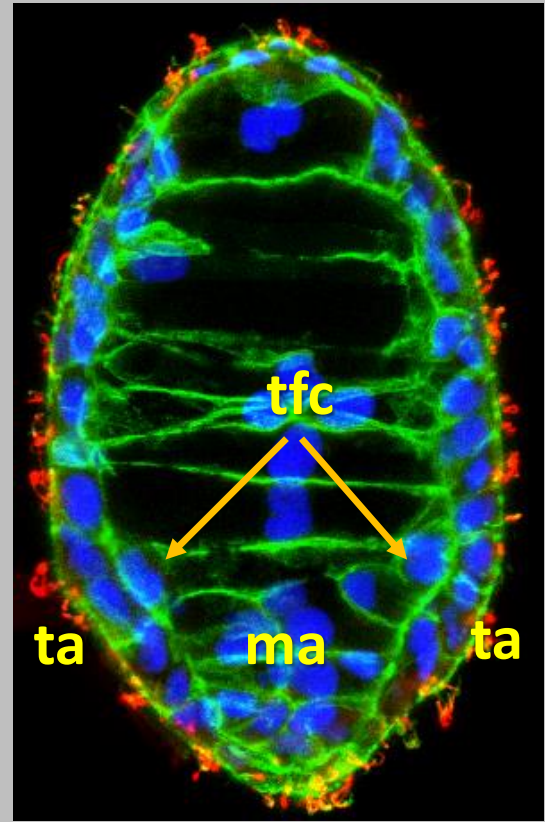
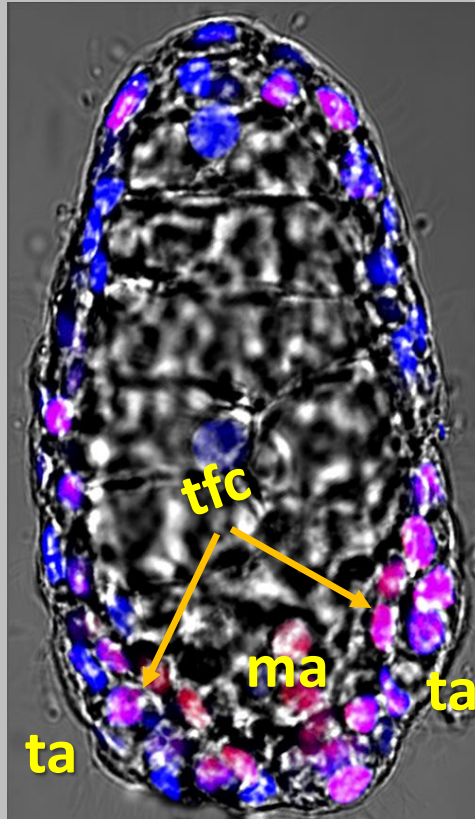
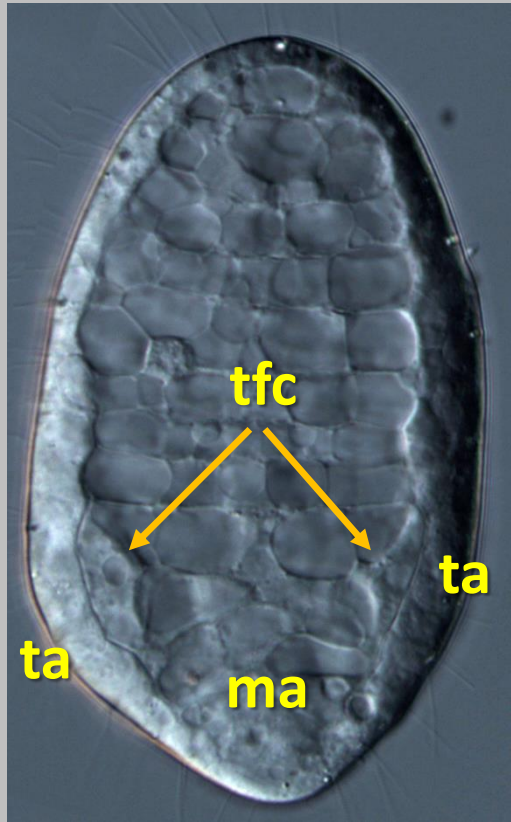


аэростат



10mm

# Трансформация планулы в «личинку - ракету».



*EdU labeling, 1h of incubation*

ma - манубриум, ta - щупальца, tfc - клетки - основатели щупалец

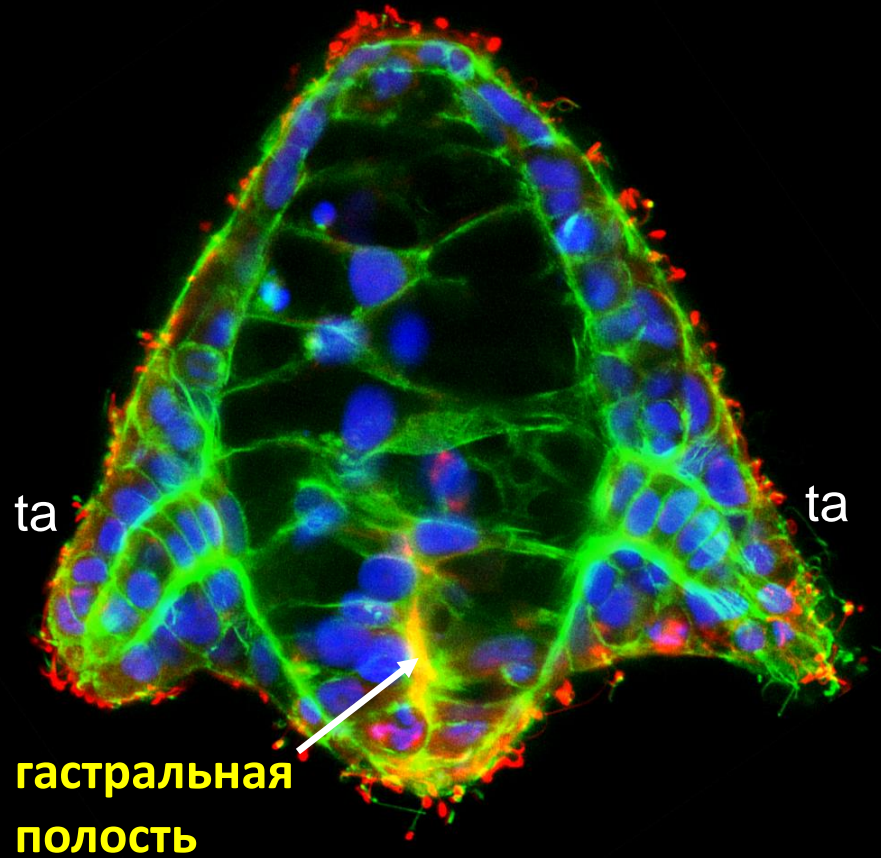
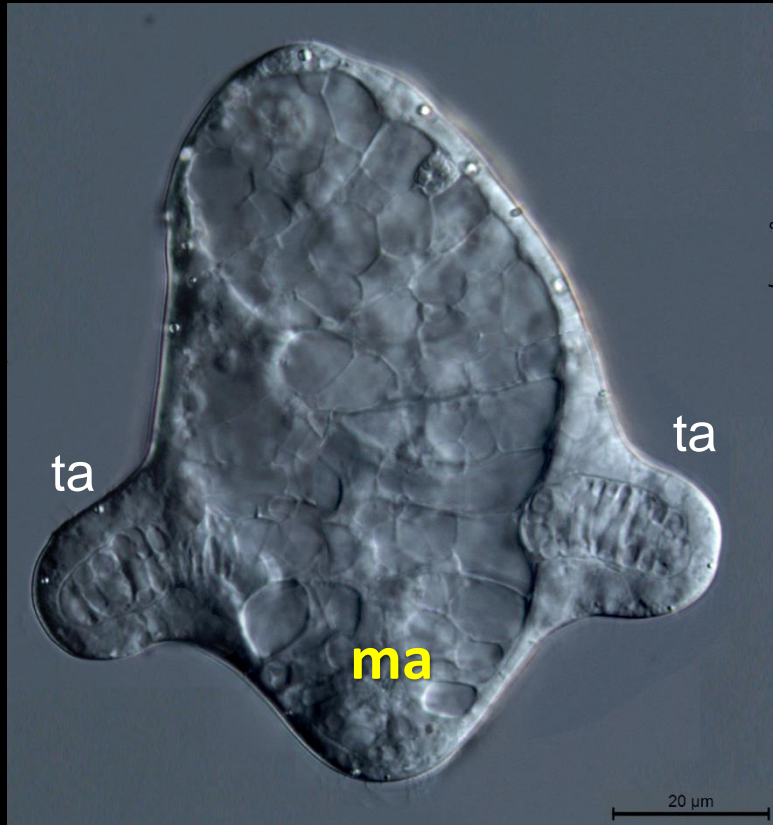
# Трансформация планулы в «личинку - ракету».



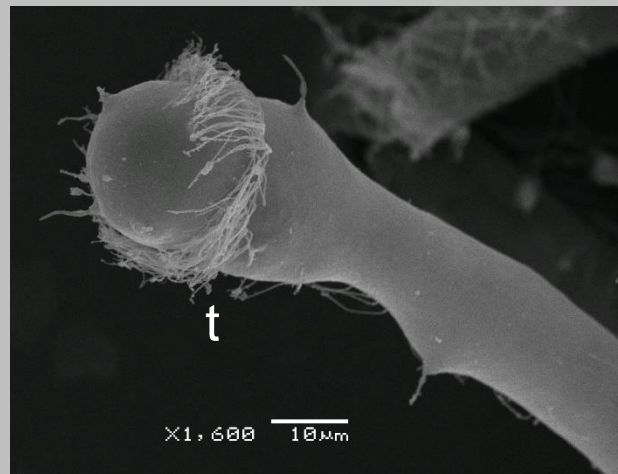
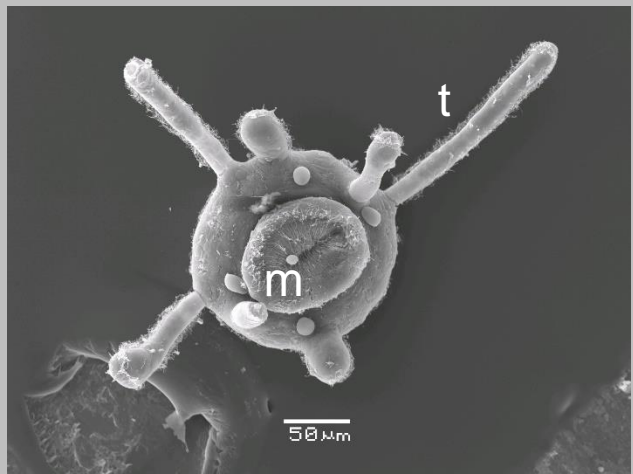
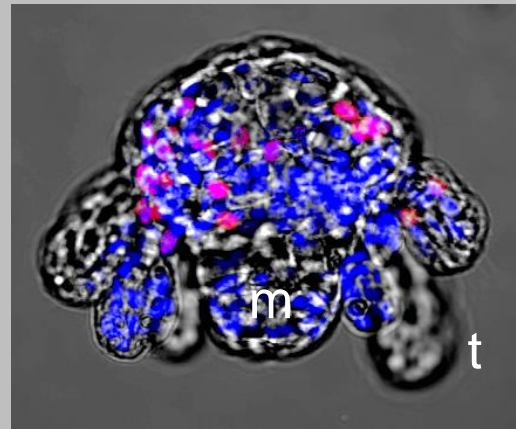
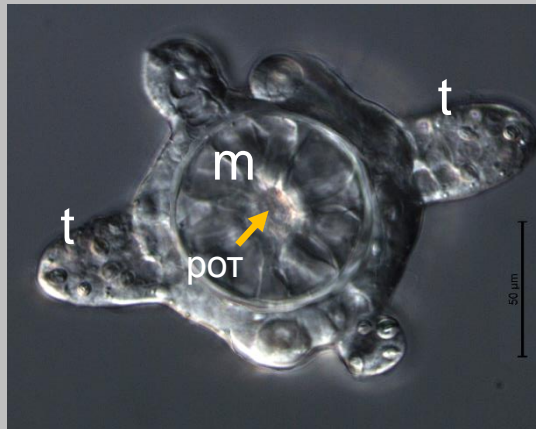
*EdU labeling, 1h of incubation*

ma - manubrium anlage, ta - tentacle anlage, tfc - tentacle founder cell

# Дальнейшее развитие личинки - ракеты.

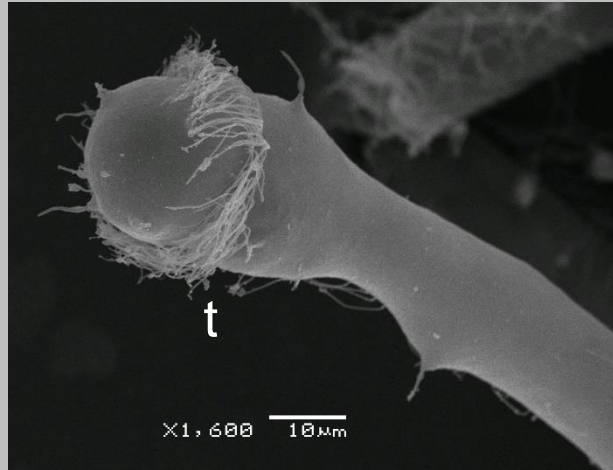
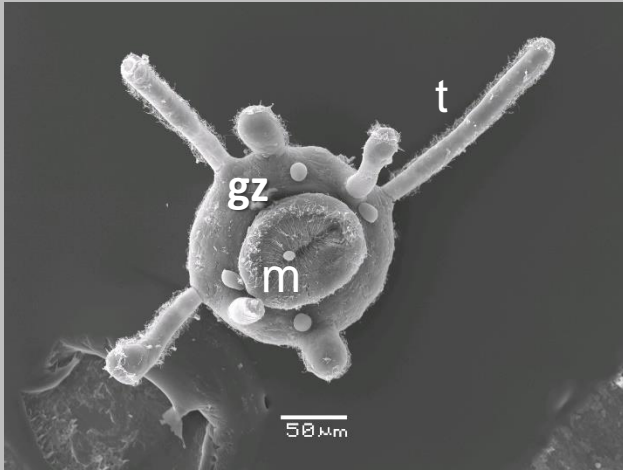
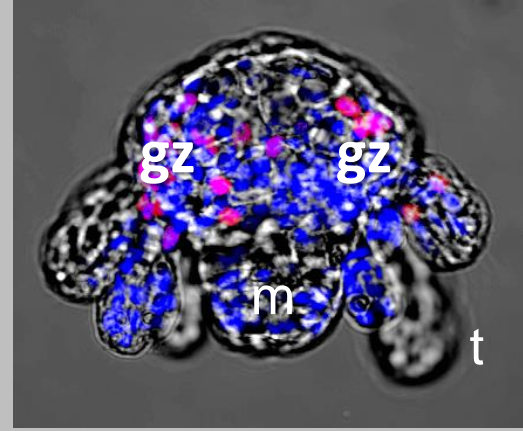
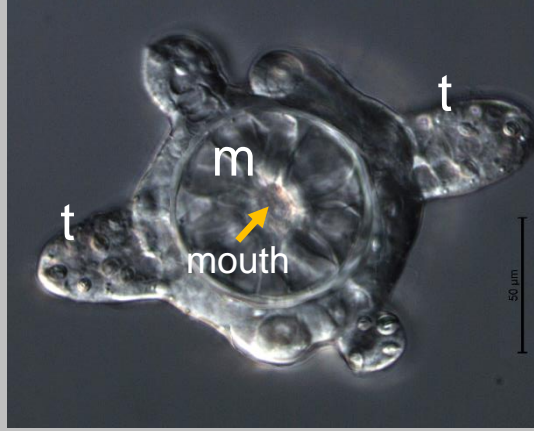


# Развитие молодой медузки из личинки - ракеты.



EdU labeled  
nuclei, DAPI

# Development of actinula-like larva, formation of the medusa bell

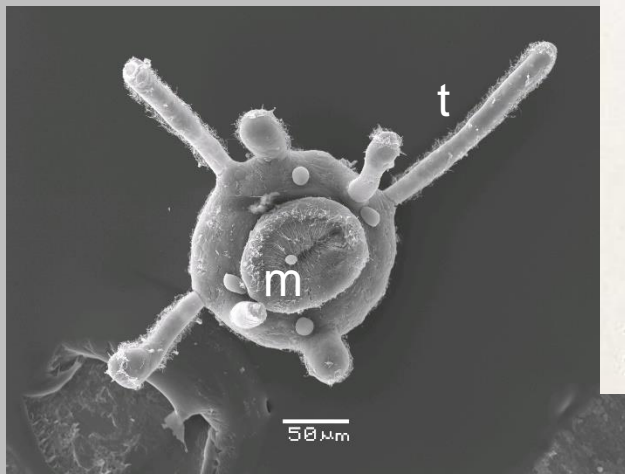
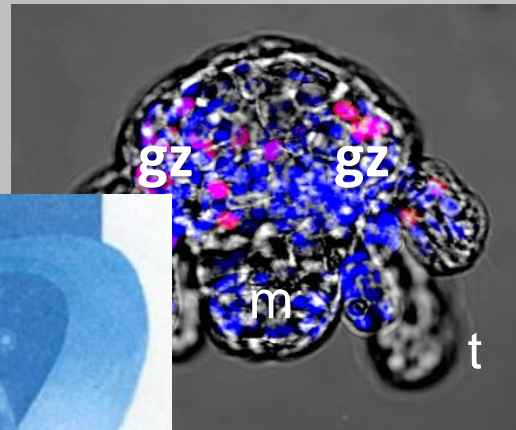


EdU labeling, 1h of incubation;  
EdU labeled nuclei, DAPI

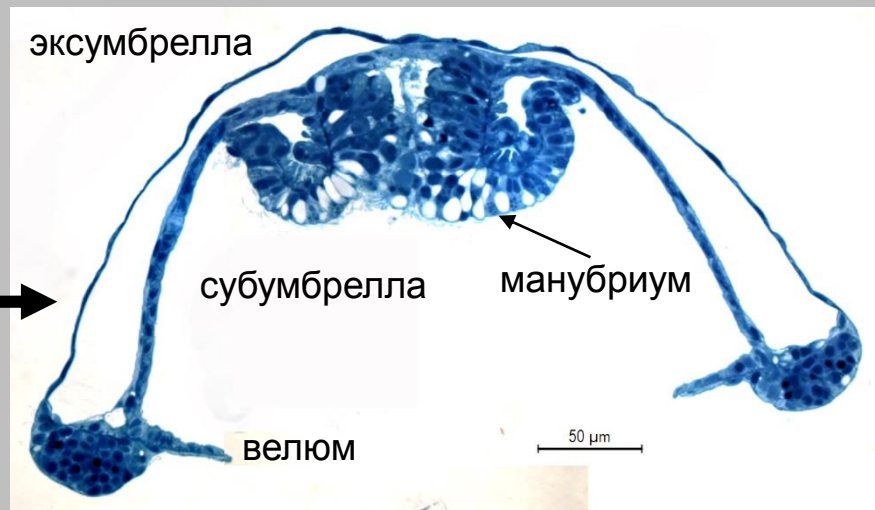
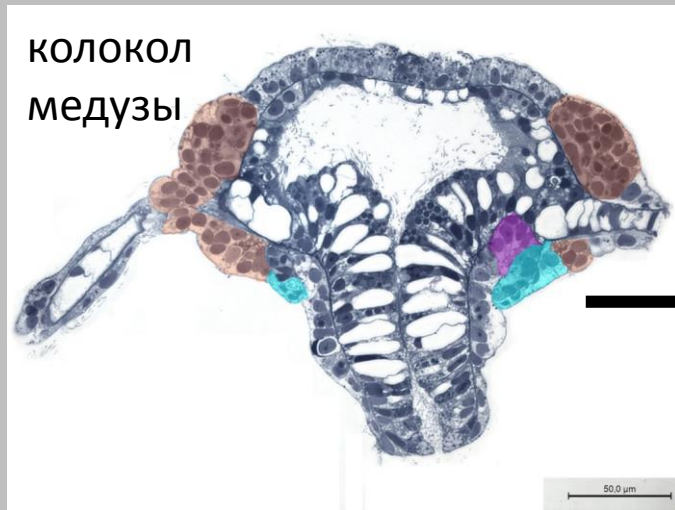
gz - growth zone, m - manubrium,  
t - tentacle.



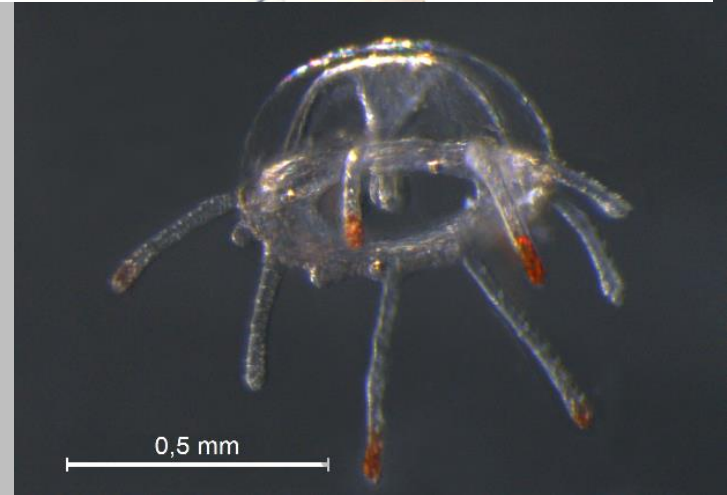
# Развитие молодой медузки из личинки - ракеты.



EdU labeled  
nuclei, DAPI



В конце концов формируется молодая медуза с хорошо развитым колоколом, щупальцами, манубриумом.



колокол  
медузы

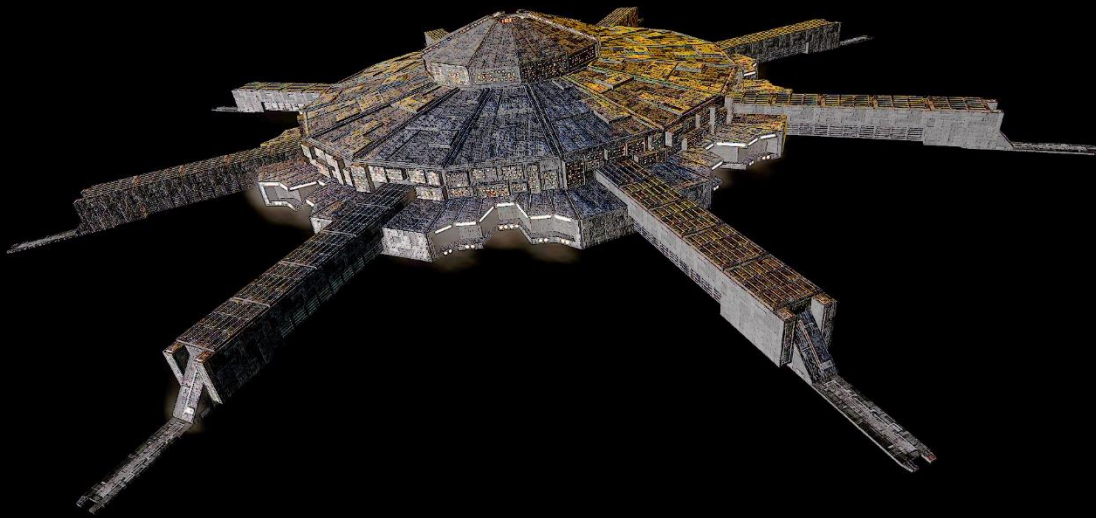


эксумбрелла



SGI  
STARGATE INVASION

# космическая станция



В конце концов  
молодая мед  
развитым кол  
щупальцами, манубриумом.

0,5 mm



# Эволюция жизненного цикла Hydrozoa

