

Биология
Сибоглинид
(Siboglinidae:
Annelida)

Сибоглиниды:

- Погонофоры (Frenulata=Pogonophora)

1900 г. Глубоководная драга у берегов Индонезии.

- Монилиферы (Monilifera)

- Вестиментиферы (Vestimentifera)

1966 г. Глубоководный погружаемый аппарат “Luymes”,
погружение у берегов Калифорнии

1981 г. Первый представитель гидротермальной фауны –
Riftia pachyptilla – Галапагосский рифт.

- Костоед - Osedax

2002 г. - Залив Монтерей

Основные черты Сибоглинид:

1. Представители глубоководного морского бентоса, обитающие на восстановительных биотопах
2. Живут внутри секретированных трубок
3. Резко гетерономный или олигомерный тип сегментации тела
4. Взрослые особи лишены кишечника
5. Живут за счет эндосимбиотических бактерий, содержащихся внутри клеток специализированного органа трофосомы
6. Имеют крючковидные щетинки, подобные щетинкам сидячих полихет.
7. Трохофорная личинка

История изучения Сибоглинид

- Шаг 1. Открытие погонофор

В 1900 во время экспедиции датского судна Сибога под предводительством Макса Уильяма Карла Веббера, при помощи глубоководной драги впервые был поднят на поверхность представитель погонофор.



История изучения Сибоглинид

шаг 1. Открытие погонофор

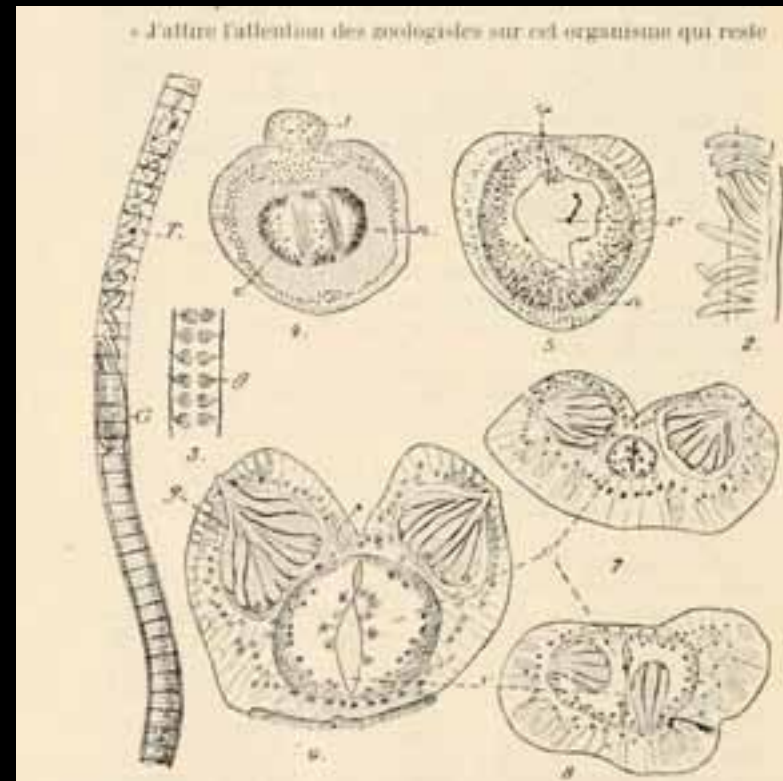


- Первый вид — *Siboglinum weberi* был описан и изучен французским исследователем Морисом Коллери в 1914 году.



- Новый организм был отнесен к самостоятельному типу **Siboglinidae**.

Изначально Коллери затруднялся определить филогенетическое родство *Siboglinum* и лишь позднее высказывал мнение о сближении с полухордовыми



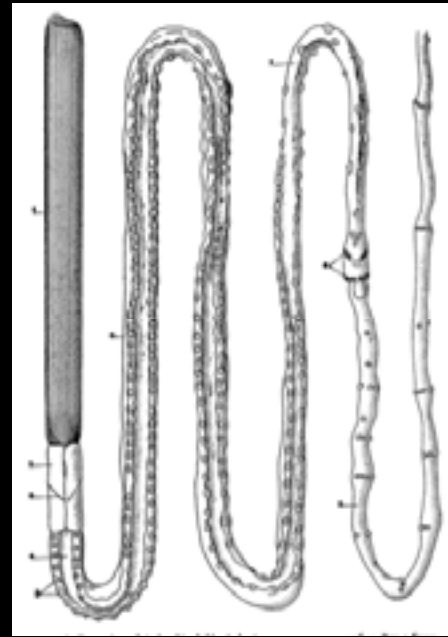
История изучения Сибоглинид

шаг 1. Открытие погонофор.

СССР

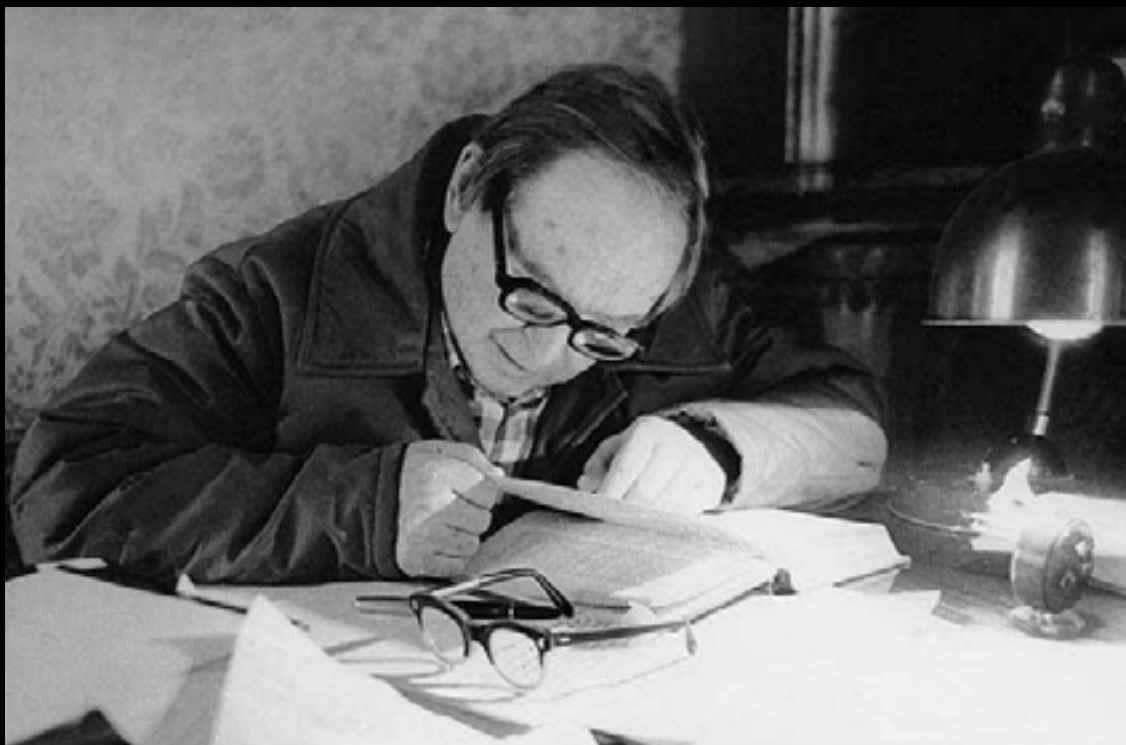
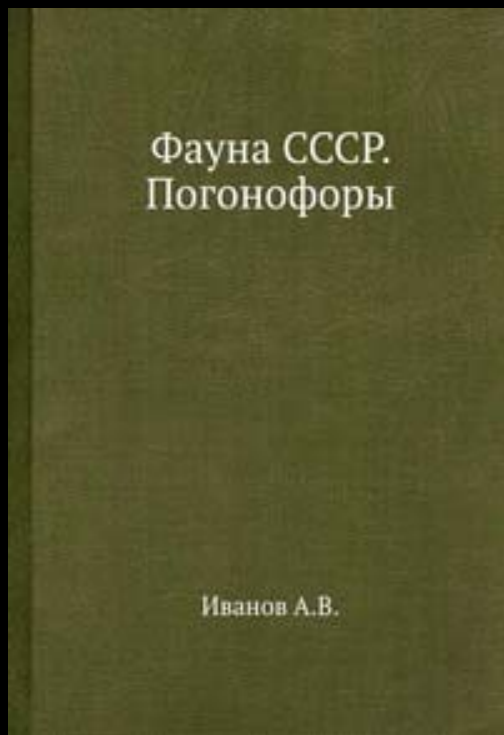


Второй вид погонофор - *Lamellisabella zachsi* - был обнаружен в 1932 г. одной из отечественных экспедиций при глубоководных тралениях в Охотском море. Гидробиолог П.В.Ушаков, отнес его к кольчатым червям (полихетам), поместив в семейство сабеллид (Sabellidae)



Йоханссон выделил единственный вид(
Lamellisabella zachsi) в новый класс
Pogonophora, который сблизил с весьма
своеобразными форонидами.

История изучения погонофор СССР



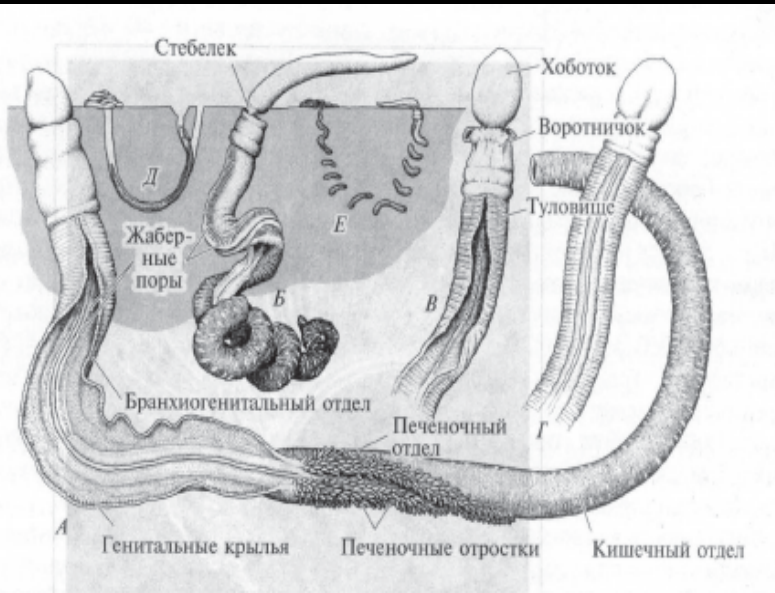
А.В.Иванов (1906-1992)

Описал около 70 новых видов погонофор.

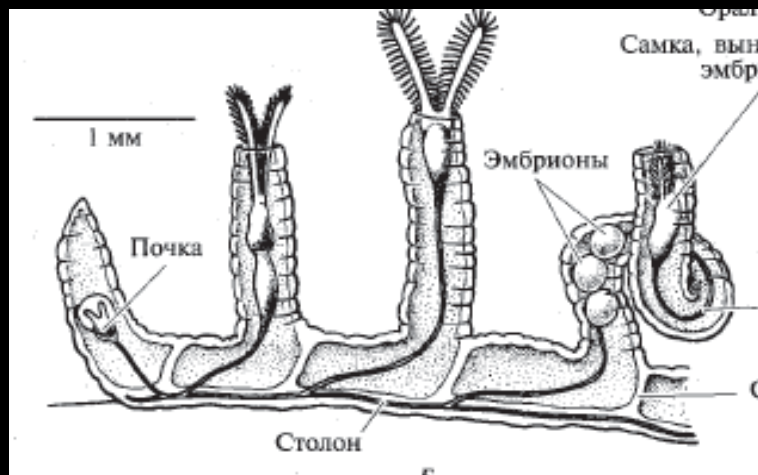
Автор монографии по погонофорам. Первый подробно изучил и описал морфологию, анатомию и эмбриональное развитие погонофор.

Сторонник дейтеростомной концепции происхождения погонофор.

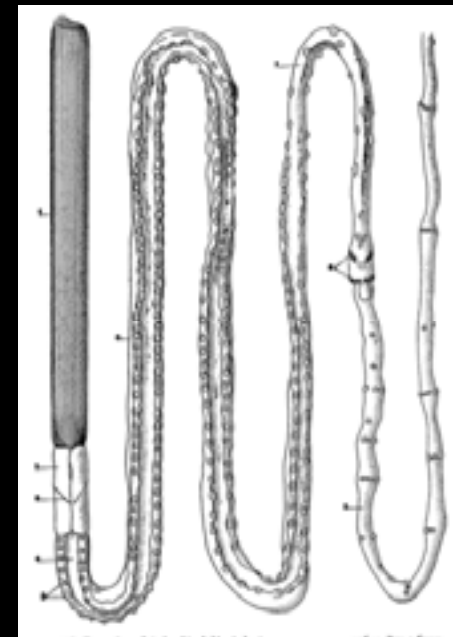
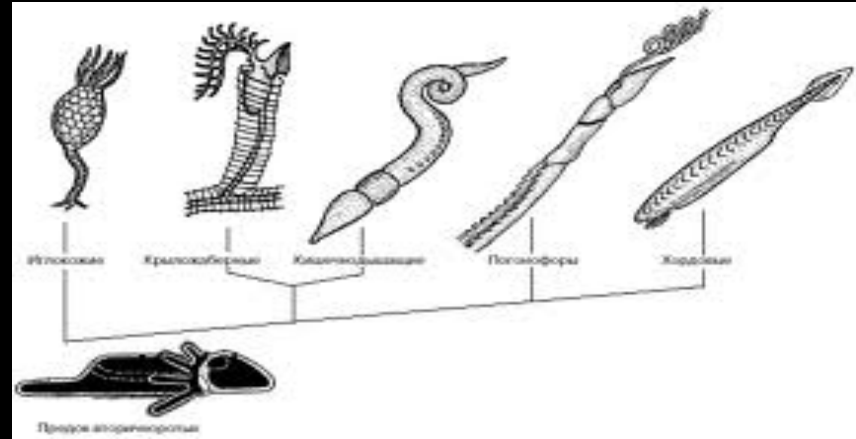
Дейтеростомная теория



Кишечнодышащие
(Enteropneusta)



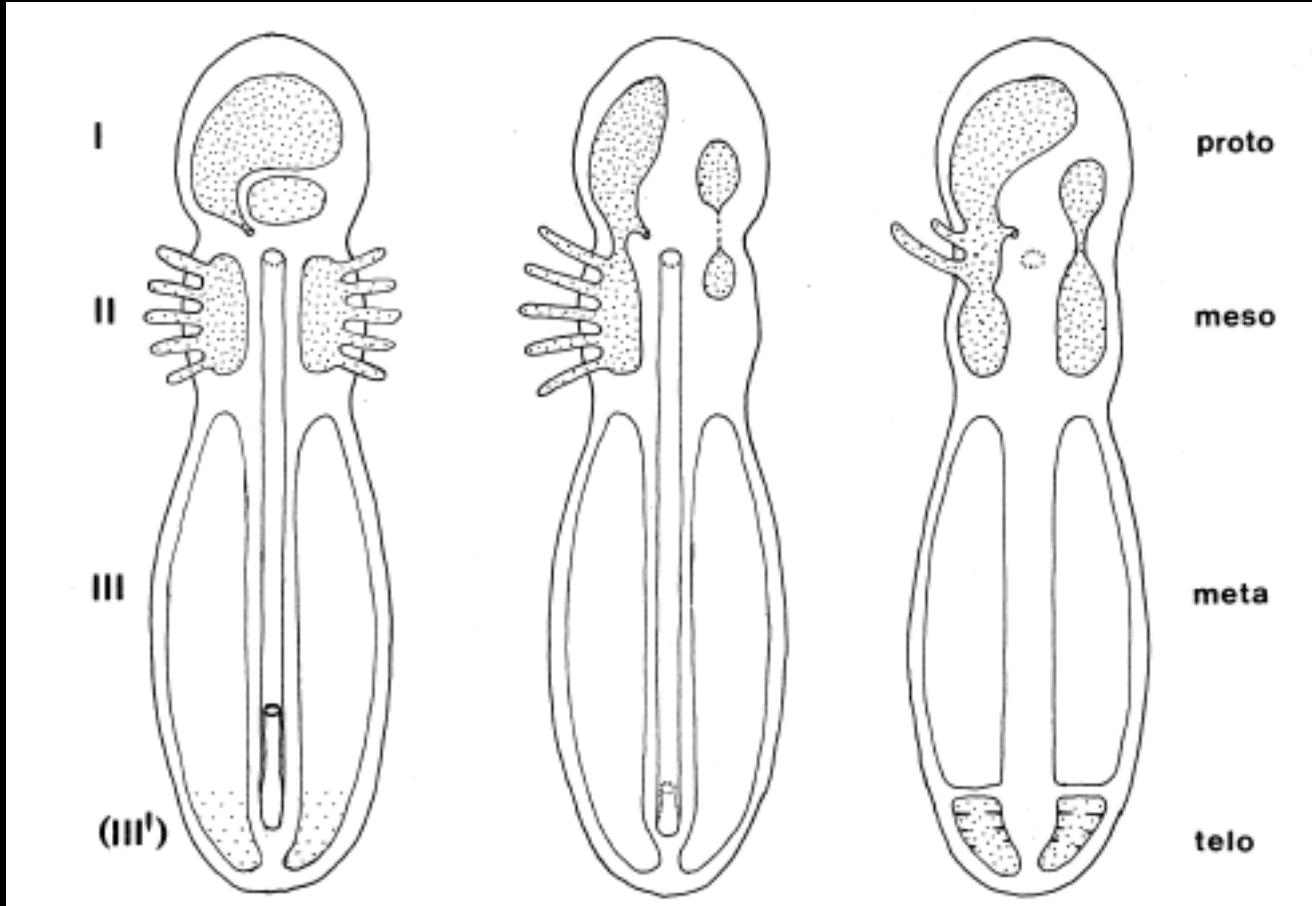
Крыложаберные (Pterobranchia)



Погонофоры (Pogonophora)

Дейтеростомная теория

Аргумент 1. строение целомических полостей. 3-х частный целом.

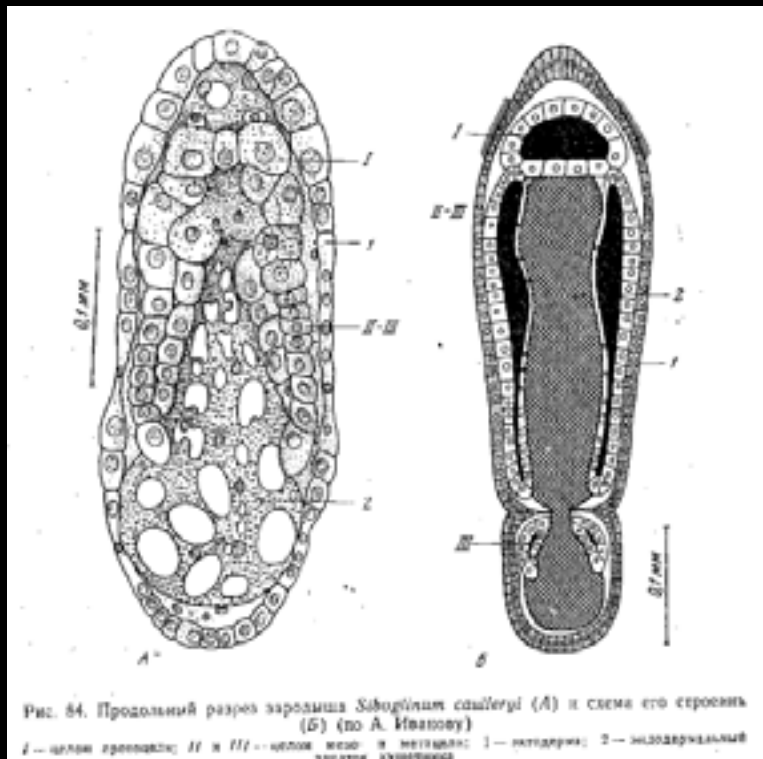


Представление о строение целомических полостей
Крыложаберных, иглокожих и погонофор

Дейтеростомная теория

Аргумент 2. Эмбриональное развитие: Энтероцельная закладка целома

Согласно данным А.В. Иванова
Целомы у погонофор закладывались
В передней части зародыша, что
Соответствовало энтероцельному
Способу закладки целомов



Аргумент 3. Расположение нервного Ствола с дорзальной (спинной) стороны

(P.s. Позднее оба предположения были
Опровергнуты на основании новых
данных)

История изучения Сибоглинид

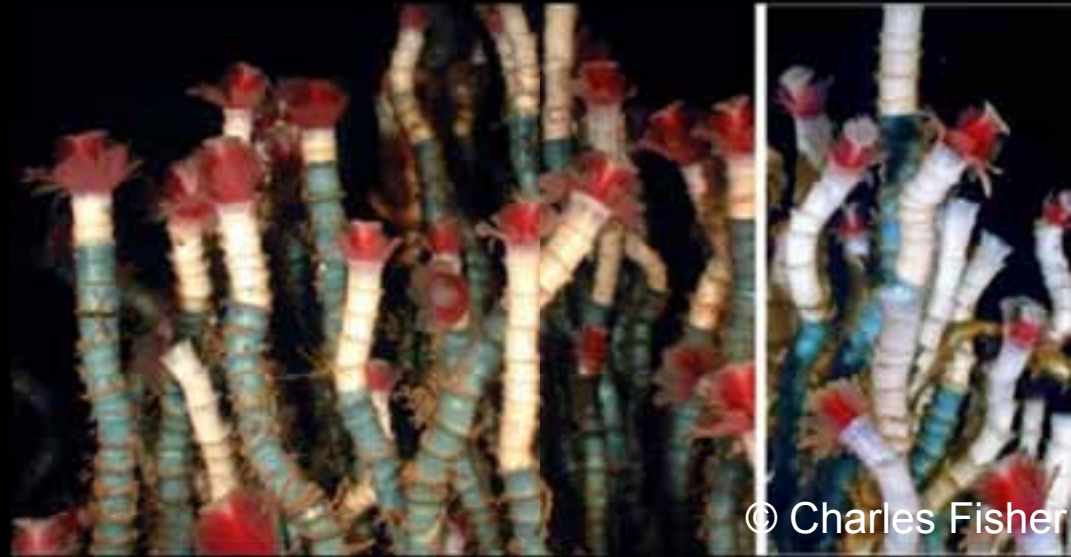
шаг 2. Открытие Вестиментифер

Первые виды описанных
вестиментифер – обитатели
ХОЛОДНОВОДНЫХ СИПОВ



© Greg Rouse

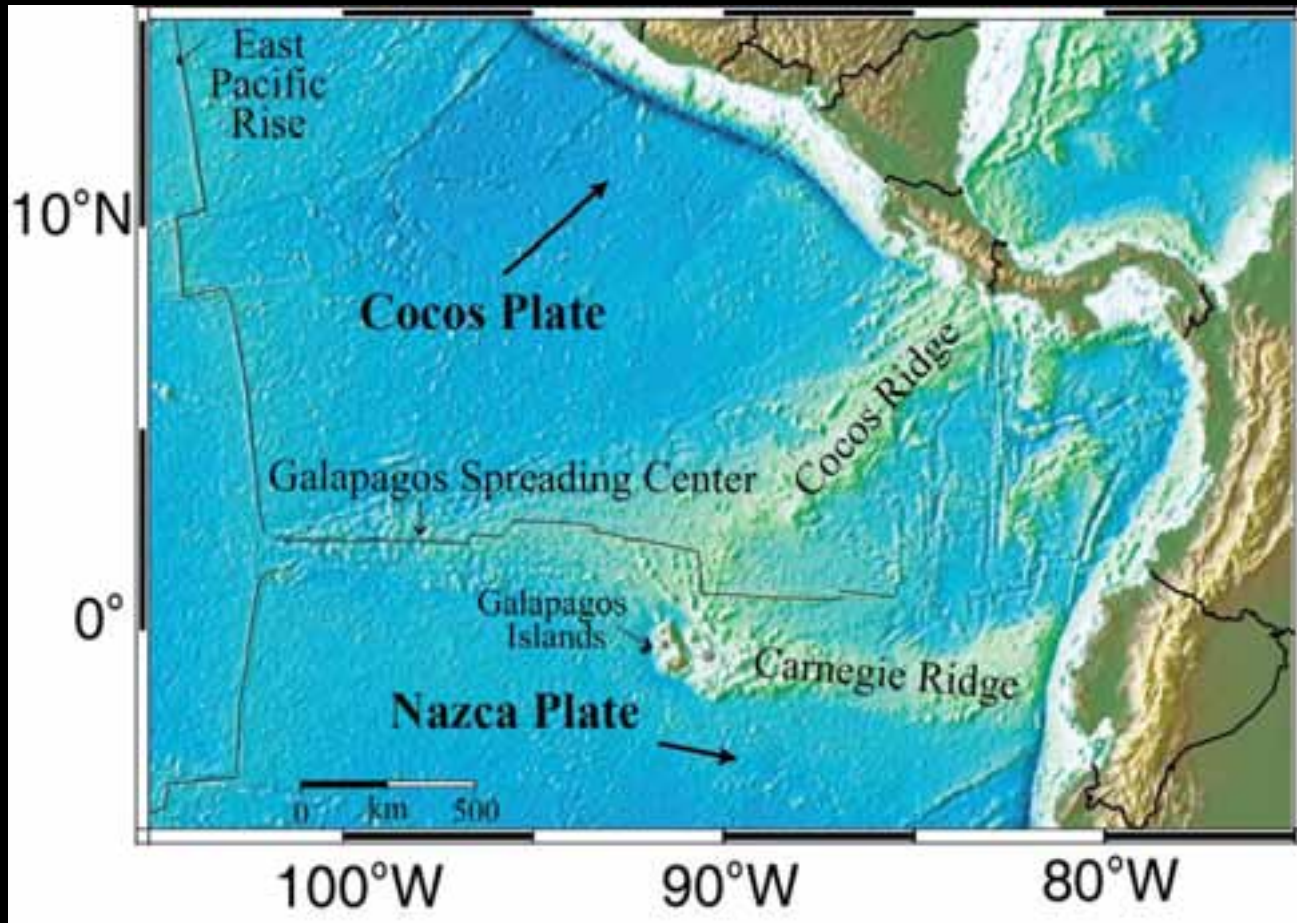
Lamellibrachia barhami
Webb, 1969

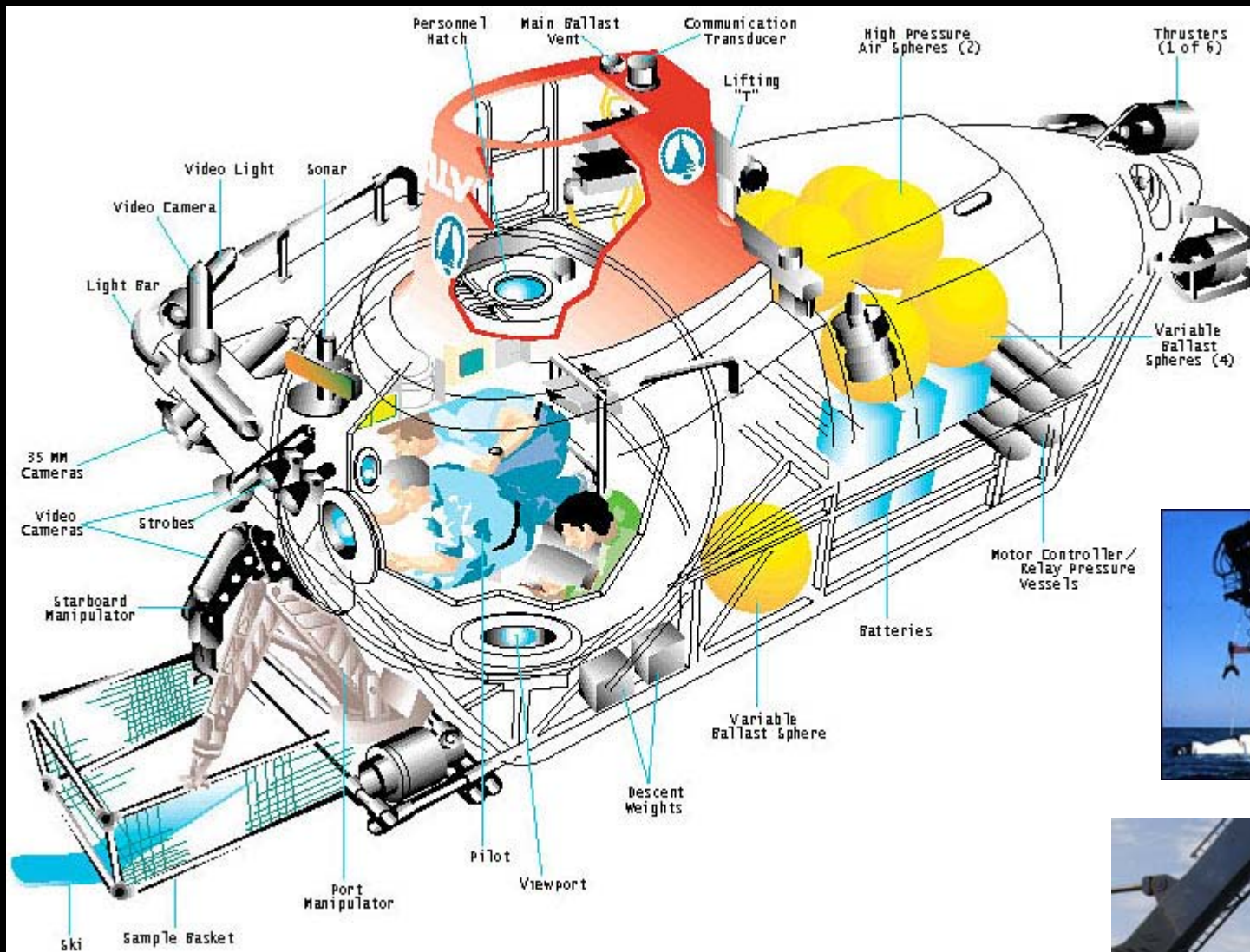


© Charles Fisher

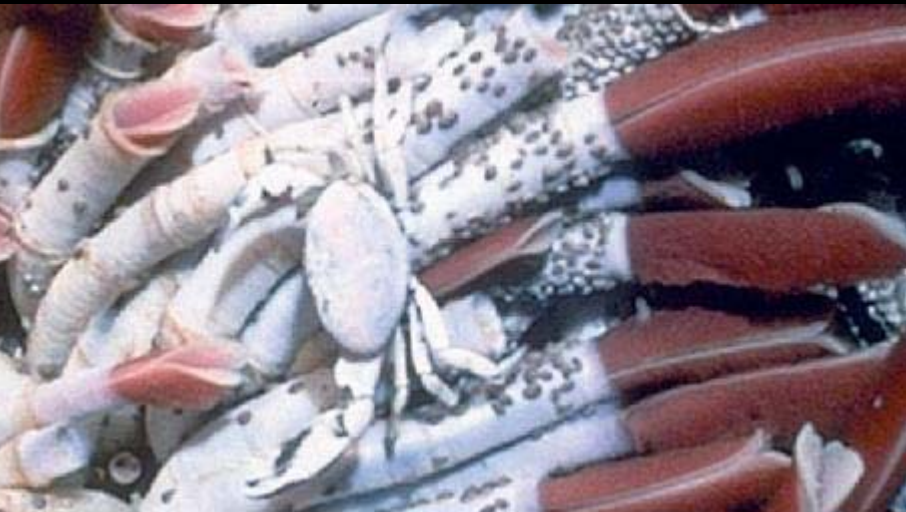
Lamellibrachia luymesii
Land, Norrevang, 1975

История изучения Сибоглинид шаг 3. Открытие гидротермальных оазисов Галапагосского рифта

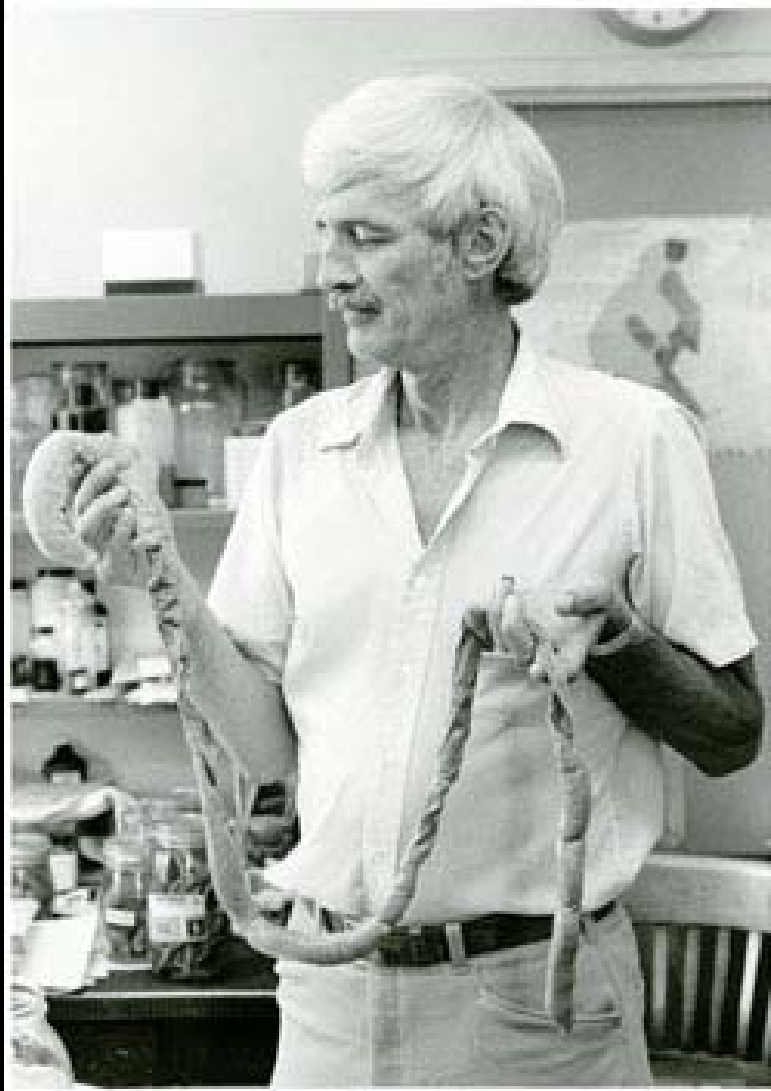




История изучения Сибоглинид шаг 3. Открытие вестиментифер гидротермальных оазисов



История изучения Сибоглинид шаг 3. Открытие вестиментифер гидротермальных оазисов



В 1980-1985 год Мередит
Джонс описал
семь видов гидротермальных
вестиментифер, среди
которых был
широкоизвестный вид
Riftia pachyptilla



Аннелидная теория происхождения Сибоглинид И их Антикарьера:

От двух отдельных типов до семейства в составе полихет.

Phylum VESTIMENTIFERA

Class Axonobranchia

Order Riftiida

Family Riftiidae Jones 1980

Genus *Riftia* Jones 1980
Riftia pachyptila Jones 1980

Class Basibranchia

Order Lamellibranchiida

Family Lamellibranchiidae Webb 1969

Genus *Lamellibrachia* Webb 1969
Lamellibrachia barhami Webb 1969

Lamellibrachia luymesii Land and Norrevang 1975

Family Escarpiidae Jones 1985

Genus *Escarpia* Jones 1985
Escarpia spicata Jones 1980
Escarpia laminata Jones 1980

Order Tenviida Jones 1985

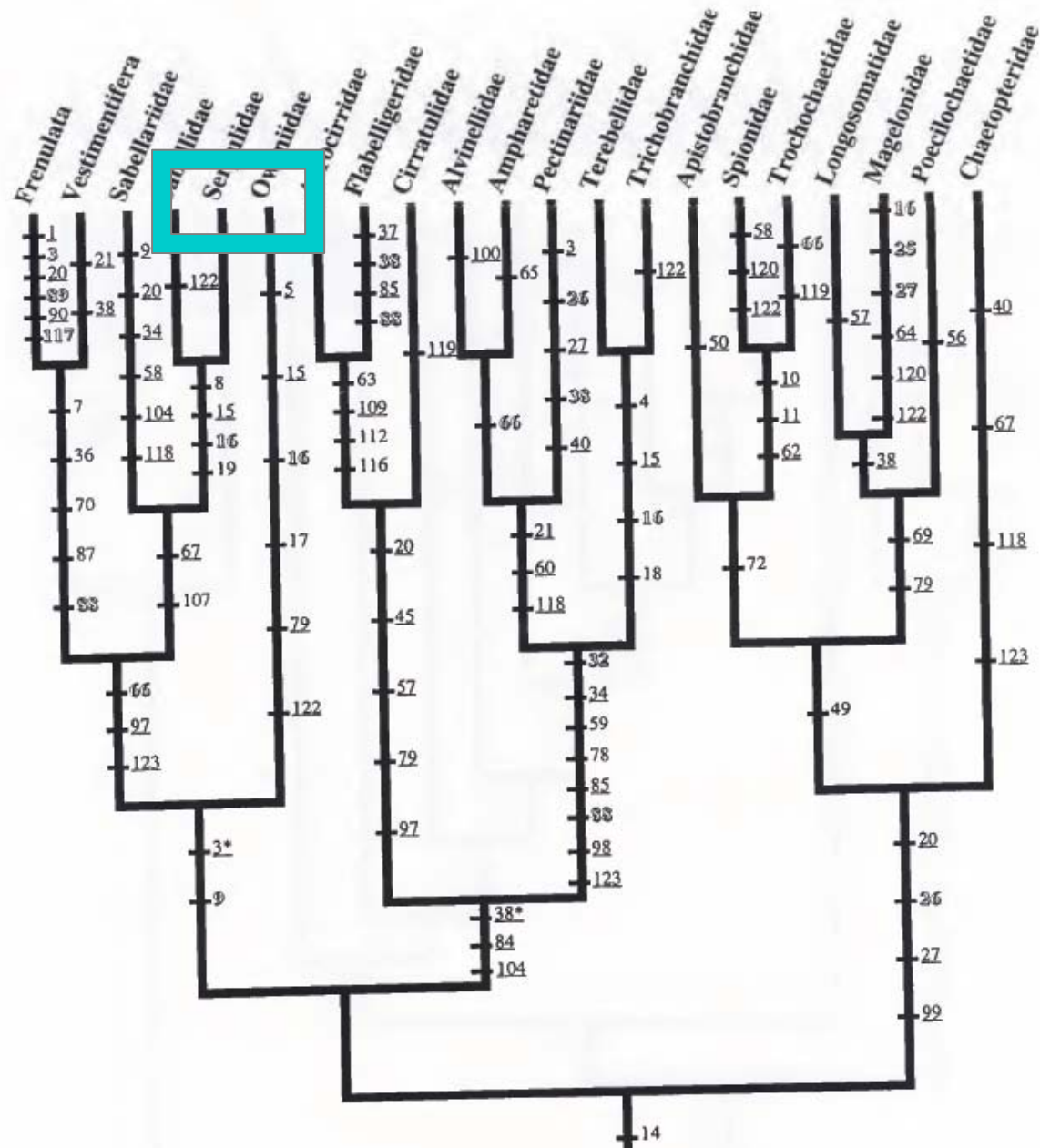
Family Tenviidae Jones 1985

Genus *Tenvia* Jones 1985
Tenvia jerichonana Jones 1985
Genus *Oasisia* Jones 1985
Oasisia alvinae Jones 1985

Family Ridgeidae Jones 1985

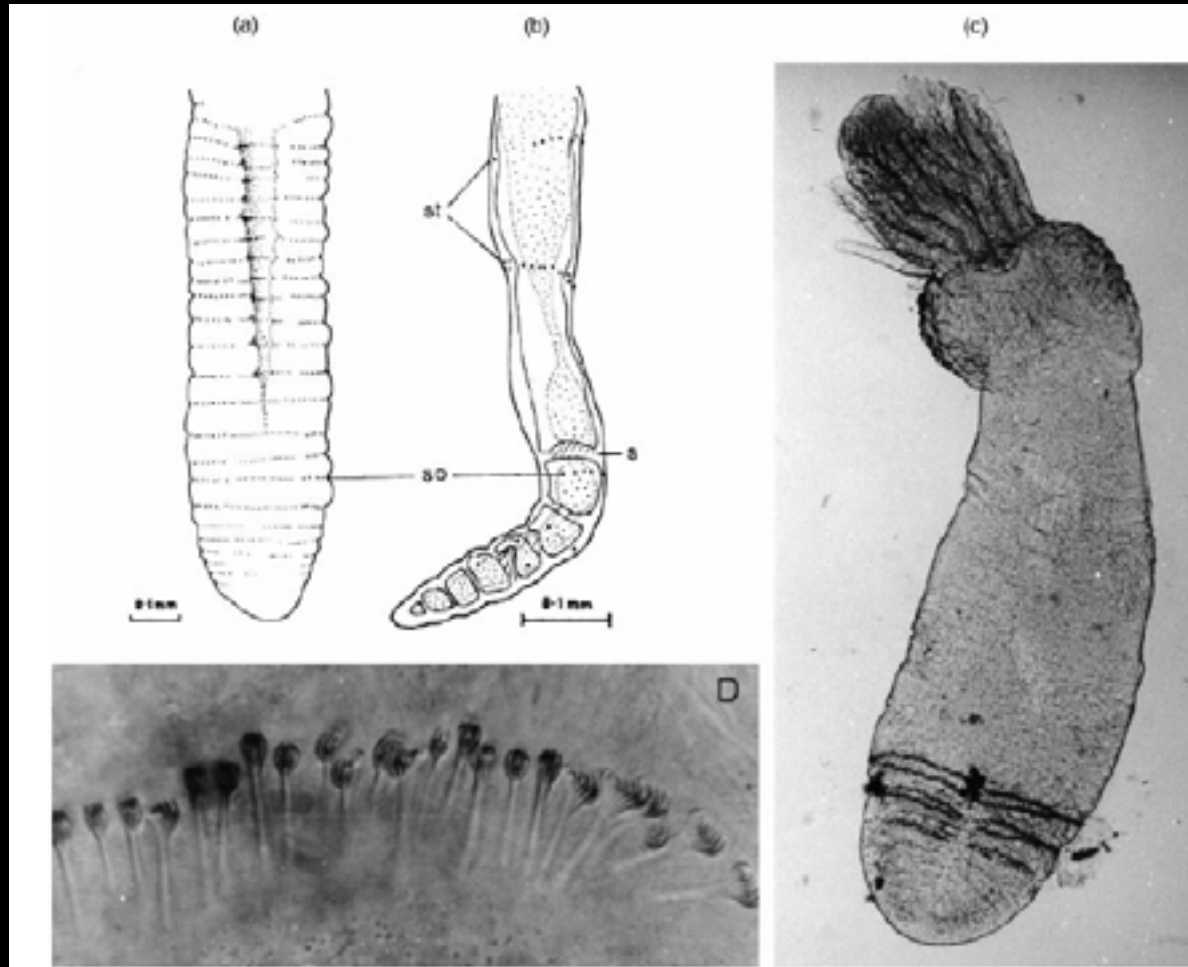
Genus *Ridgeia* Jones 1985
Ridgeia piscesae Jones 1985
Ridgeia phaeophiale Jones 1985

Система
предложенная
Джонсом в 1985
году



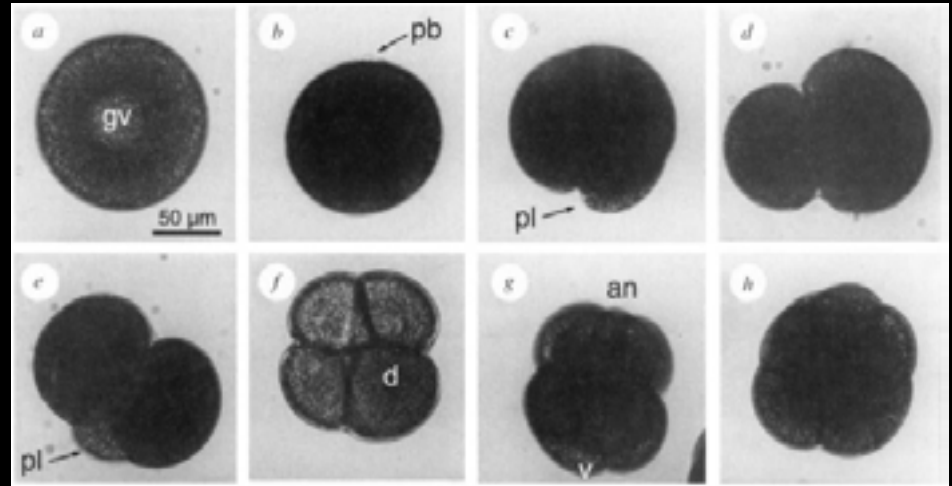
Аннелидная теория происхождения Сибоглинид

1. Описание заднего метамерного участка тела у погонофор и позднее у вестиментифер - опистосомы и крючковидных щетинок

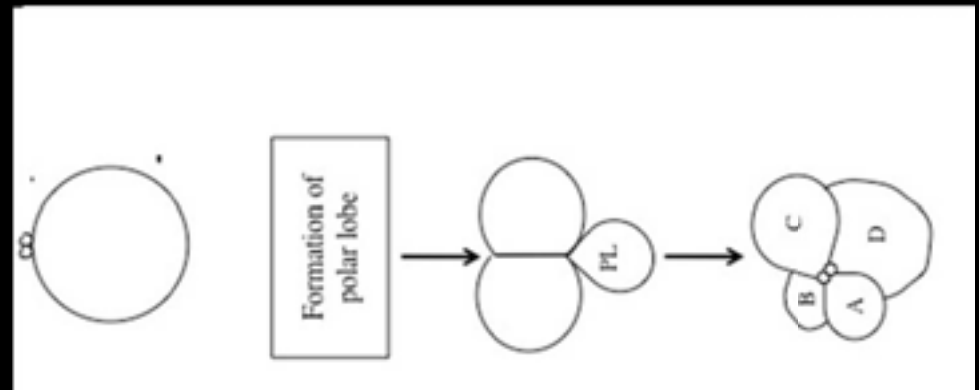


Аннелидная теория происхождения Сибоглинид

Аргумент 2. Новые данные, касающиеся раннего эмбрионального развития



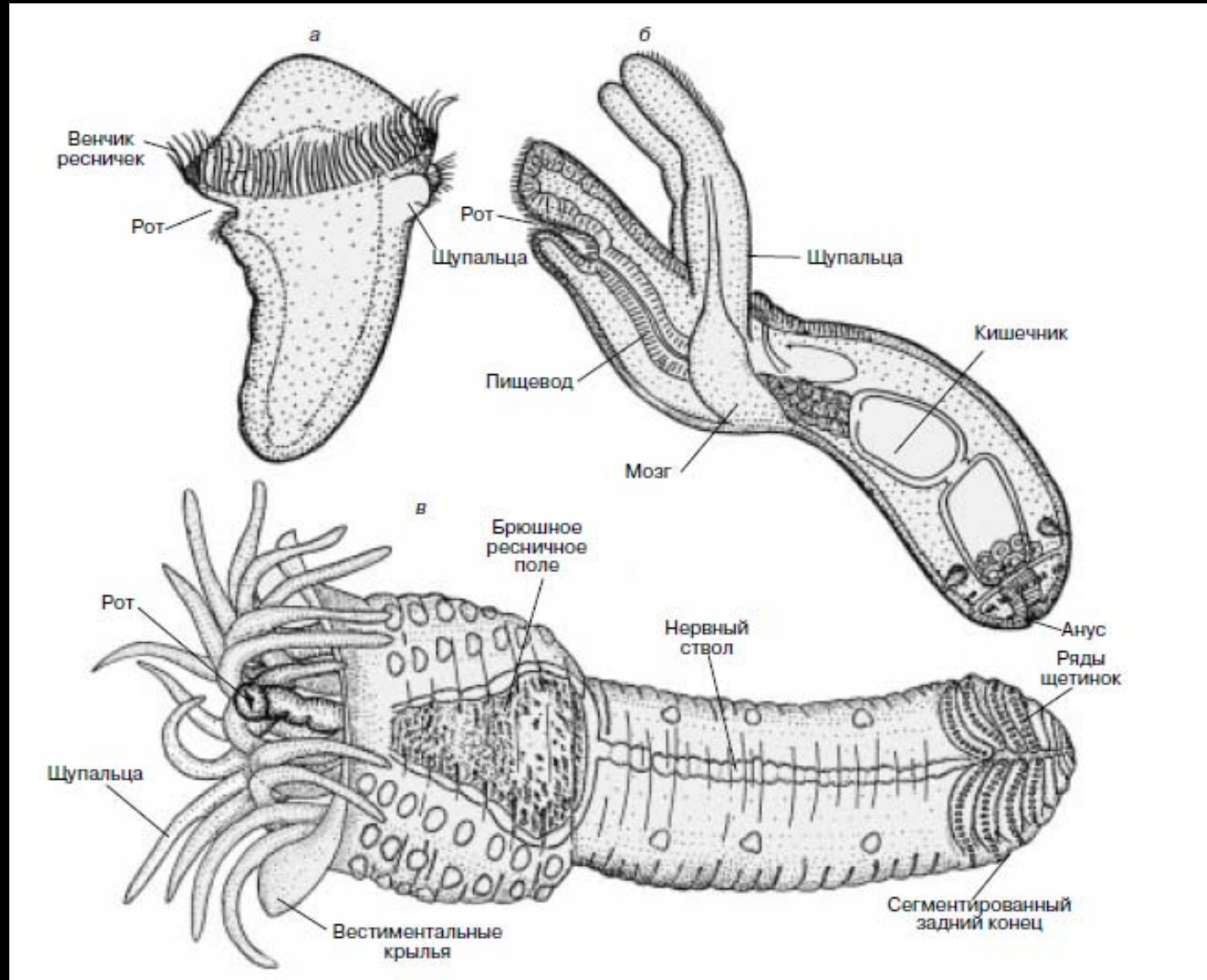
Young et. Al, 1996 Embtology of vestimentifera



Стадии раннего дробления, типичные для полихет

Аннелидная теория происхождения Сибоглинид

Аргумент 2. Новые данные, о строении ювенильных и личиночных стадий



Основные черты Сибоглинид:

1. Представители глубоководного морского бентоса, обитающие на восстановительных биотопах
2. Живут внутри секретированных трубок
3. Резко гетерономный или олигомерный тип сегментации тела
4. Взрослые особи лишены кишечника
5. Живут за счет эндосимбиотических бактерий, содержащихся внутри клеток специализированного органа трофосомы
6. Имеют крючковидные щетинки, подобные щетинкам сидячих полихет.
7. Трохофорная личинка

Восстановительные биотопы

Характеризуются повышенной концентрацией восстановленных веществ (например: H_2S , CH_4 , S_2O_3 , H_2 , Fe^{2+} , Mn^{2+}).

Анаэробные состояния соседствуют с аэробными.

Мангровые заросли

Места сброса сточных вод

Хемоклин (граница окисленного и восстановленного осадка на дне)

Гидротермальные источники

Метановые сипы

Зоны кислородного минимума — аппвелинги

Стратифицированные бассейны (Черное море)

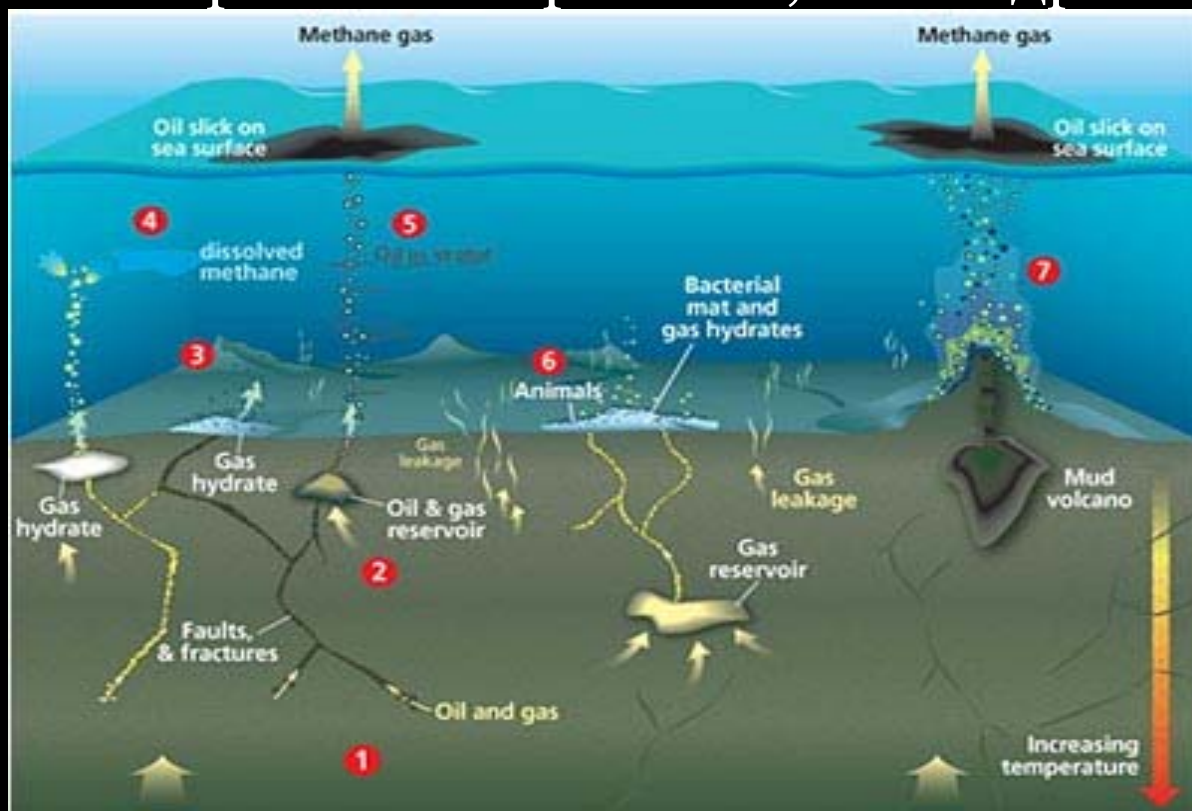
Изолированные и полу-изолированные водоемы (фьорды)

Места захоронения органики (в т.ч. затонувшие корабли и туши китов)

Биотоп

Холодые сипы

Формируются в районах высачивания на поверхности осадка растворов, насыщенных метаном, поднимающихся от источника (залежи метана, захороненная органика, газогидраты и др.)



Характерно:

Повышение t от долей градуса до 45С

Повышенное содержание аммония и фосфатов

Форма субстрата — мягкий осадок иногда с карбонатными отложениями

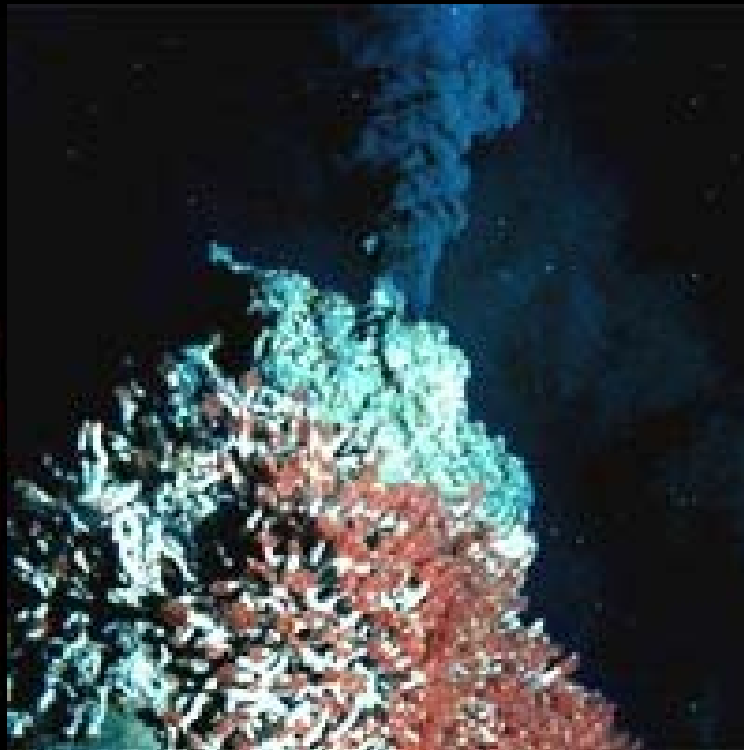
Существуют тысячи лет

Скорость флюида 100-1000 л/кв.м в сут.

Биотоп

Гидротермальные источники-

Формируются в районах выхода горячих гидротермальных растворов, которые образуются в результате воздействия океанических вод на породы океанической коры



Характерно:

Повышение t до 20-400°C

Высокие концентрации H_2S , тяжелых металлов и их солей

Высокая концентрация H_2

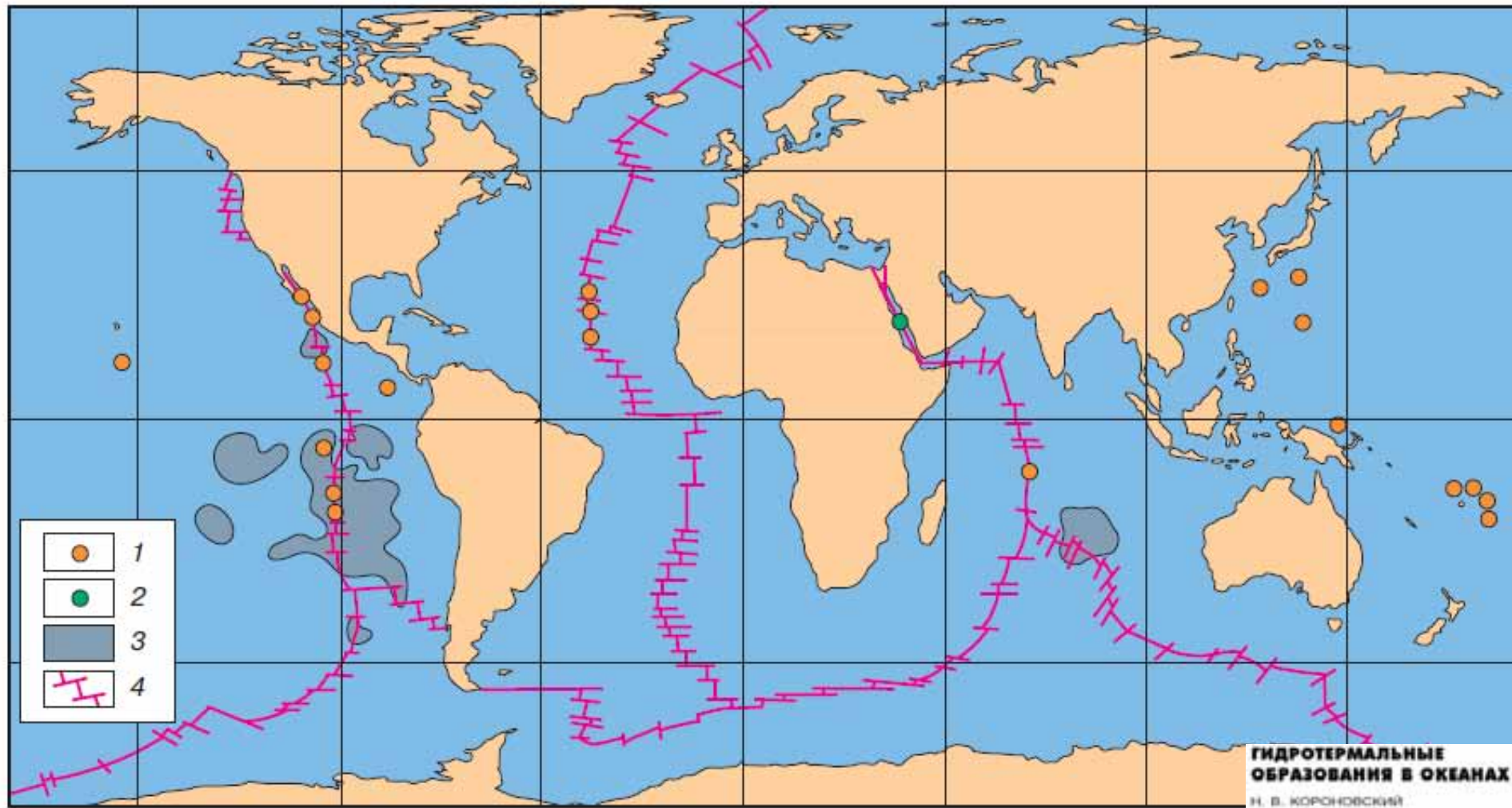
Низкая $pH \sim 2$

Продолжительность активности отдельных участков 2-80 лет

Наличие сульфидных отложений

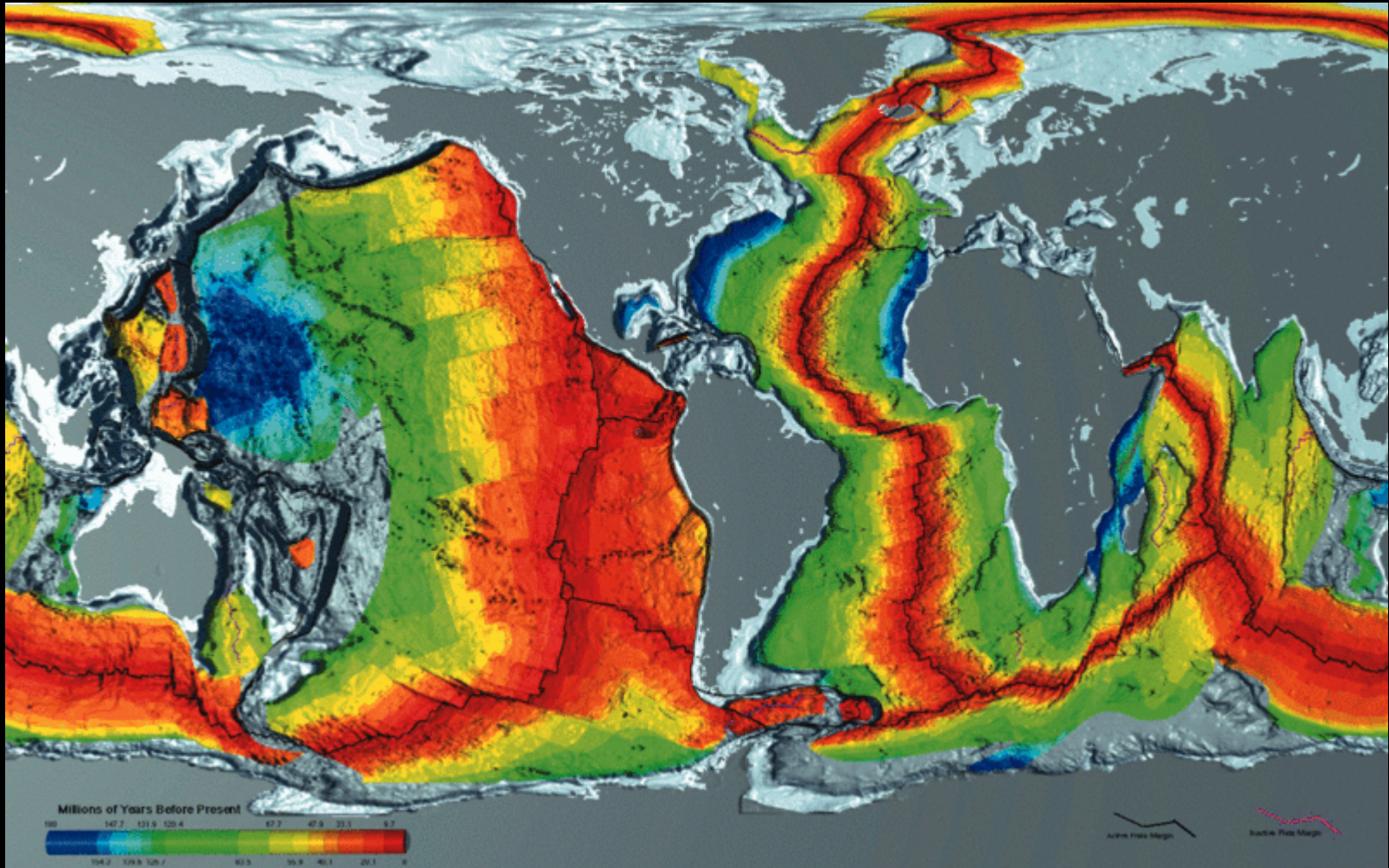
Зональное распределение фауны

Схема распространения гидротермальных очагов(1) и рифтовых зон (4) в мировом океане



Спрединг (от англ. spread — растягивать, расширять) — геодинамический процесс растяжения, выражающийся в импульсивном и многократном раздвигании блоков литосферы океанической коры и в заполнении высвобождающегося пространства магмой

«Возрастная карта» океанической коры



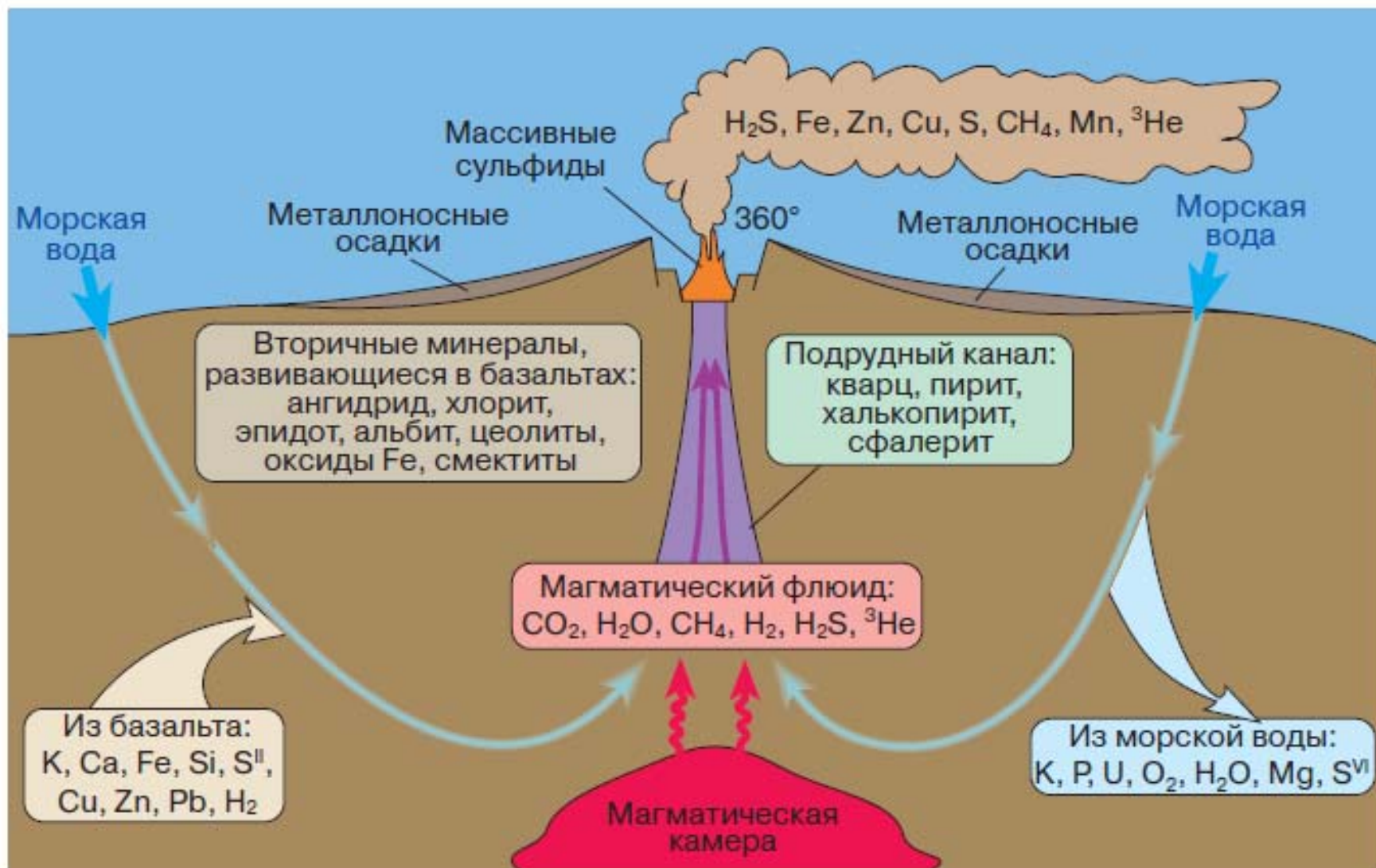


Схема геохимических процессов в гидротермальной системе срединно-океанического хребта (по дан-ным Д.В. Гричука).

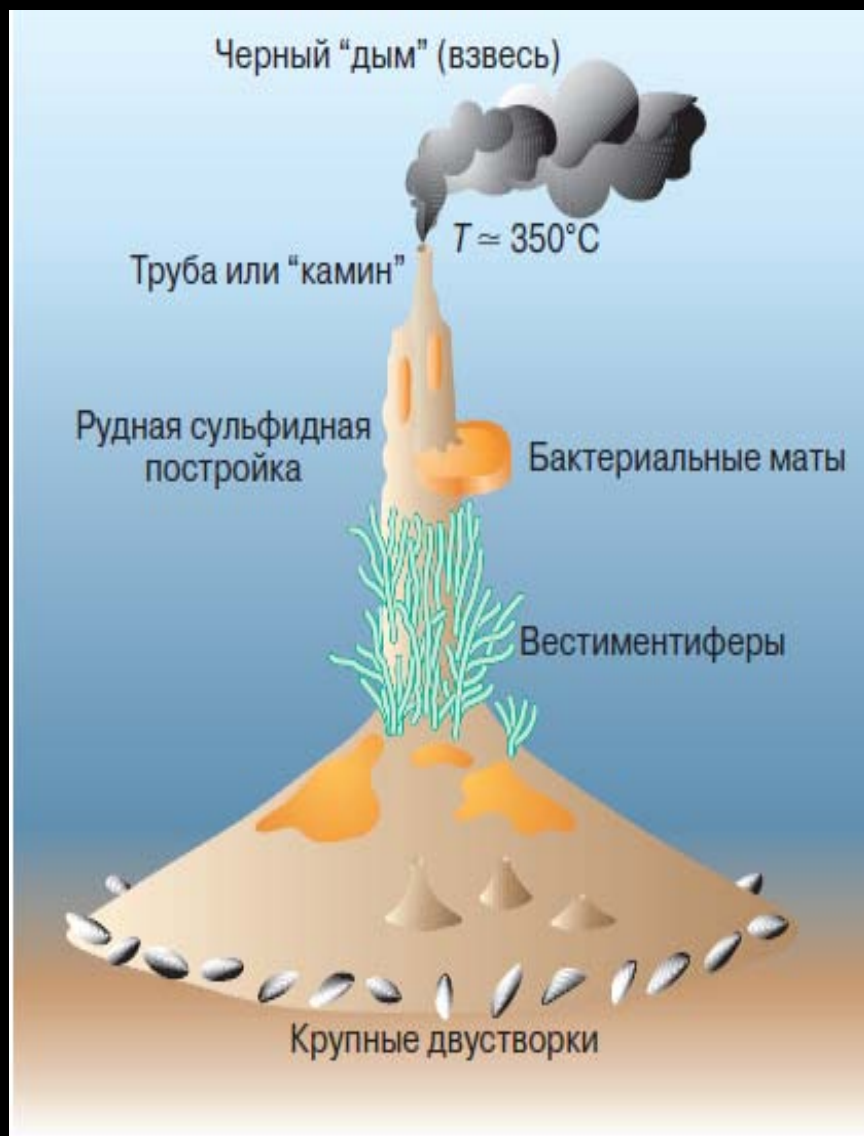
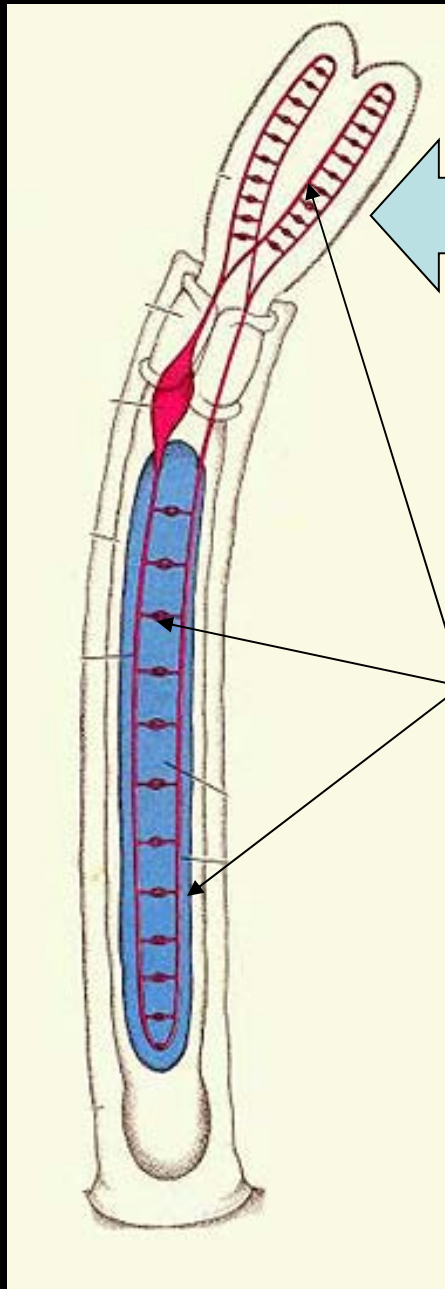


Таблица 1. Химический состав воды "курильщиков"

	Морская вода	Восточно-Тихо-океанское поднятие		Хребет Хуан-де-Фука		
		21° с.ш.	11° с.ш.	45° с.ш.	осевая гора	
	Температура, °C					
	2	273	354	262	299	
	pH (при 25°C)					
	7,8	3,8	3,1	2,8	4,4	
	Содержание, г/кг					
	Cl	19,18	20,53	25,24	44,1	6,24
	Na	10,67	11,72	12,67	16	3,4
	SO ₄	2,68	—	—	—	—
	Mg	1,293	—	—	—	—
	Ca	0,409	0,834	2,152	4,369	0,409
	K	0,383	1,009	1,075	2,295	0,273
	SiO ₂	0,0096	1,172	1,166	1,442	0,811
	CO ₂	0,101	0,252	—	—	12,543
	Содержание, мг/кг					
	H ₂ S	—	225	279	63,8	613
	Fe	—	48,6	579	916	0,67
Mn	—	55	161	233	7,8	
Zn	—	2,6	0,33	34	0,144	
Cu	—	0,0013	—	0,089	0,025	
Pb	—	0,038	0,0056	0,203	0,021	

tentacles



CH_4 , H_2S ,

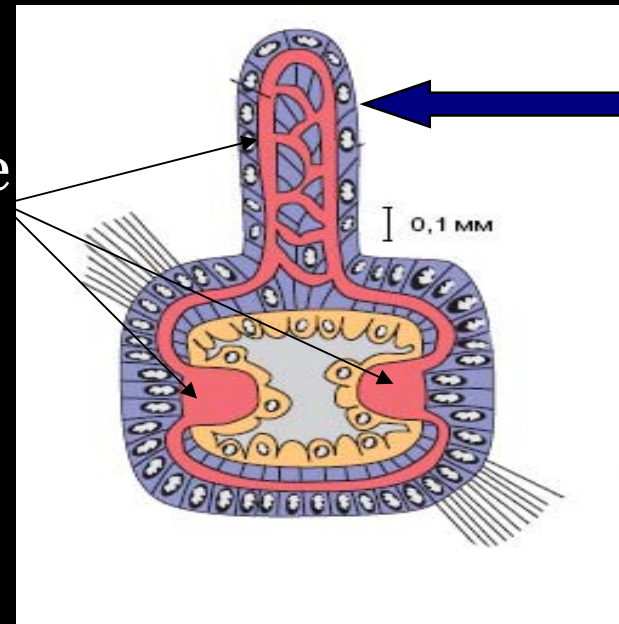
O_2 , CO_2

Кровеносные
сосуды

Питание

Шаг 1 растворенные в воде
газы диффундируют в кровь
через щупальца или
поверхность тела

Гемоглобин!



пиннула

Поперечный срез через щупальце

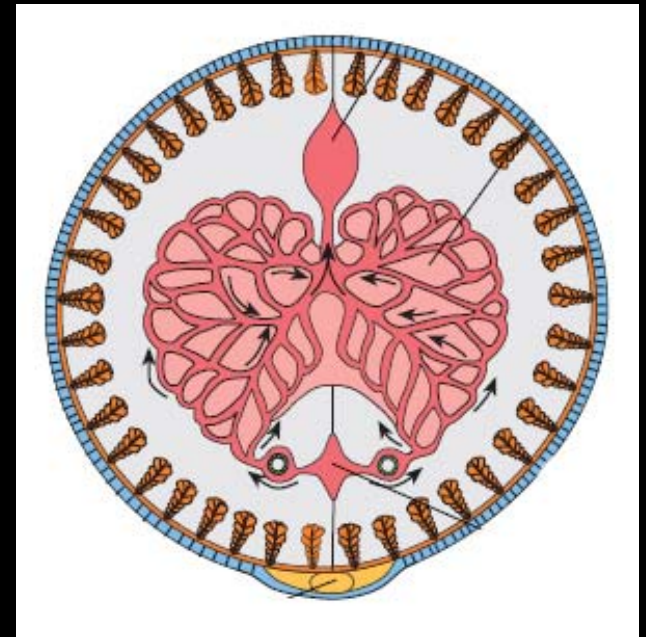
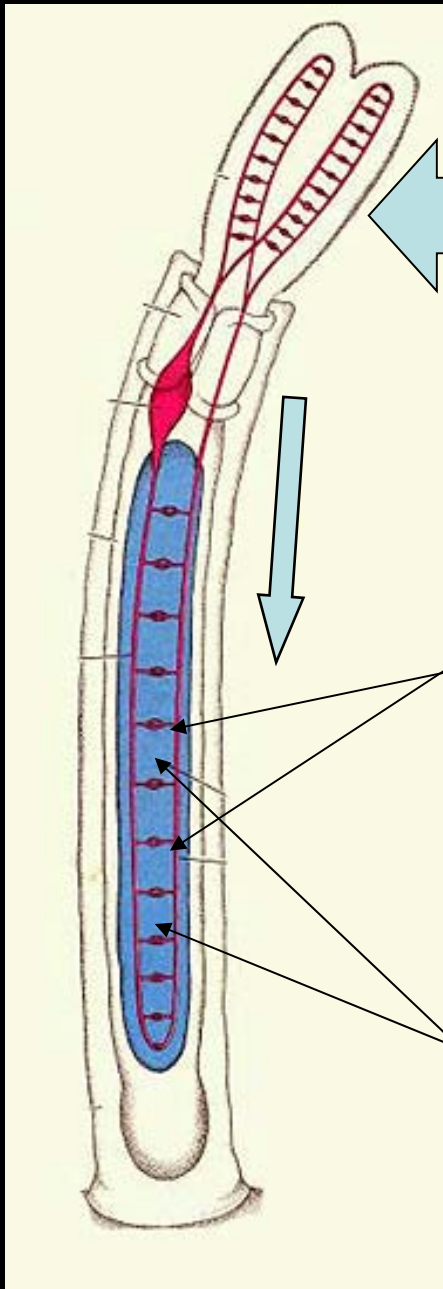
Питание

Шаг 2 Вентральный
кровеносный сосуд доставляет
кровь, богатую растворенными
газами к трофосоме

CH_4 , H_2S ,
 O_2 , CO_2

Вентральный
кровеносный
сосуд

Трофосома — ткань содержащая
эндосимбиотические бактерии



Питание

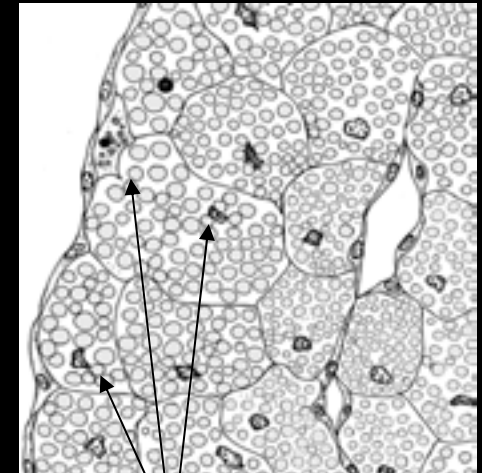
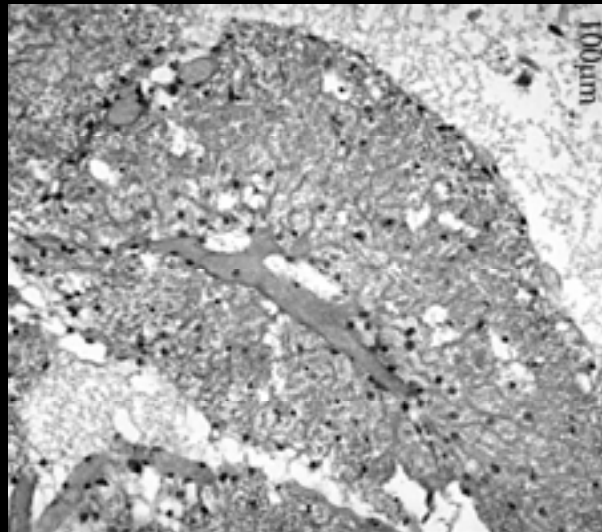
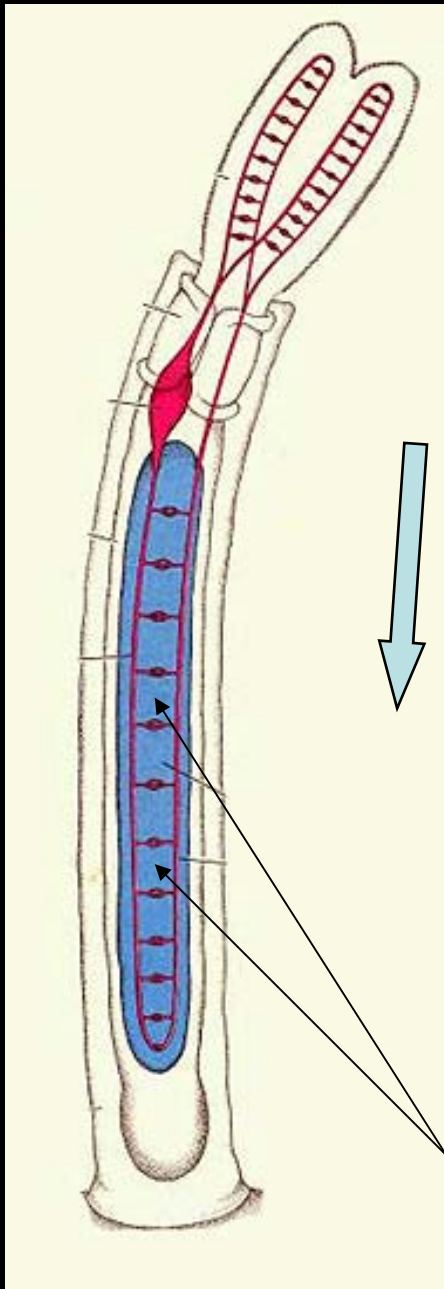
Шаг 3

CH_4 , H_2S ,

O_2 , CO_2

Газы по сосудам и капиллярам доставляются с клеткам трофосомы, содержащие бактерии

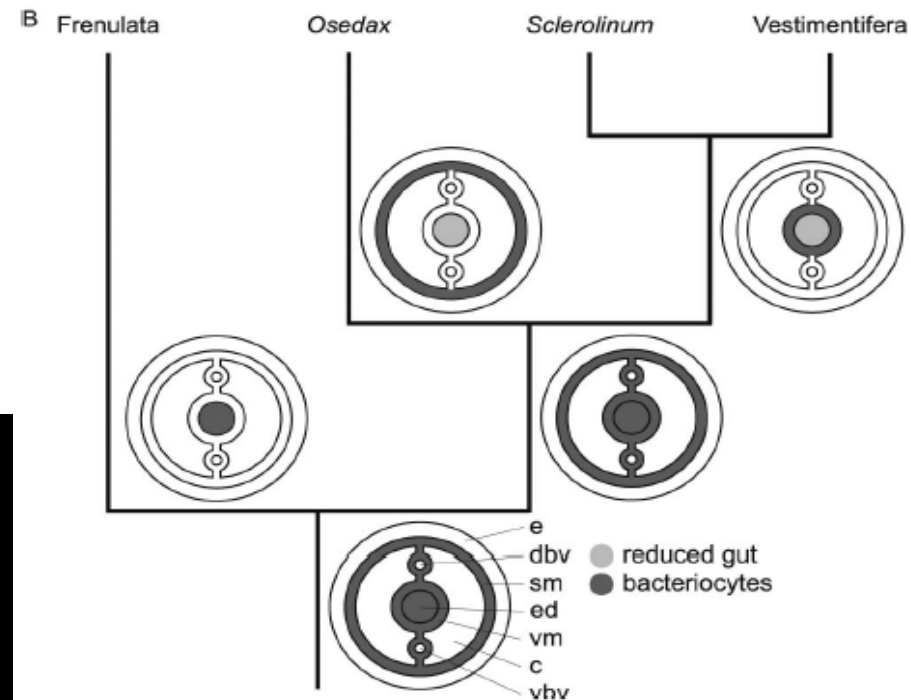
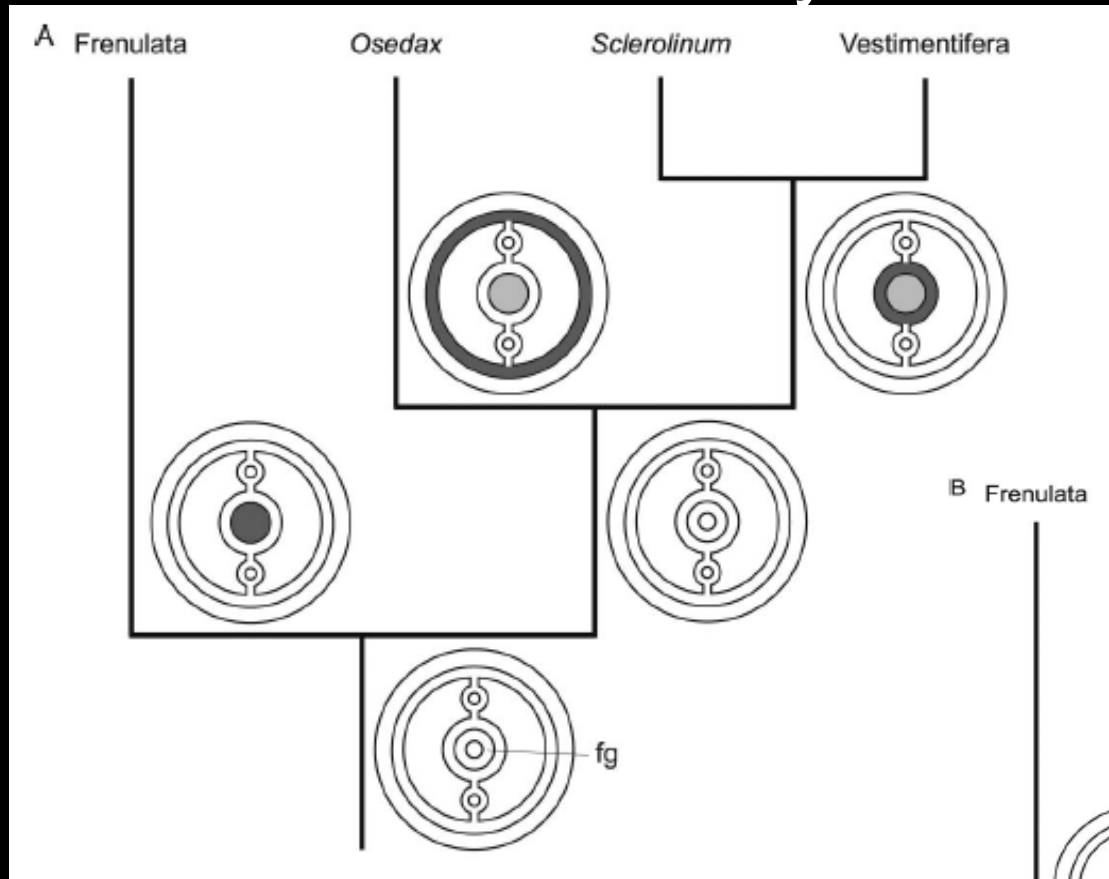
Хемосинтезирующие бактерии окисляют CH_4 , H_2S и жирные кислоты, преобразуя их в углеводороды



Вакуоли с бактериями

Трофосома – ткань, содержащая эндосимбиотических бактерий.

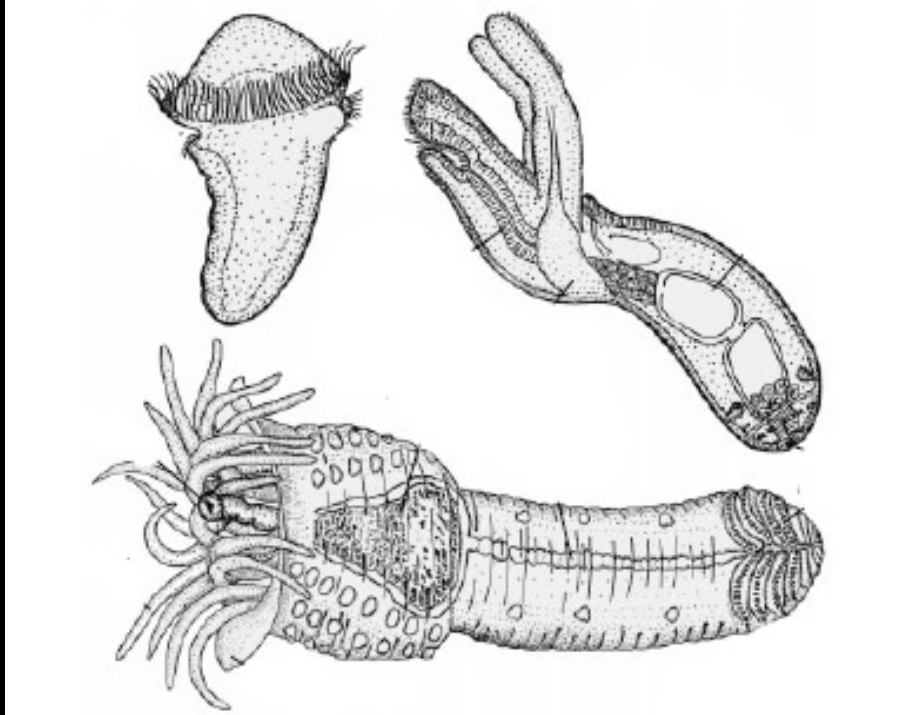
Возможные пути становления симбиотических связей у Сибоглинид



Reference: *Biol. Bull.* 220: 128–139. (April 2011)
© 2011 Marine Biological Laboratory

SIGRID KATZ^{1,*}, WALTRAUD KLEPAL², AND MONIKA BRIGHT¹

Как сибоглиниды заражаются бактериями?



1-я гипотеза

После описания планктотрофных плавающих личинок вестиментифер возникло предположение о том, что эти личинки питаются бактериальными матами и заражаются, проглатывая личинок.

2-я гипотеза

Позднее было показано, что бактерии-симбионты колонизируют трубку вновь осевшей вестиментиферы и проникают в тело червя через покровы, что происходит на ранних стадиях развития и соответствует времени дифференцировки трофосомы из мезодермальной ткани

Pogonophora

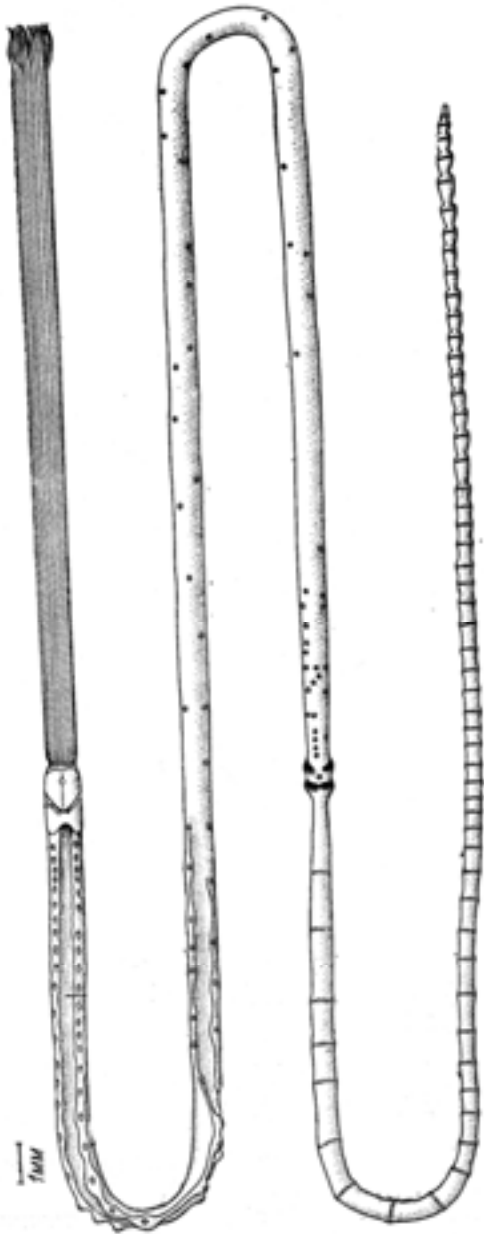
Около 100 видов.

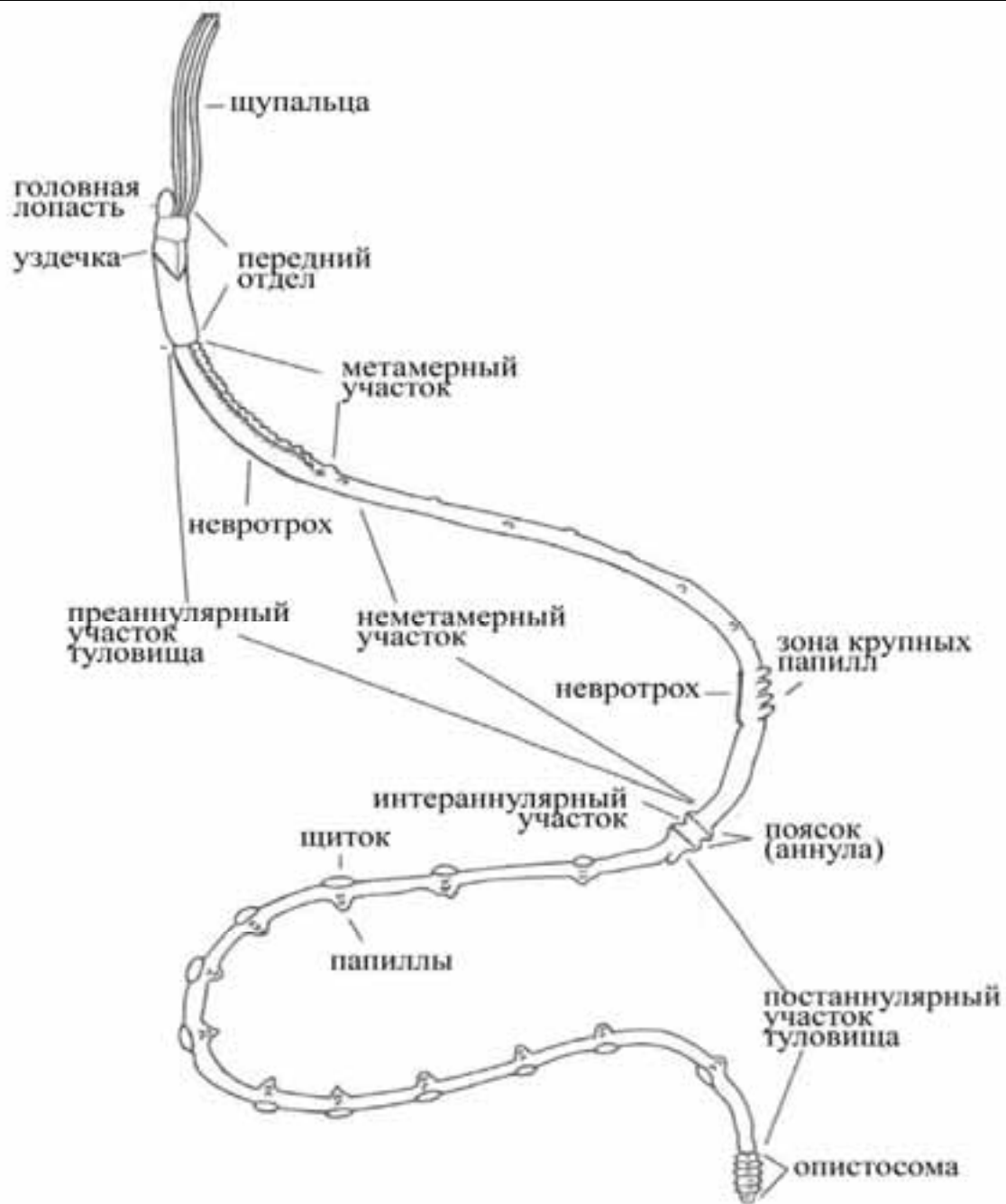
Глубины распространения: 100-10000
м

Бентосные организмы, живущие в
тонких трубках в толще осадка

В среднем 1-2 мм в диаметре, и от 10
до 100 мм в длину. Трубки в 2-3 раза
длиннее чем тело.

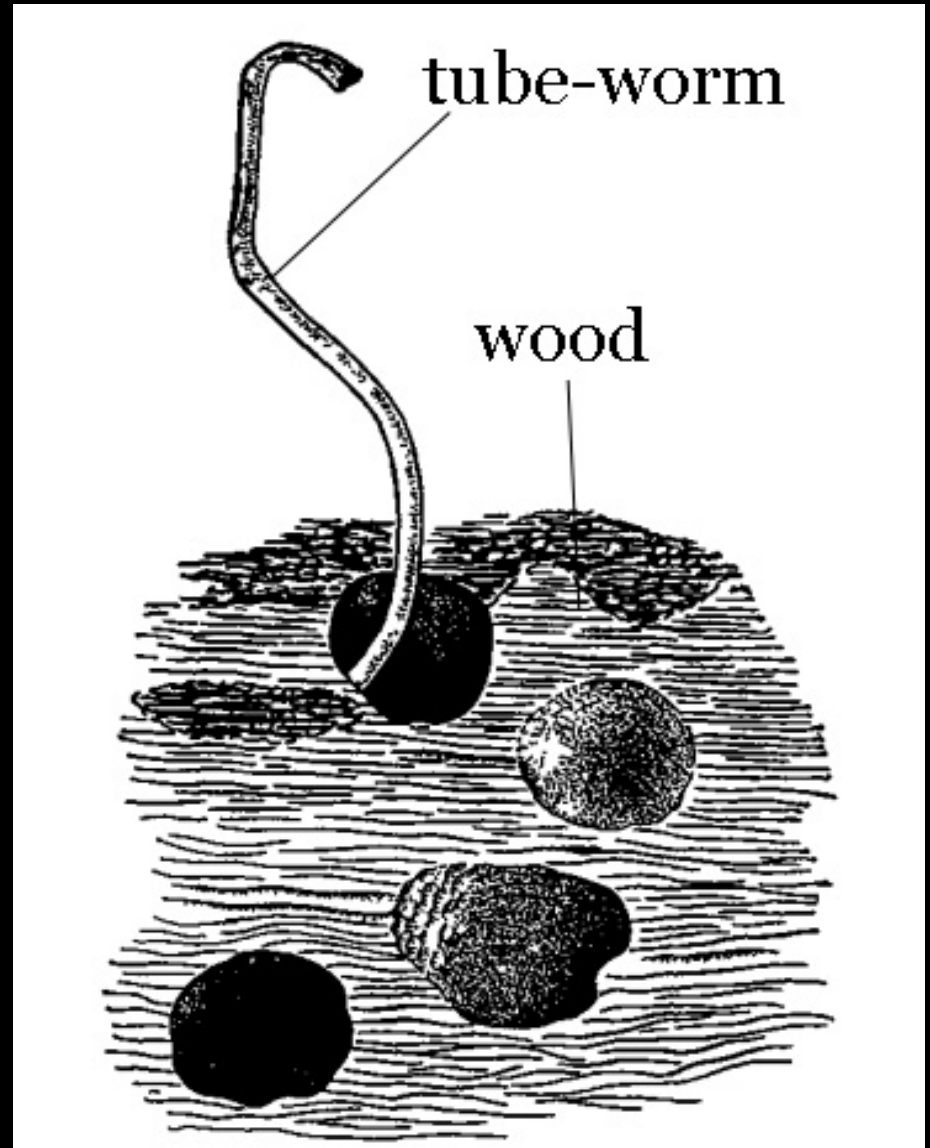
Головная лопасть несет корону 1-200
щупалец





Monilifaera = *Sclerolinum*

Живут на затонувших
стволах деревьев.



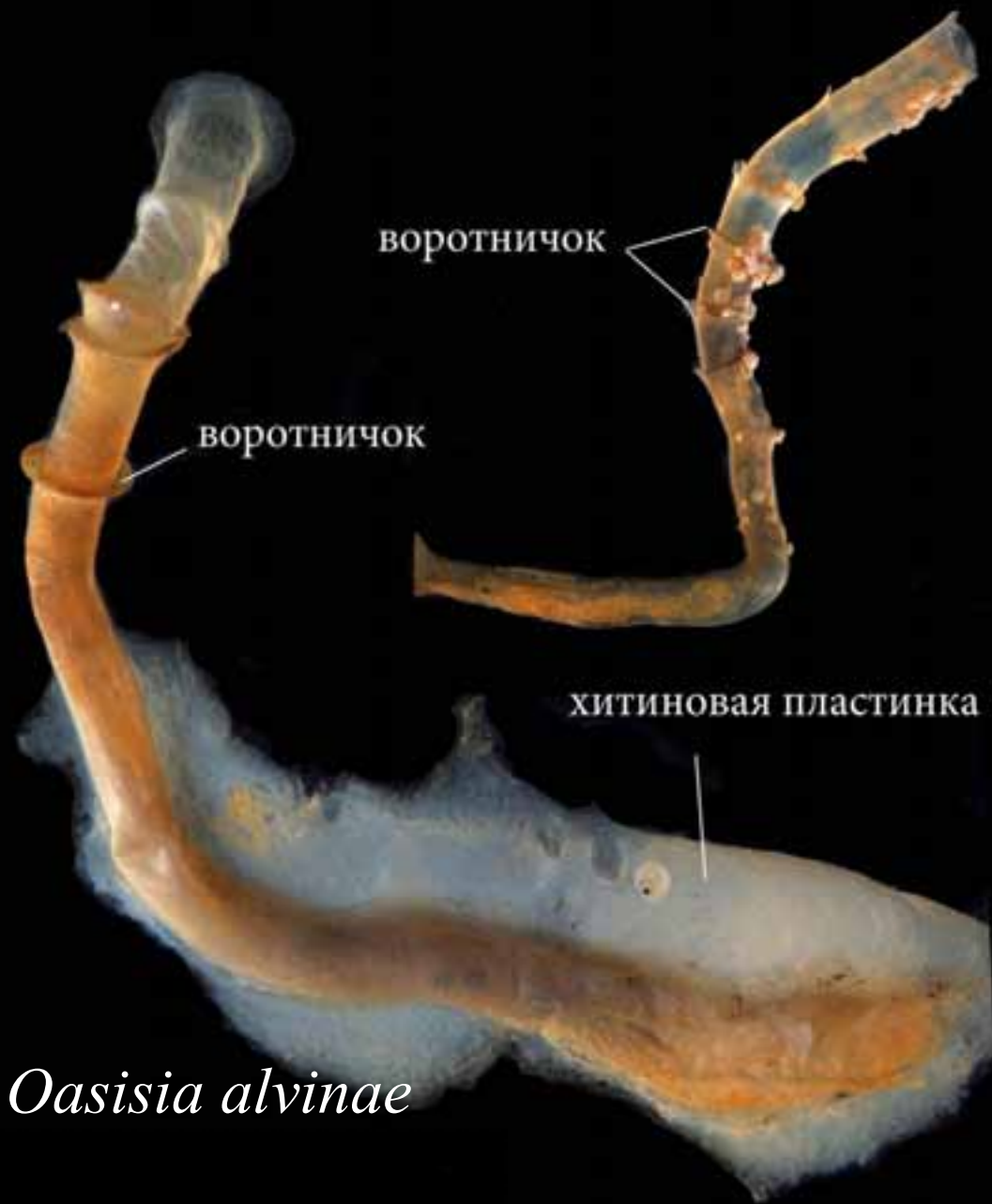
Вестименитферы – обитатели гидротермальных источников, диффузных просачиваний и мягких грунтов.

Обитают на глубинах от 82 до 3300 м.



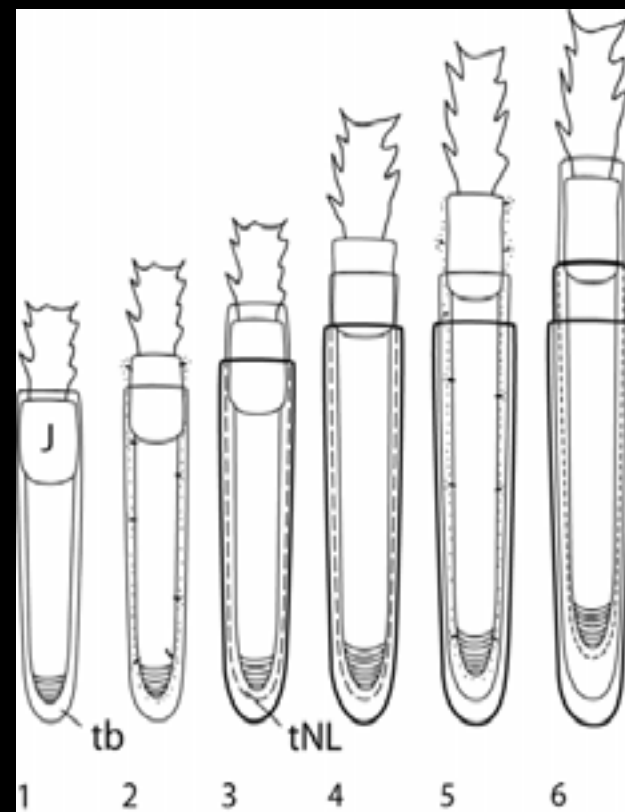
[COURTESY PHOTO]





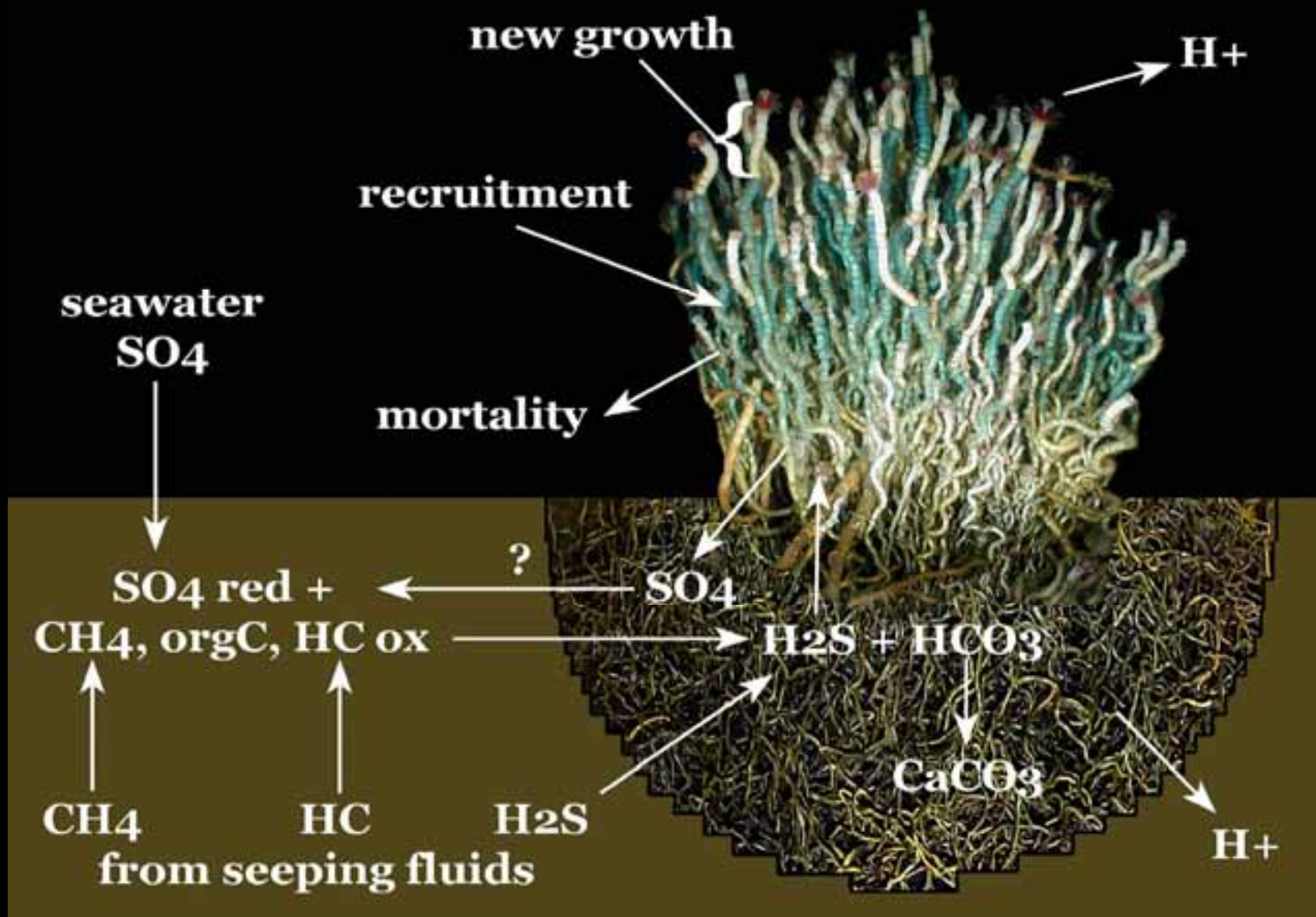
Oasisia alvinae

ТРУБКА



Riftia pachyptilla

Трубки *Lamellibrachia*



Vestimentifera

Морфология

OR- обтюракальный отдел

Содержит пару хрящевидных выростов, поддерживающих щупальцевую корону

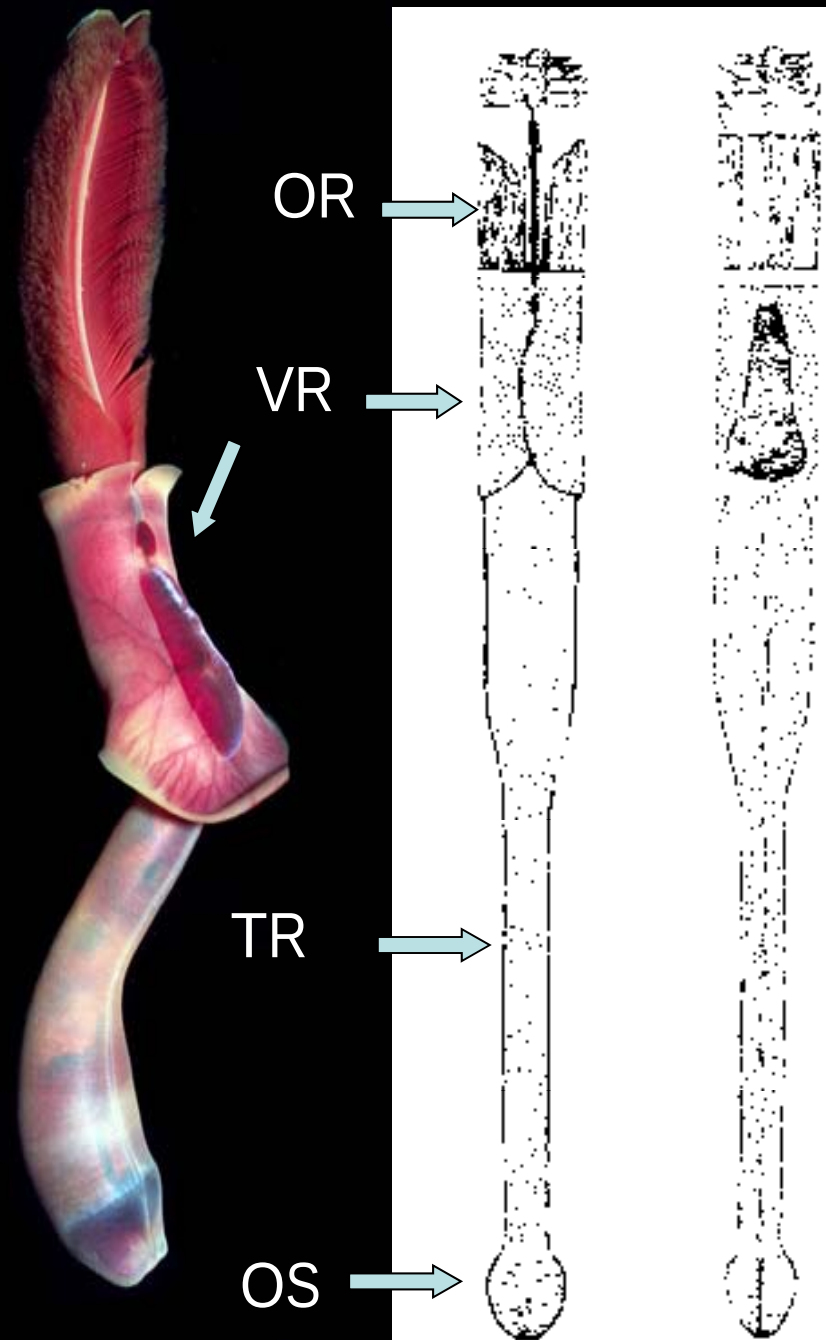
VR- Вестиментальный отдел

Несет ресничное поле и пару складок тела, загибающихся на дорзальную сторону

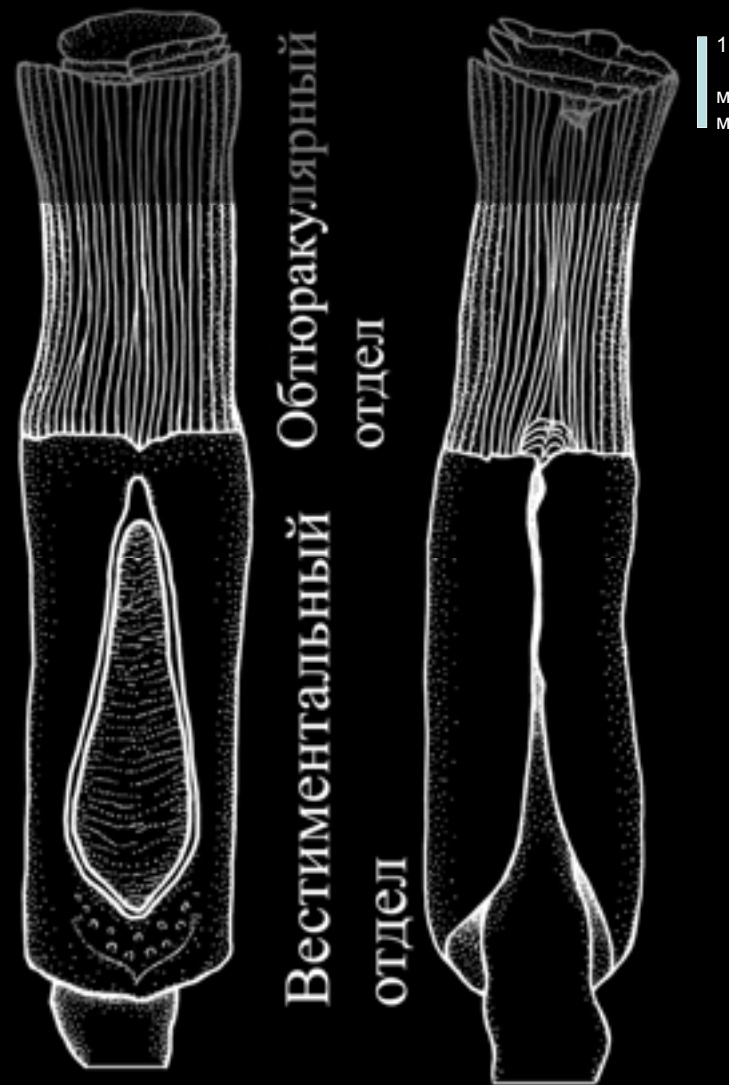
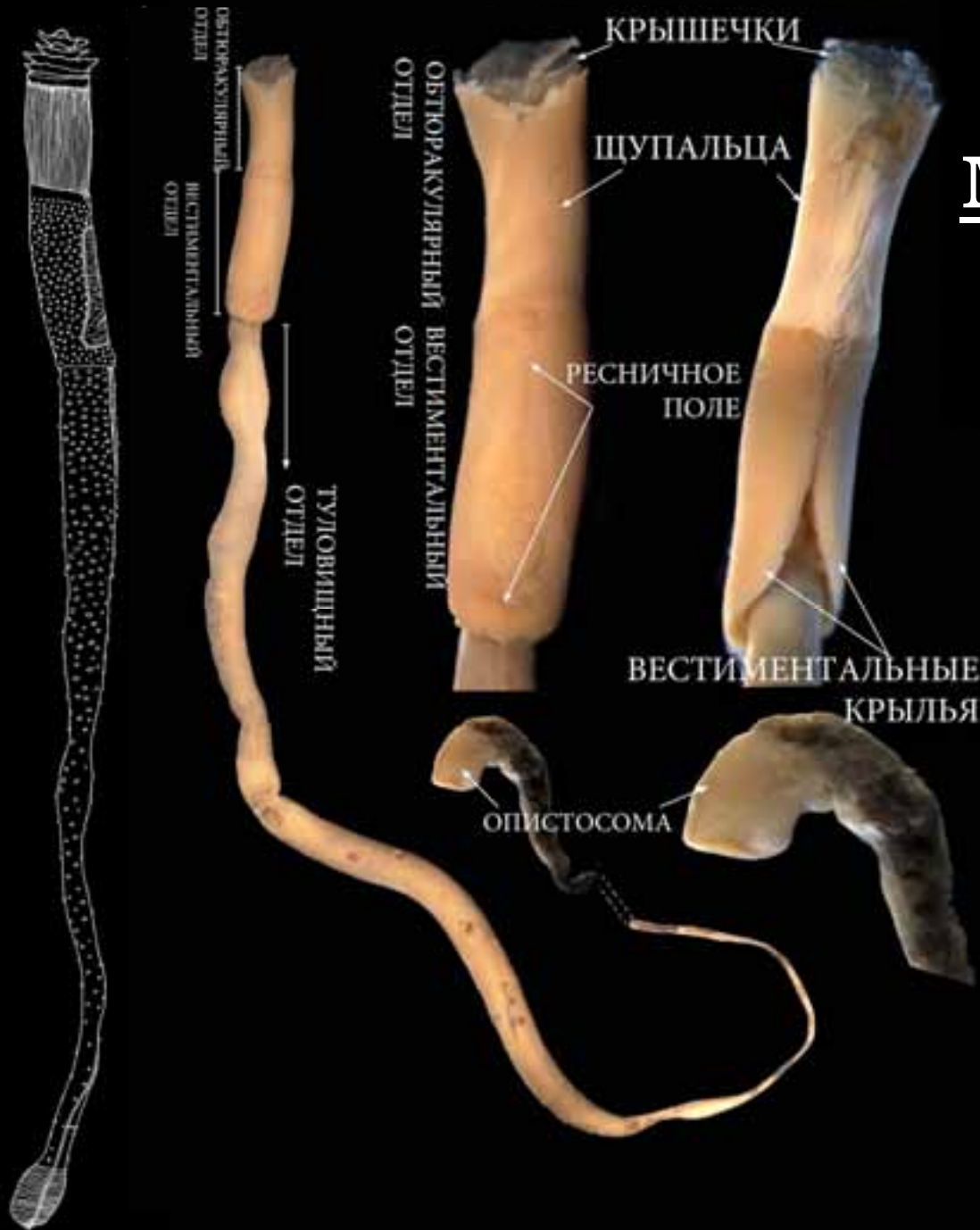
TR- туловищный отде

Соединяет трофосому и хорошо развитую целомическую полость.

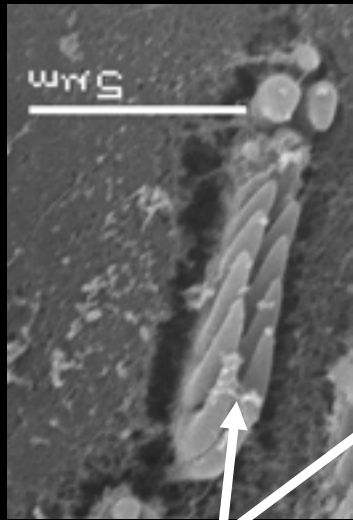
OS-сегментированная опистосома, несущая ряды щетинок



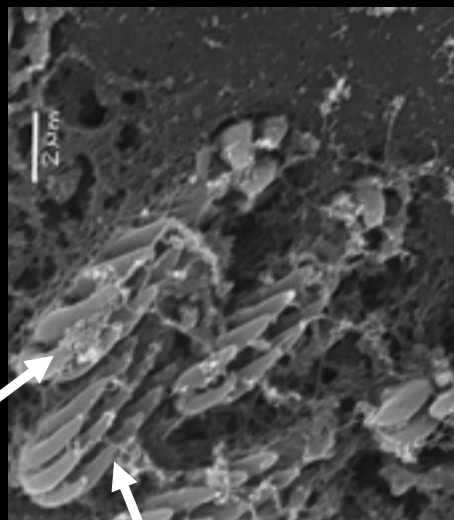
Внешняя морфология



Щетинки

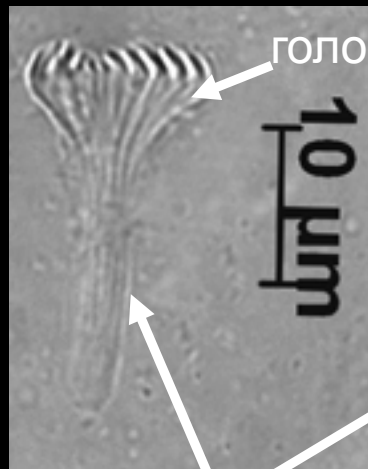


2 ряда
зубцов



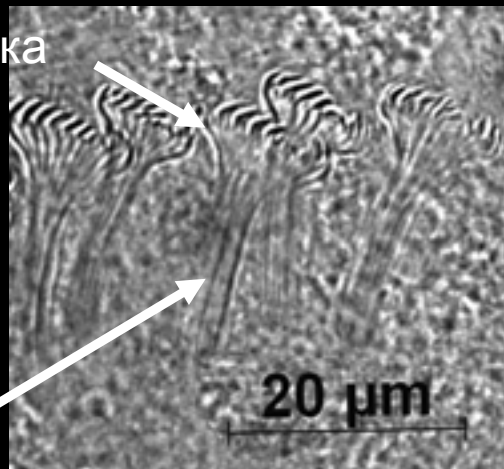
3 ряда
зубцов

Форма щетинок



головка

рукоятка



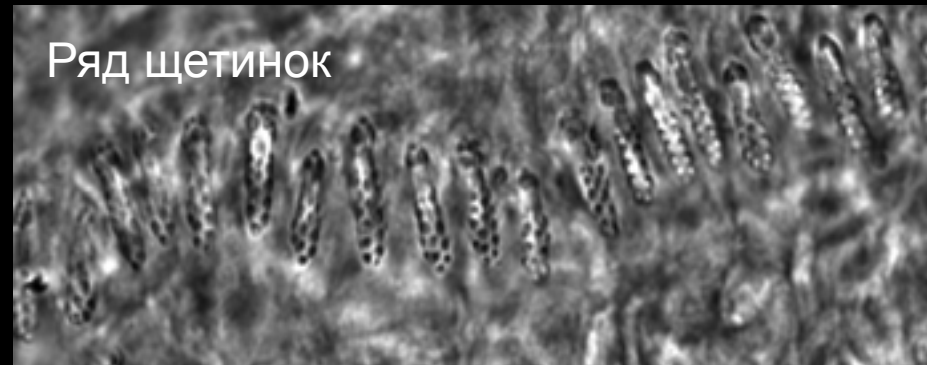
Опистосома

Щетинконосные
сегменты

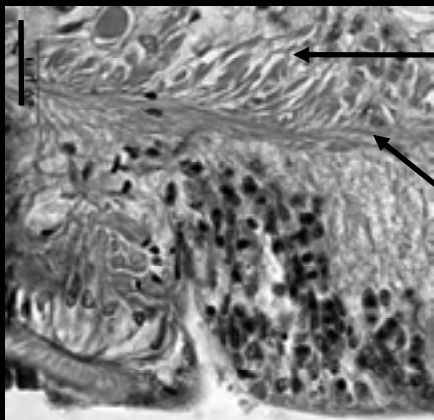


Вентральный
нервный ствол

Ряд щетинок

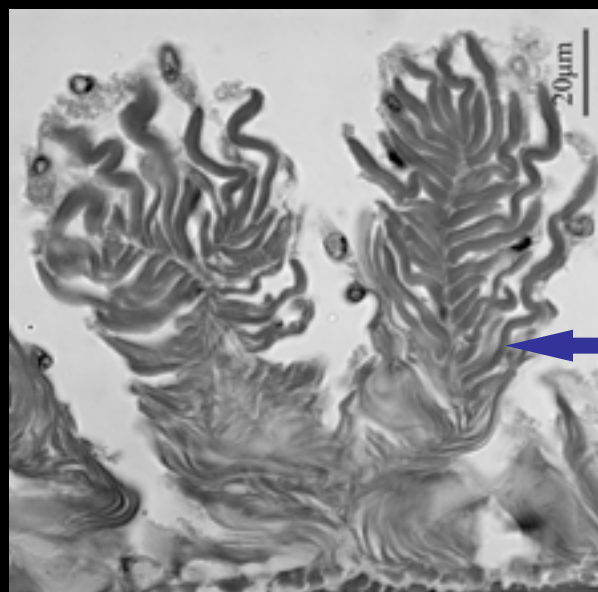


МУСКУЛАТУРА

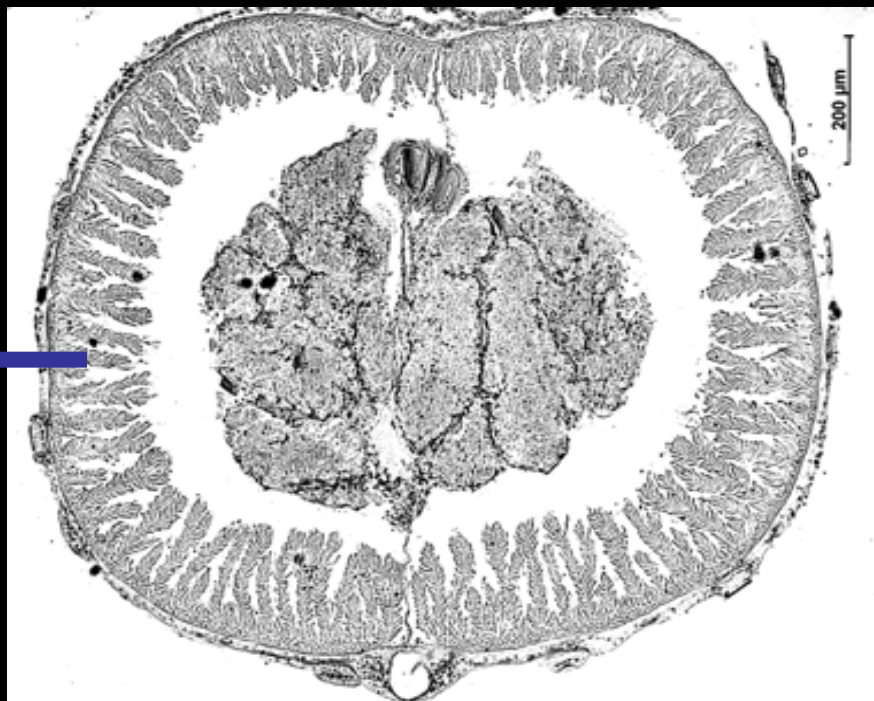


продольные

кольцевые

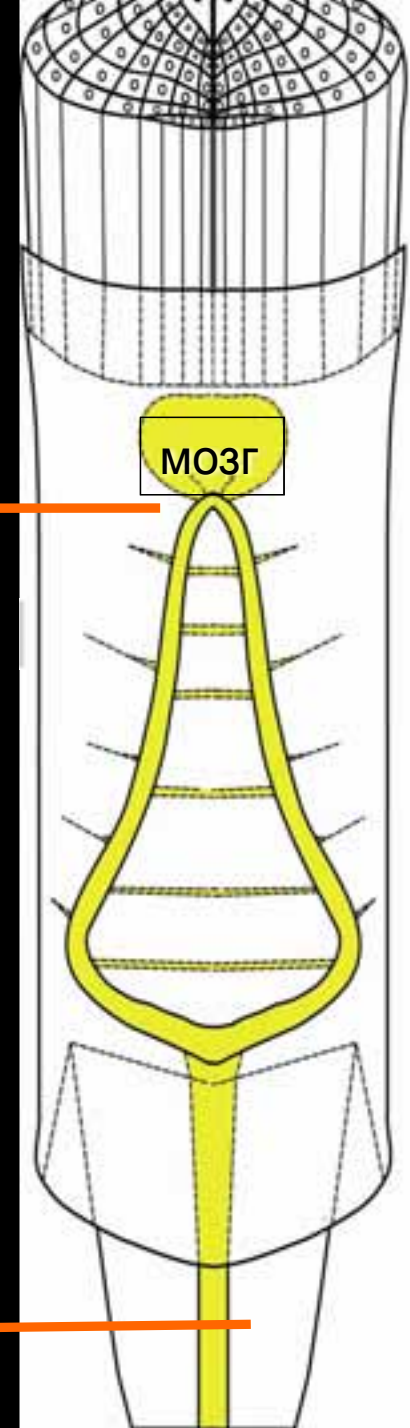
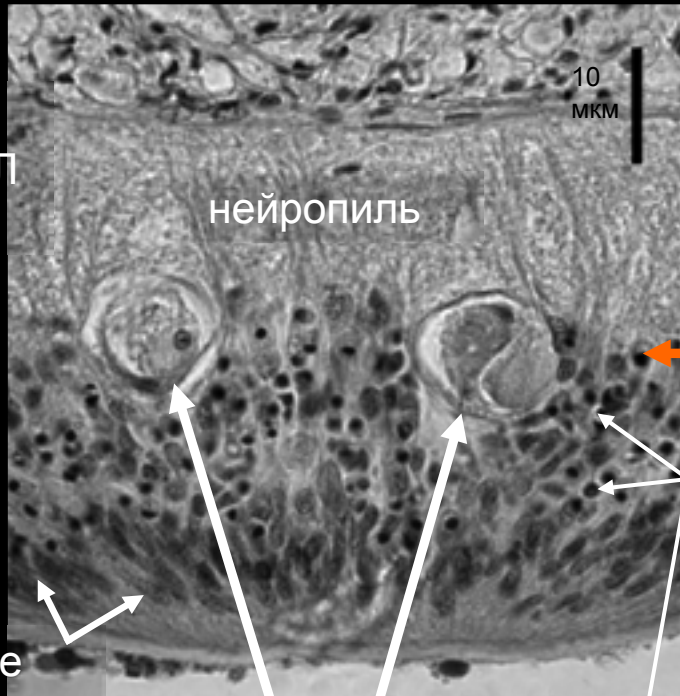


Перьевидные мышцы

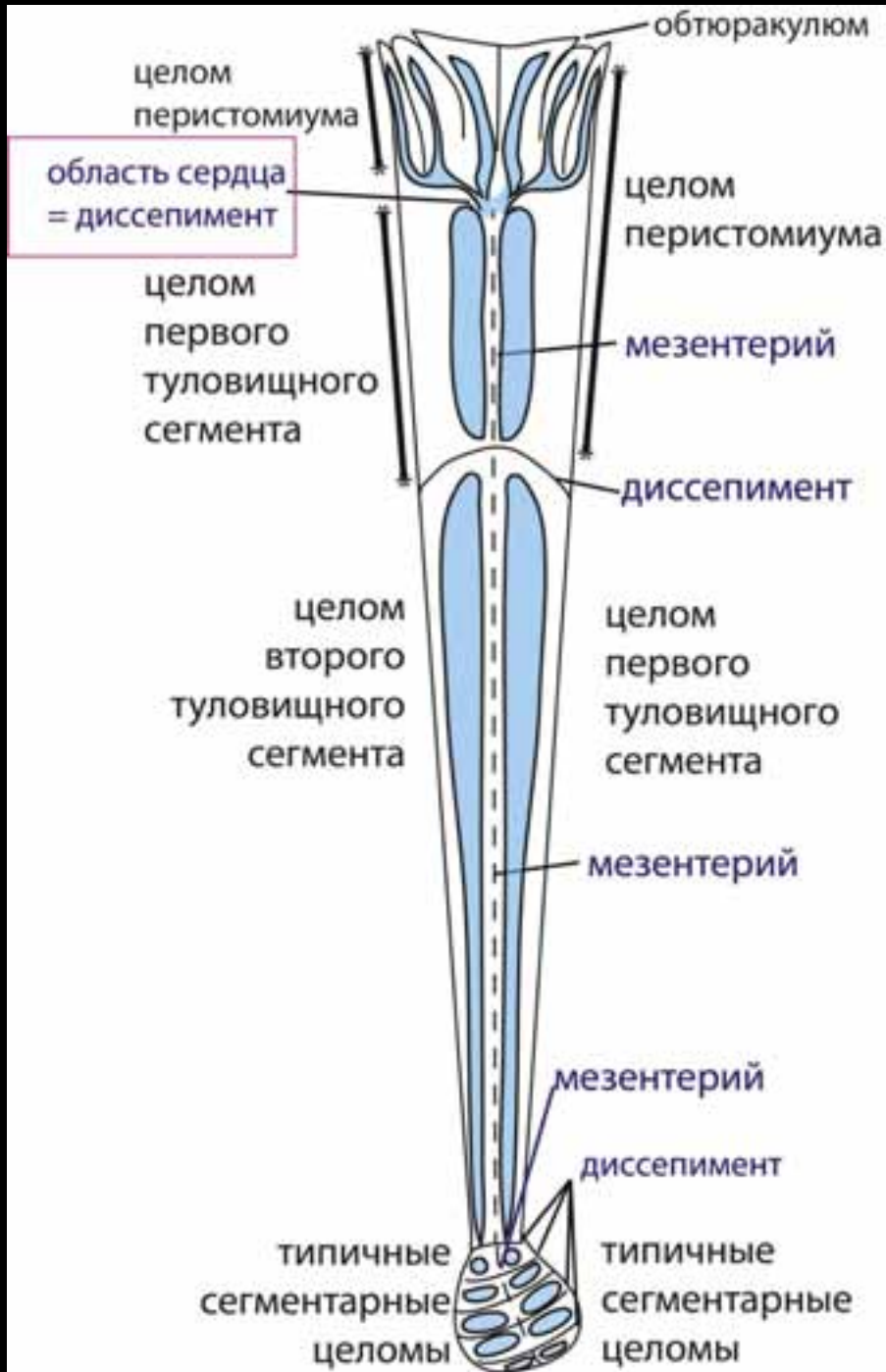


Нервная система

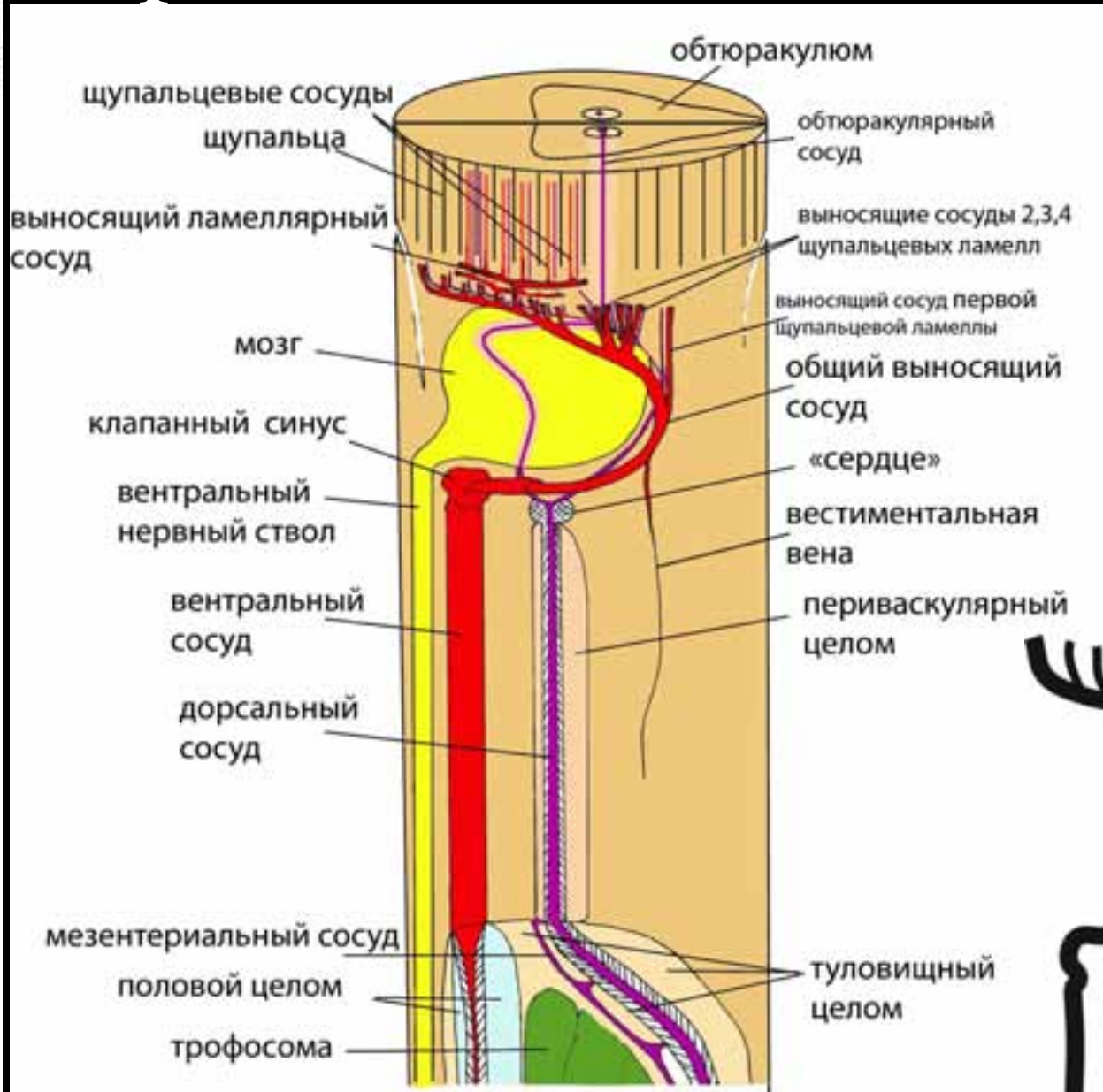
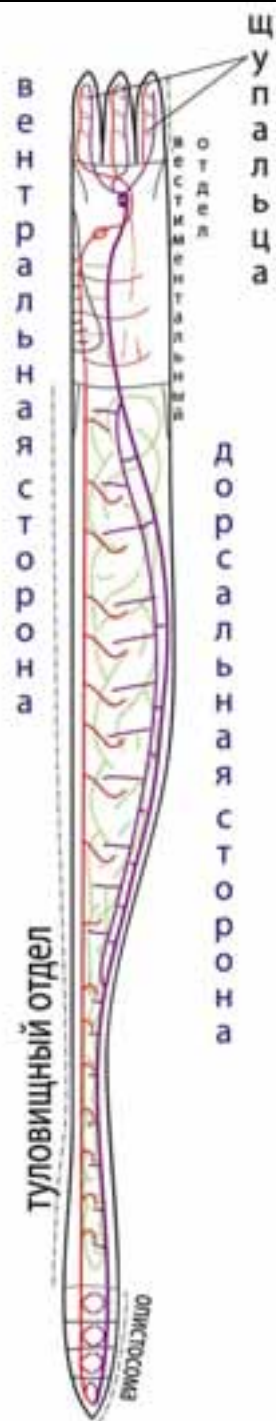
ВЕНТРАЛЬНЫЙ
НЕРВНЫЙ СТОЛО



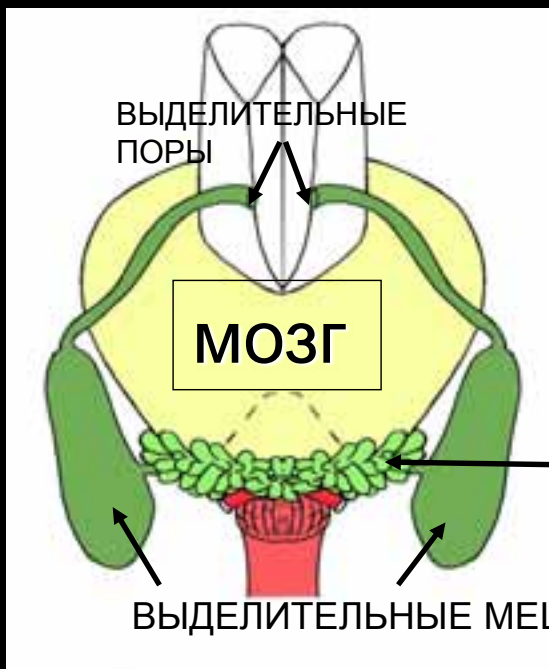
Организация целомических полостей



Кровеносная система

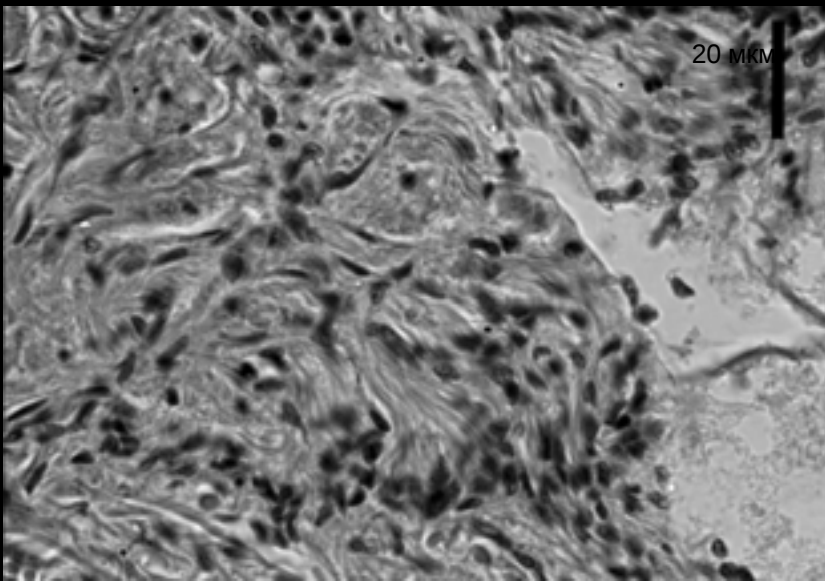


Выделительная система

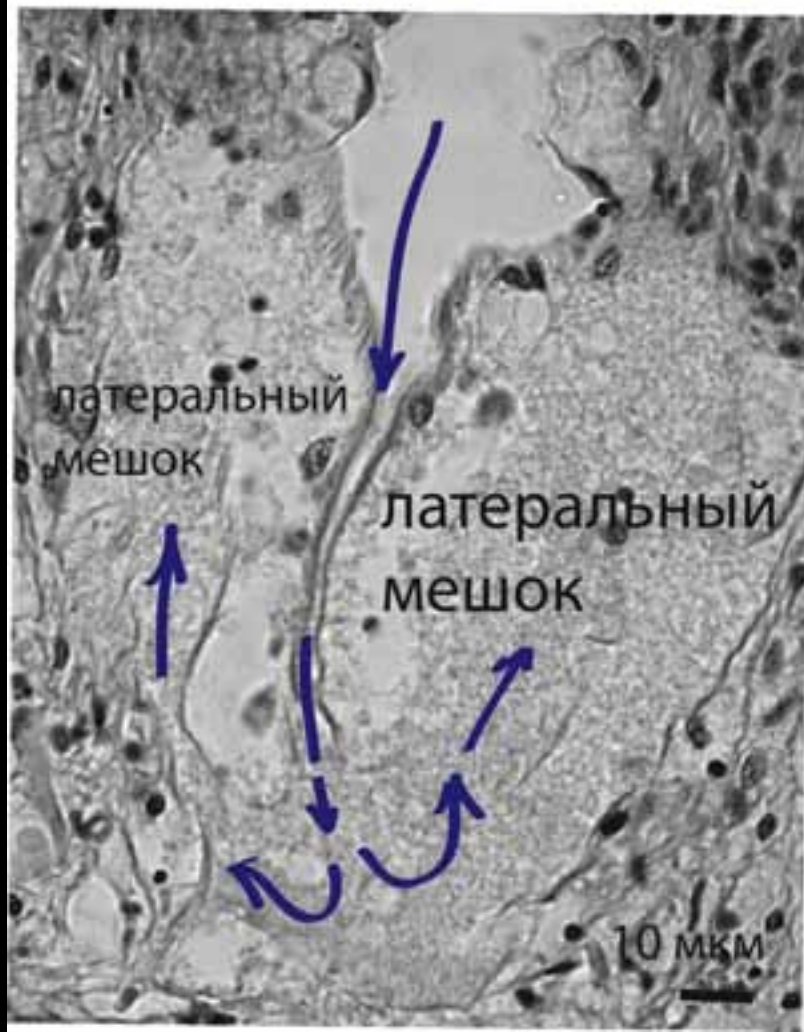


ВЫДЕЛИТЕЛЬНОЕ
ДЕРЕВО

Трубочки выделительного
дерева



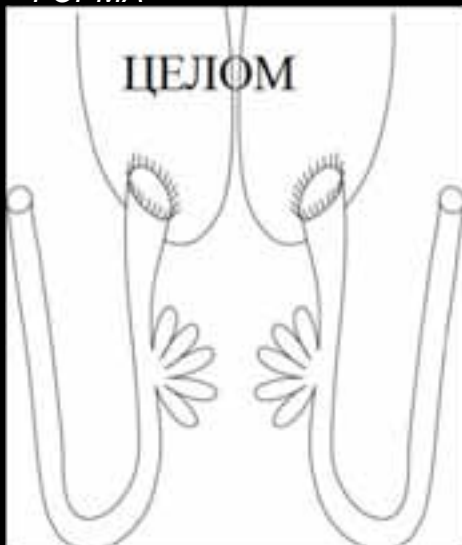
ПУТЬ КРОВОТОКА
через
SINUS VALVATUS



ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ
ПРОМЕЖУТОЧНАЯ
ФОРМА

SEDENTARIA

Гипотетическая
схема
возникновения
выделительных
органов
вестиментифер



метанефрдии

POGONOPHORA

VESTIMENTIFERA

метанефрдии +
вторичные
протонефрии



метанефрдии +
вторичные протонефрии



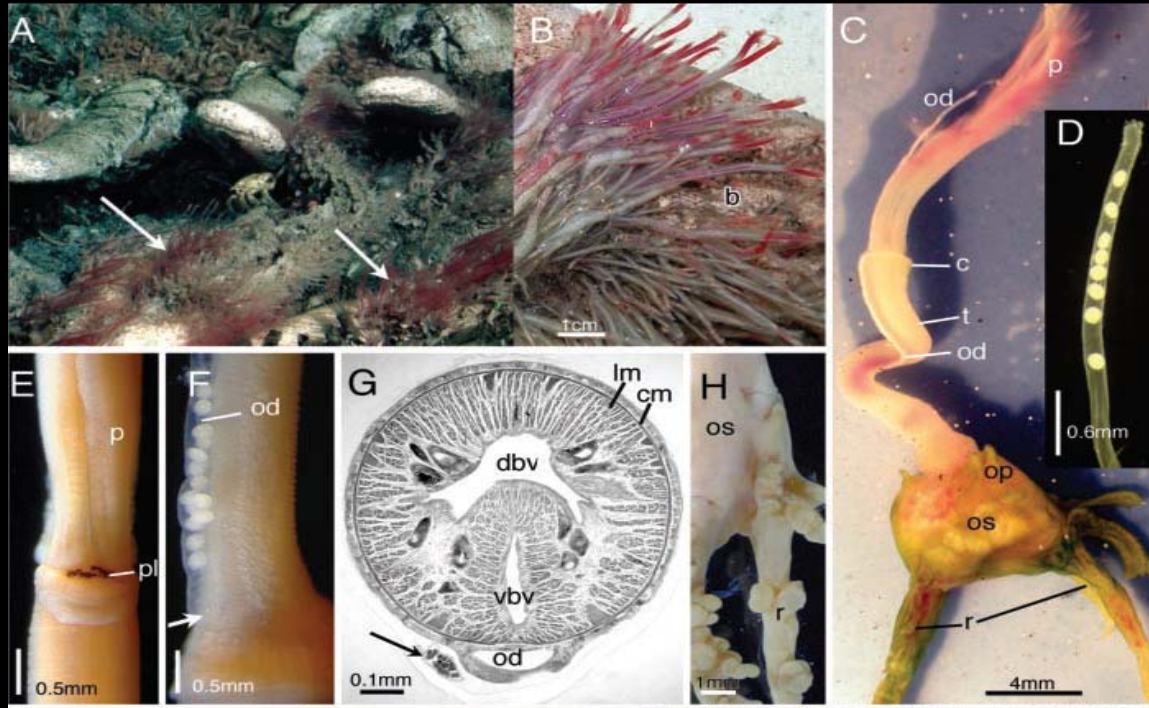
вторичные протонефрии

История изучения Сибоглинид 2004 г. первое описание *Osedax*

30 JULY 2004 VOL 305 SCIENCE

Osedax: Bone-Eating Marine Worms with Dwarf Males

G. W. Rouse,^{1,2*} S. K. Goffredi,^{3*} R. C. Vrijenhoek^{3†}

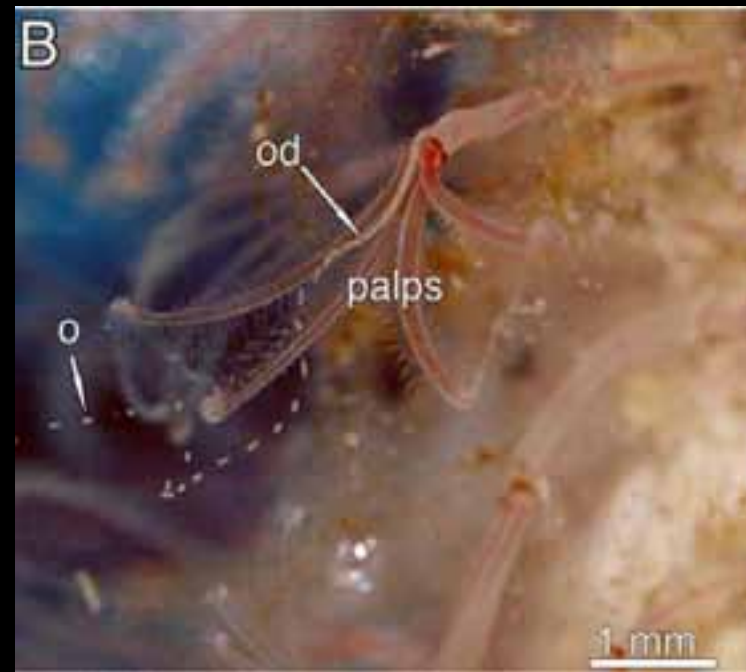


Впервые обнаружены в 2004 году на останках синего кита в заливе Монтерей у берегов Калифорнии на глубине 2893 м.

Osedax

Zombie worms.

Osedax в переводе с латыни “поедающий кость”



Not whale-fall specialists, *Osedax* worms also consume fishbones

Greg W. Rouse, Shana K. Goffred, Shannon B. Johnson and Robert C. Vrijenhoek
Biol. Lett. 2011 7: 736-739 first published online 13 April 2011
doi: 10.1098/rsbl.2011.0202

Osedax



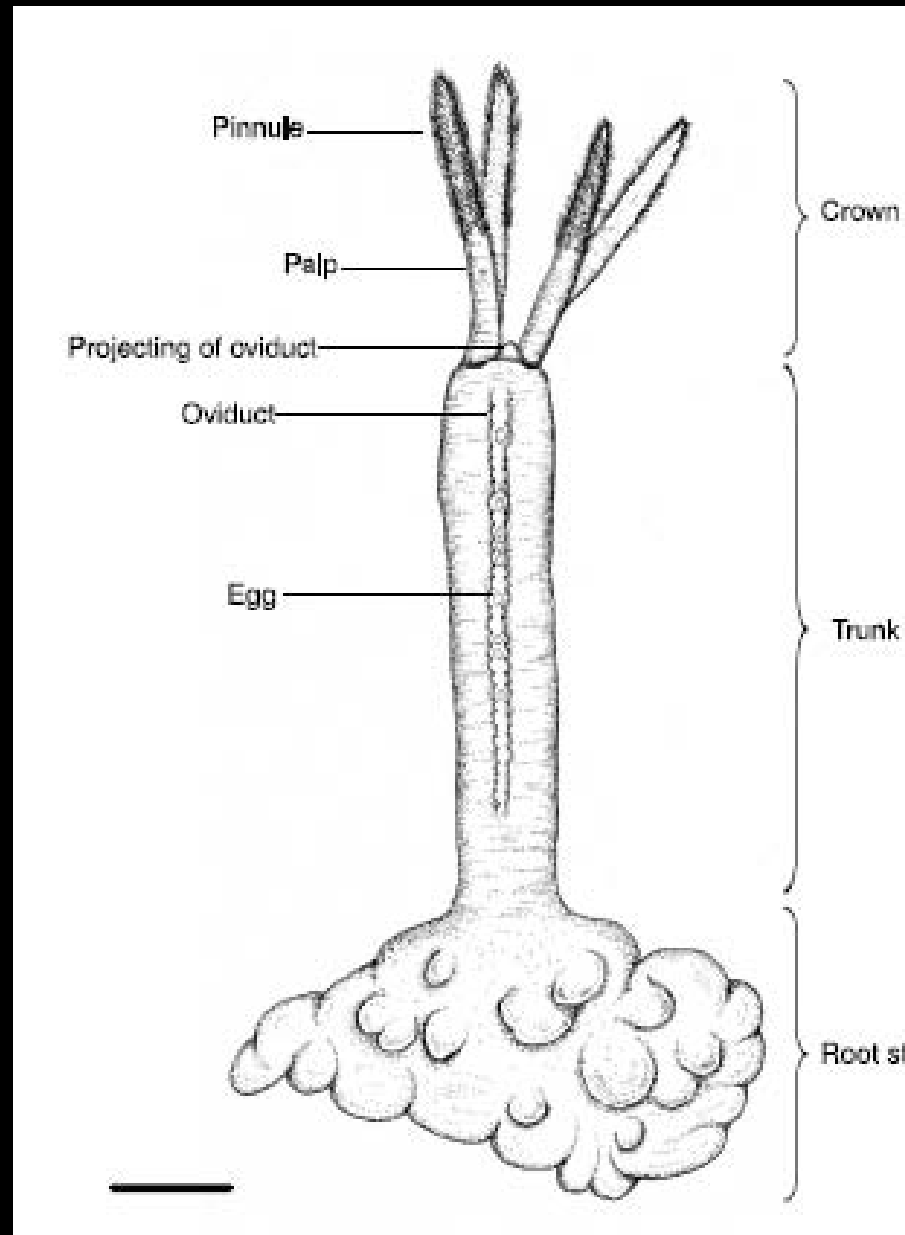
Взрослые самки живут
в секретированных
трубках из
желатиноподобного
материала.

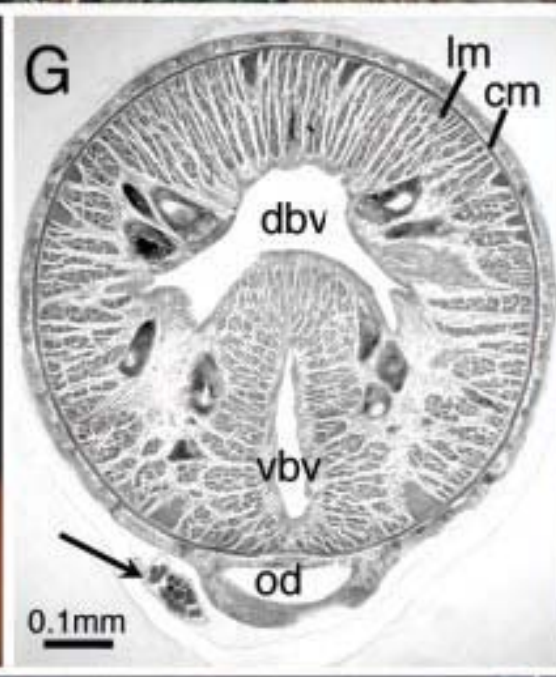
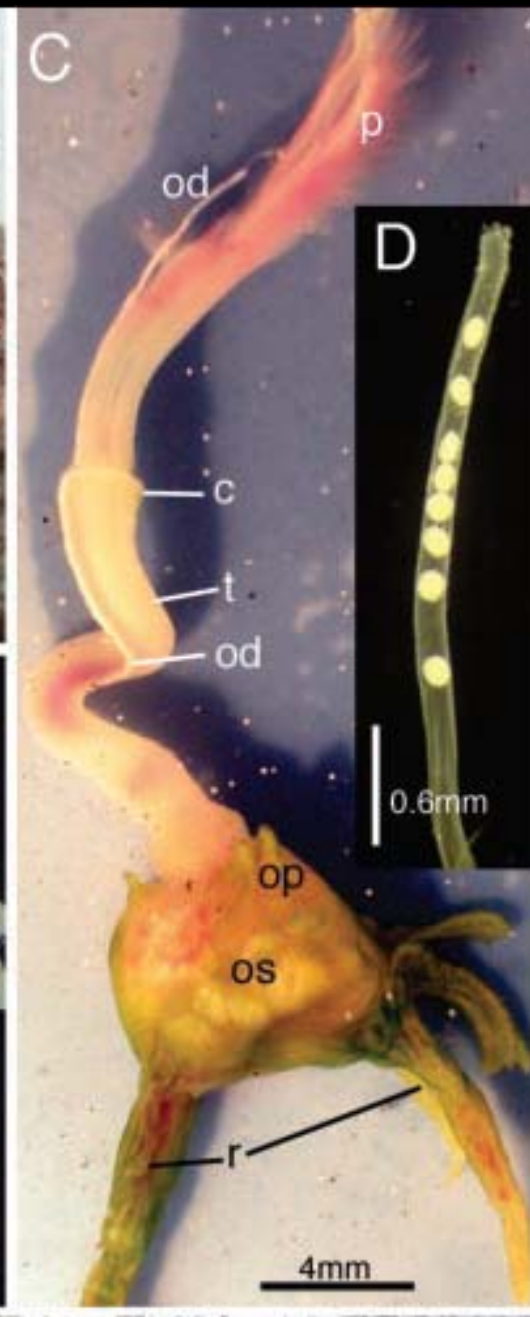
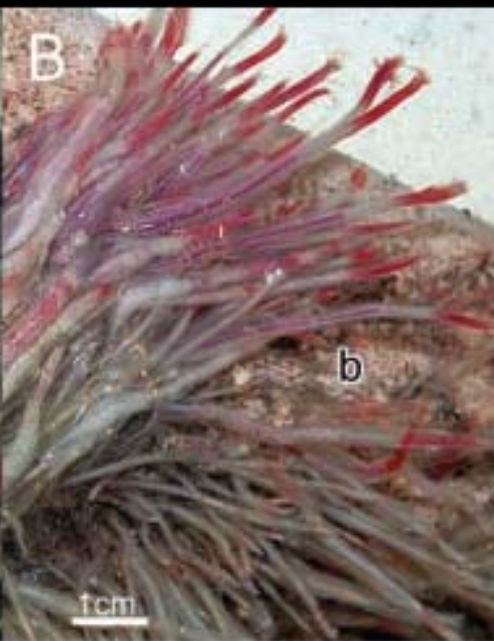
Тело подразделяют на
“корону”, туловище и
корень.

Корона несет две пары
пальп с пиннулами.

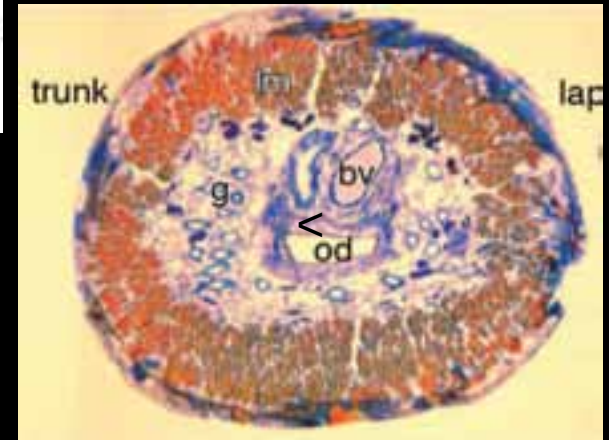
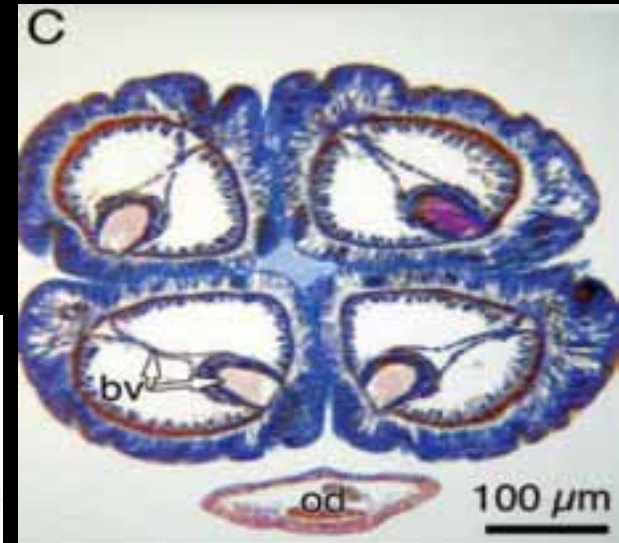
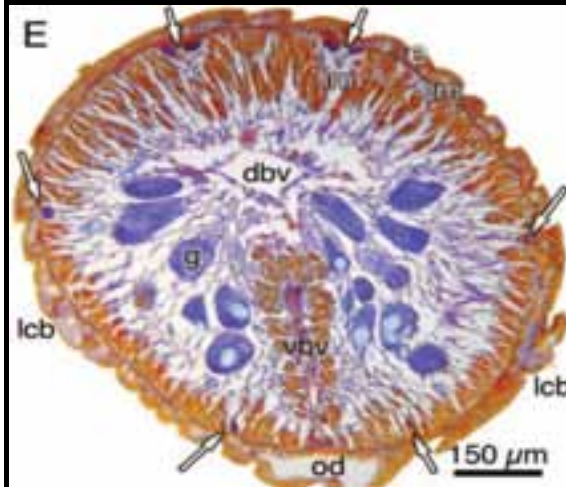
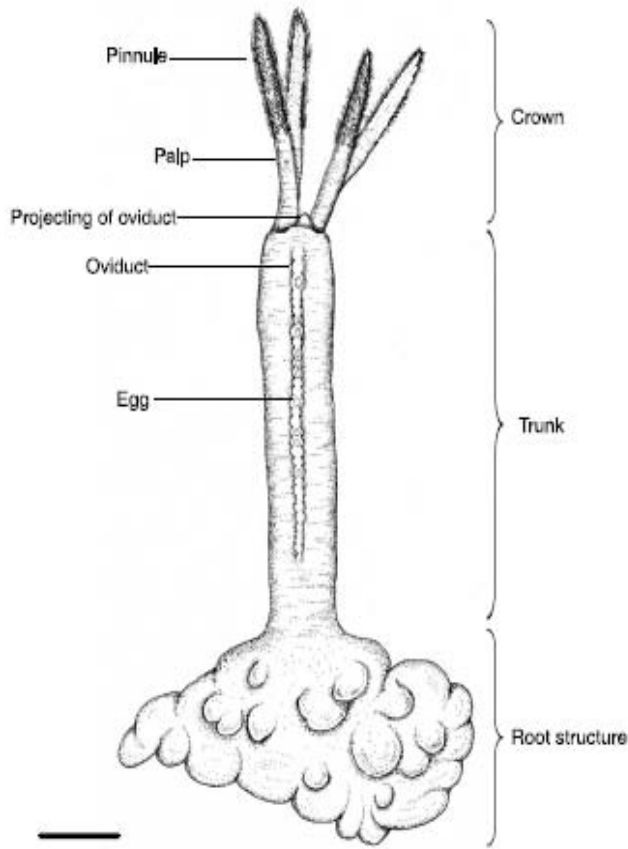
Корень погружается в костную ткань и
заполнен трофосомой, содержащей
симбиотические бактерии рода
Oceanospiralles

В трубке каждой самки живет от
нескольких десятков до нескольких
сотен карликовых самцов.



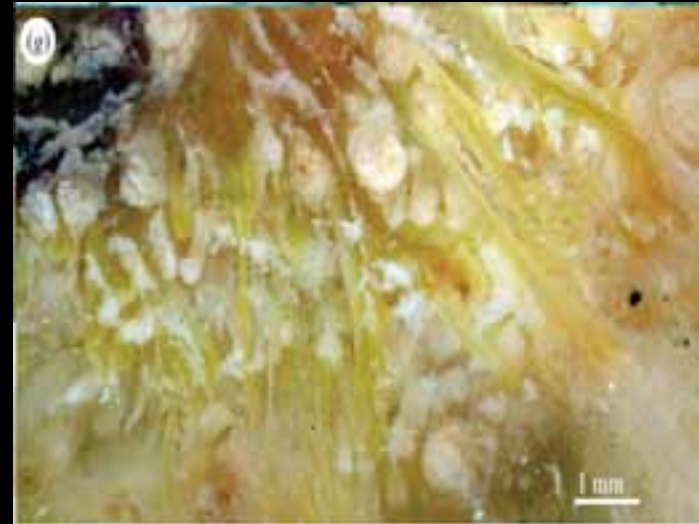
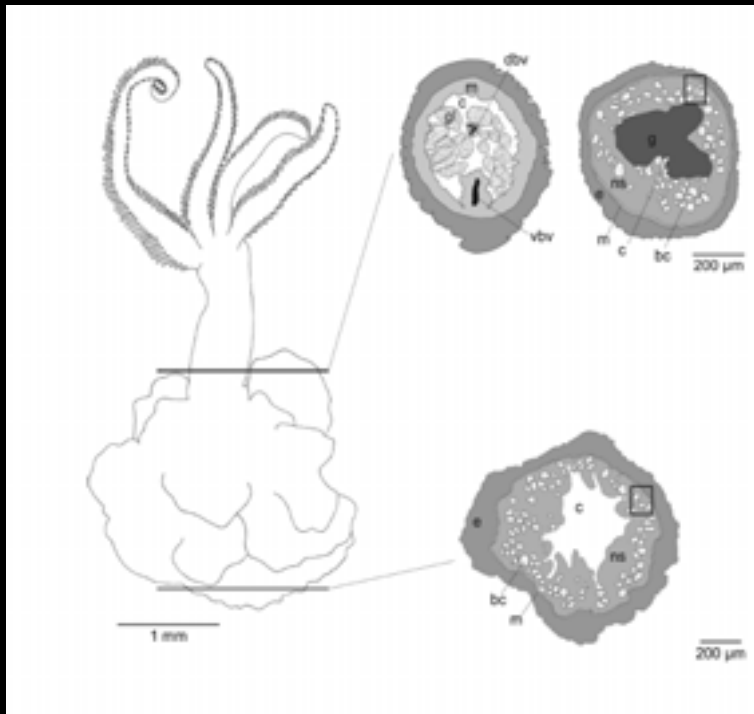


Анатомическое строение *Osedax*: щупальца, туловище



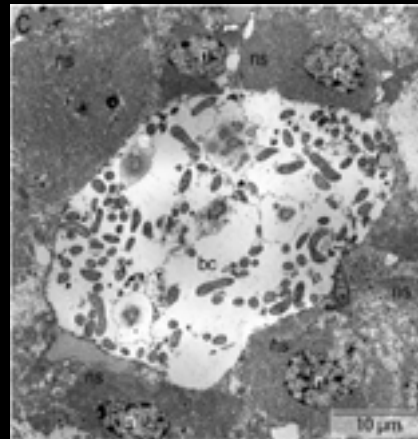
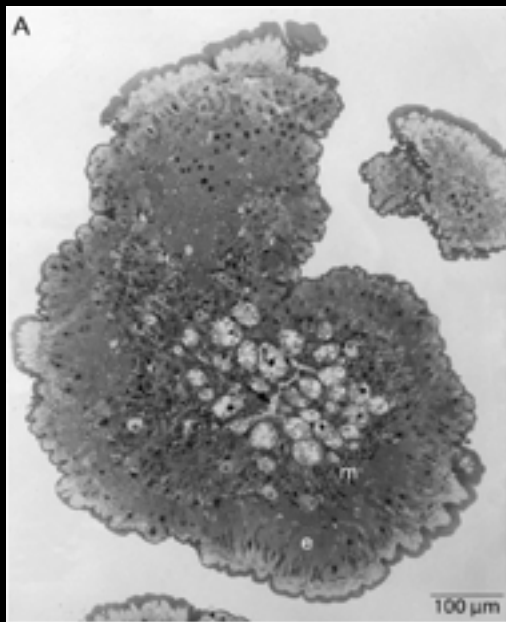
Reference: *Biol. Bull.* 214: 67–82. (February 2008)
© 2008 Marine Biological Laboratory

Τροφосоμα *Osedax*



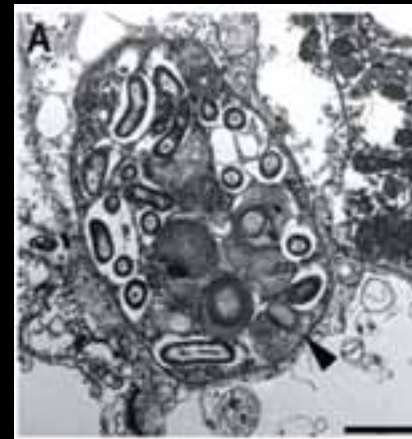
Not whale-fall specialists, *Osedax* worms also consume fishbones

Greg W. Rouse, Shane K. Goffredi, Sharmen B. Johnson and Robert C. Vrijenhoek
Biol. Lett. 2011 7, 726-728 first published online 13 April 2011
 doi: 10.1098/rsbl.2011.0202



**The *Osedax* Trophosome:
 Organization and Ultrastructure**

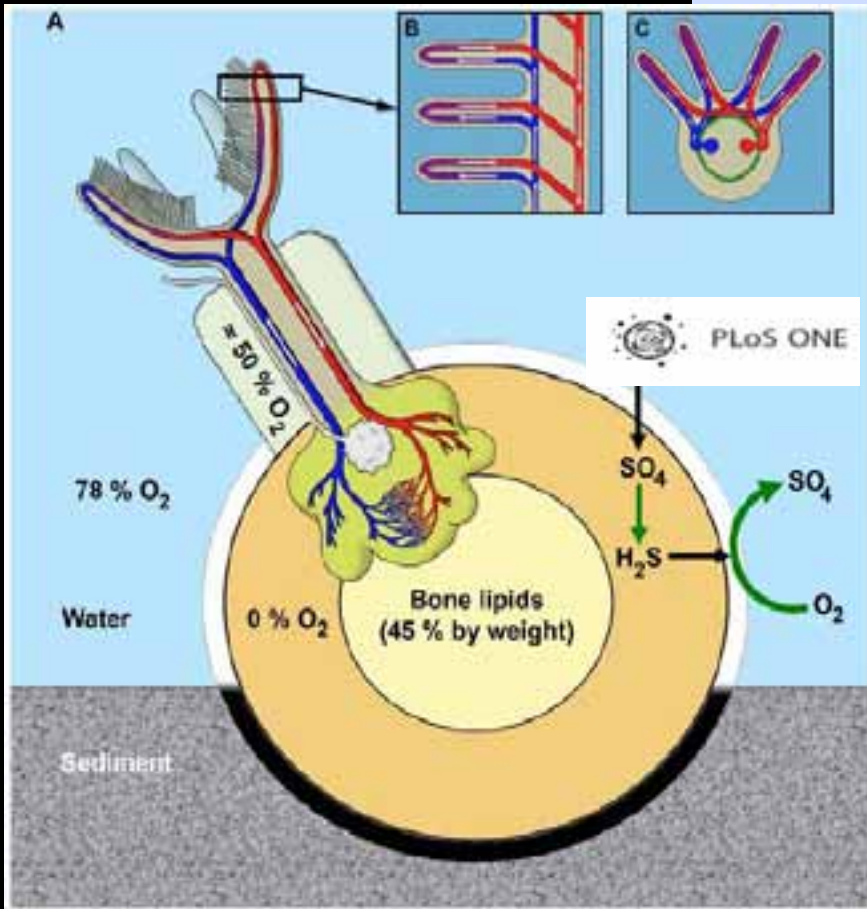
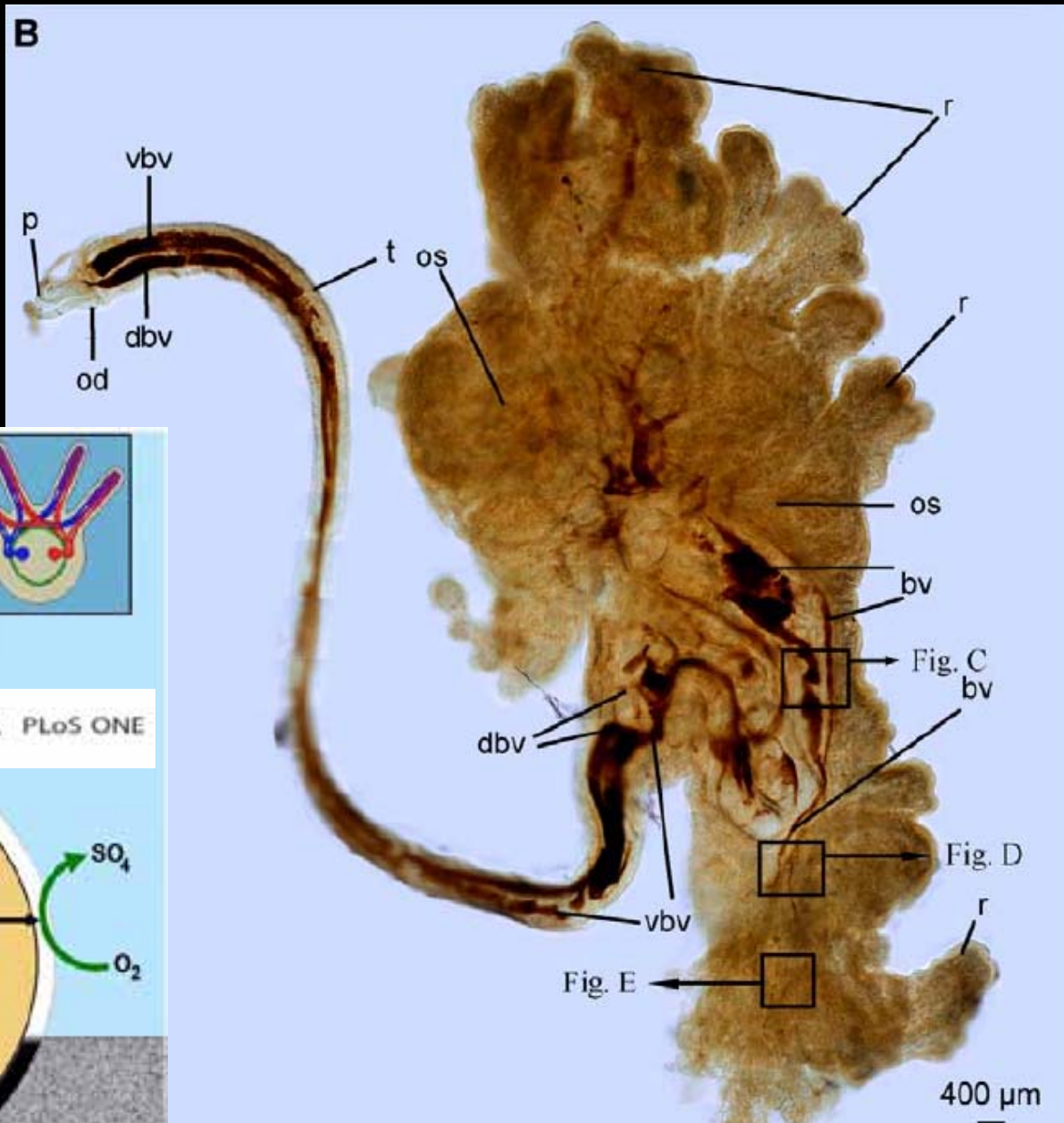
Reference: *Biol. Bull.* 220: 128–139. (April 2011)
 © 2011 Marine Biological Laboratory



Environmental Microbiology (2005) 7(9), 1369–1378

**Evolutionary innovation: a bone-eating
 marine symbiosis**

Кровеносная система *Osedax*

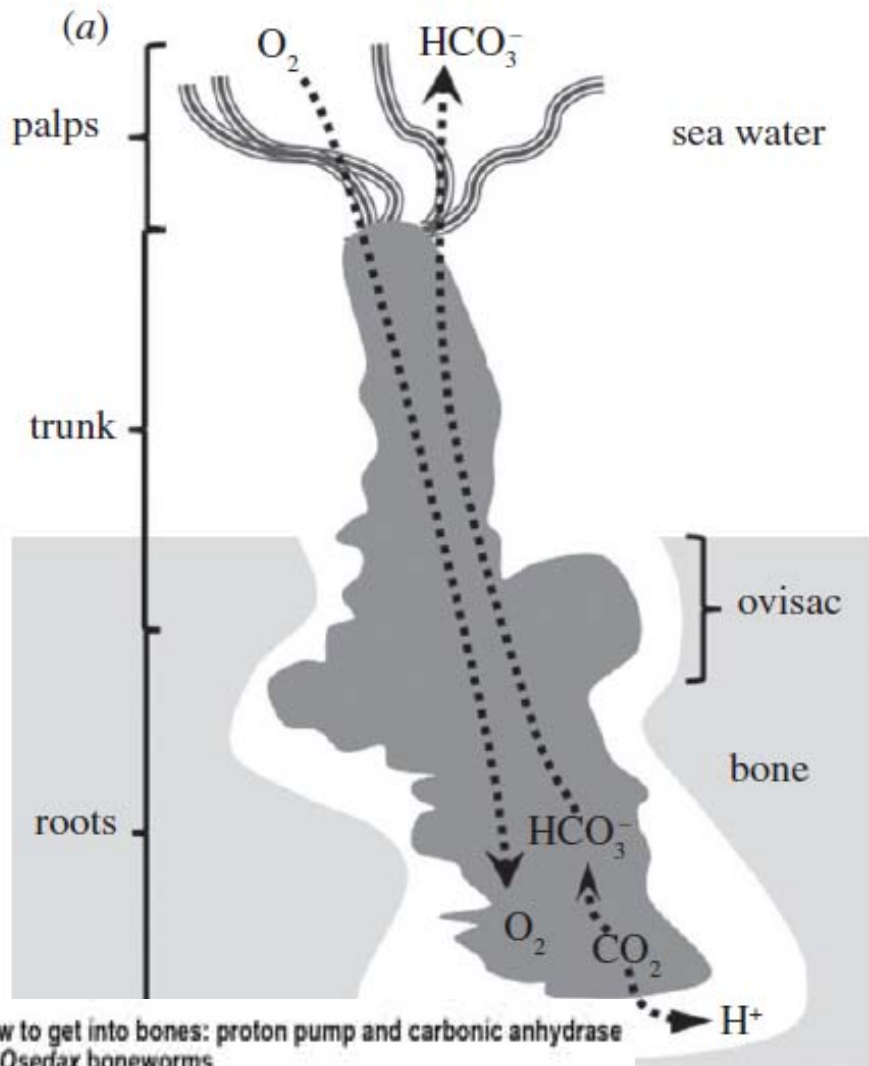


The Potent Respiratory System of *Osedax mucofloris* (Siboglinidae, Annelida) - A Prerequisite for the Origin of Bone-Eating *Osedax*?

Randi S. Huonggaard¹, Bent Vismann², Michael Kühl^{1,2}, Martin Macnaughton³, Veronica Colman⁴, Greg W. Rouse⁵, Adrian G. Glover⁶, Thomas Dahlgren⁷, Katrine Woraae¹

April 2012 | Volume 7 | Issue 4 |

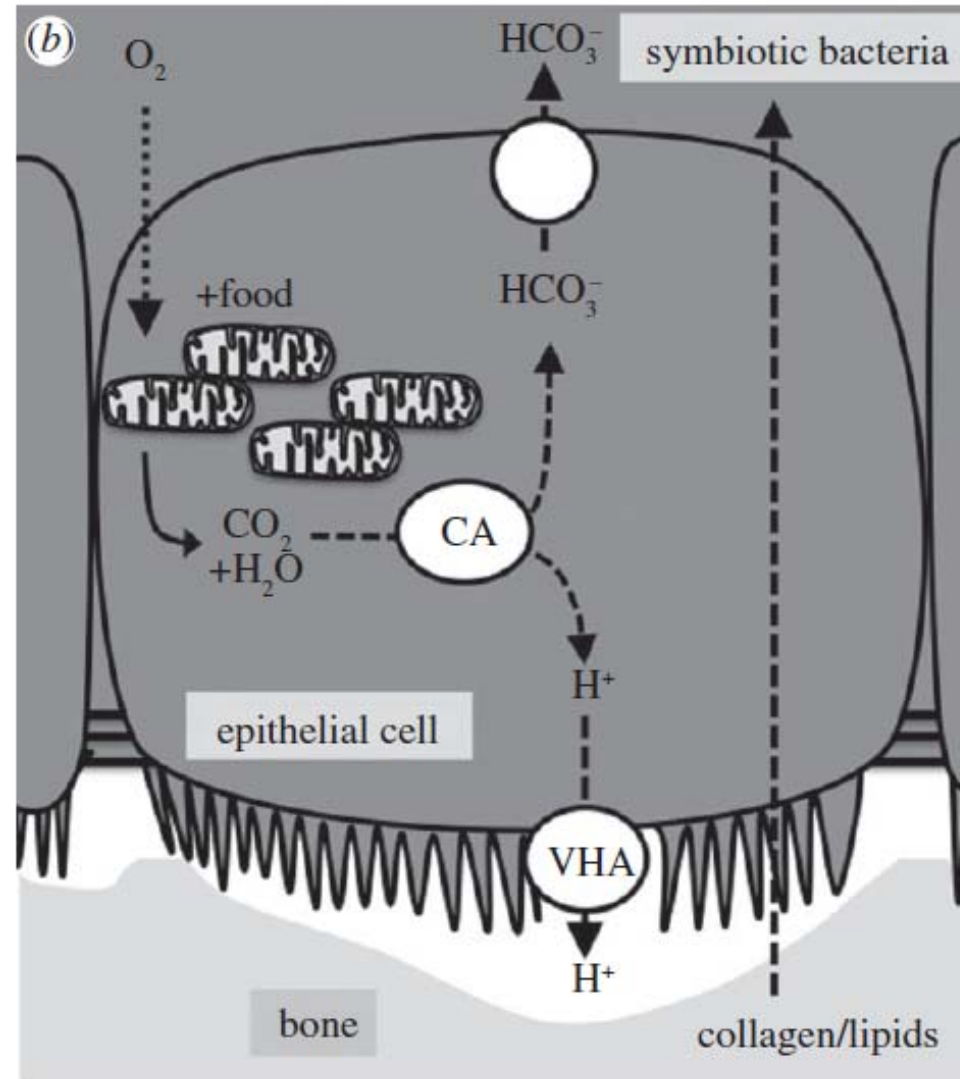
Механизм растворения костной ткани



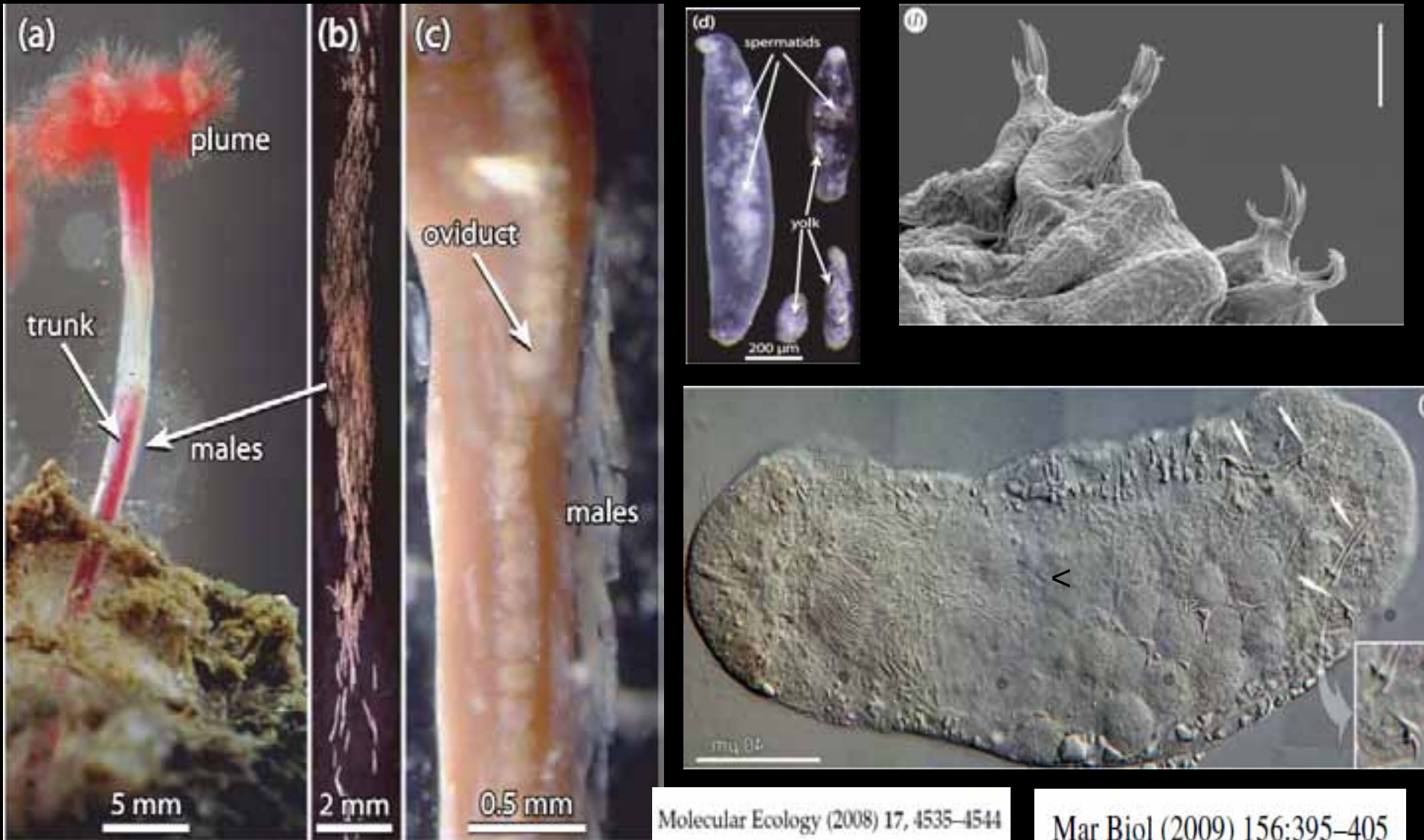
How to get into bones: proton pump and carbonic anhydrase in *Osedax* boneworms

Martin Tresguerres, Sigrid Katz and Greg W. House

Proc. R. Soc. B 2013 280, 20130625, published 1 May 2013



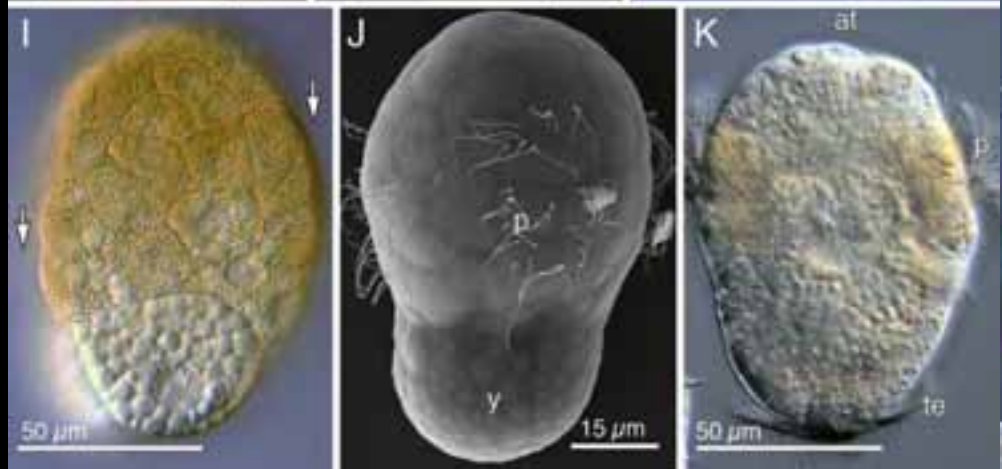
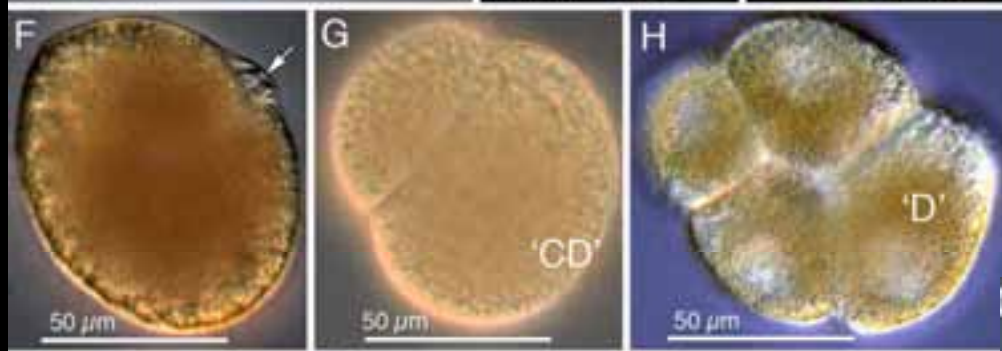
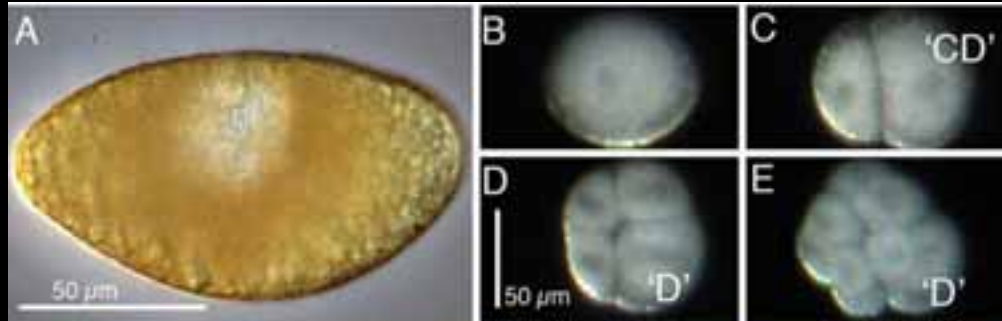
Карликовые самцы *Osedax*



Molecular Ecology (2008) 17, 4535–4544

Mar Biol (2009) 156:395–405

Раннее развитие *Osedax*



Трохофора 2 дня

Трохофора
4 дня



Трохофора 9 дней



Трохофора 12 дней



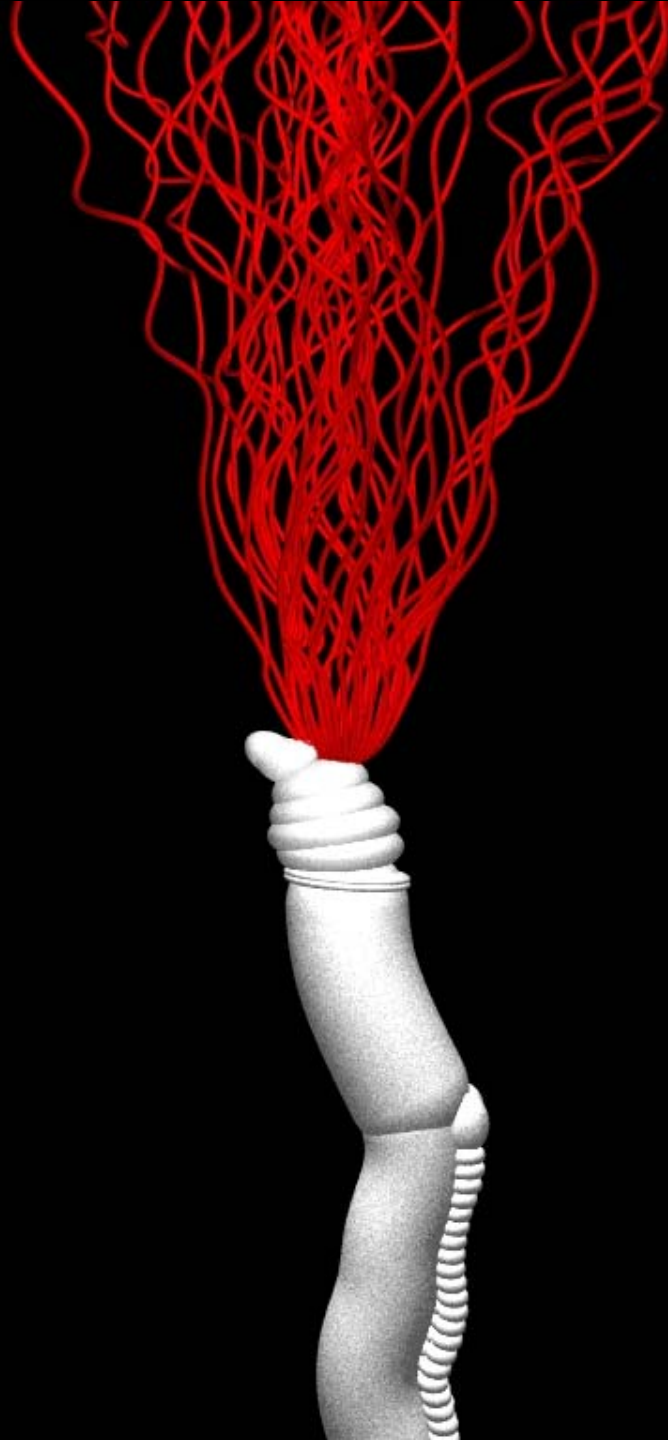
Трохофора 10 дней

Spawning and development in *Osedax* boneworms
(Siboglinidae, Annelida)

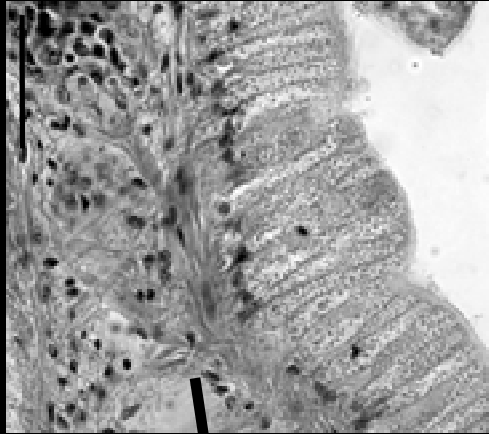
Göteborg W. Rosen - Sevilla G. Wilson - Shantz R. Gellert -
Shantz R. Johnson - Tuzen Smart - Chad Widmer -
Craig M. Young - Robert C. Vrijenhoek

That is all...

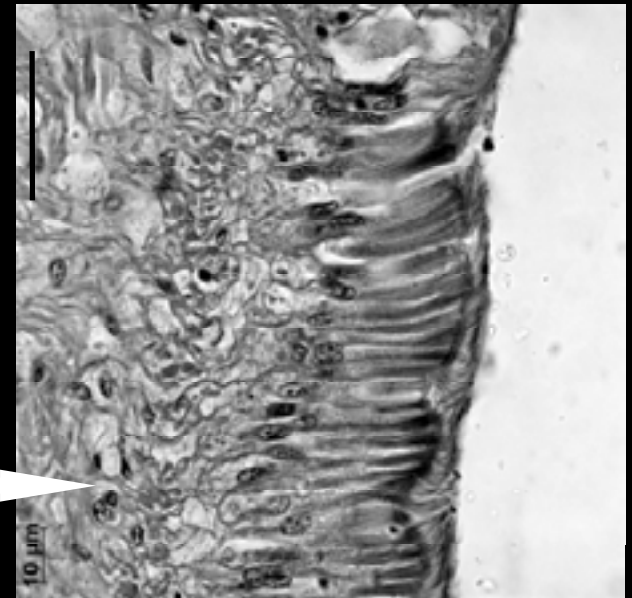
Extras



Integument

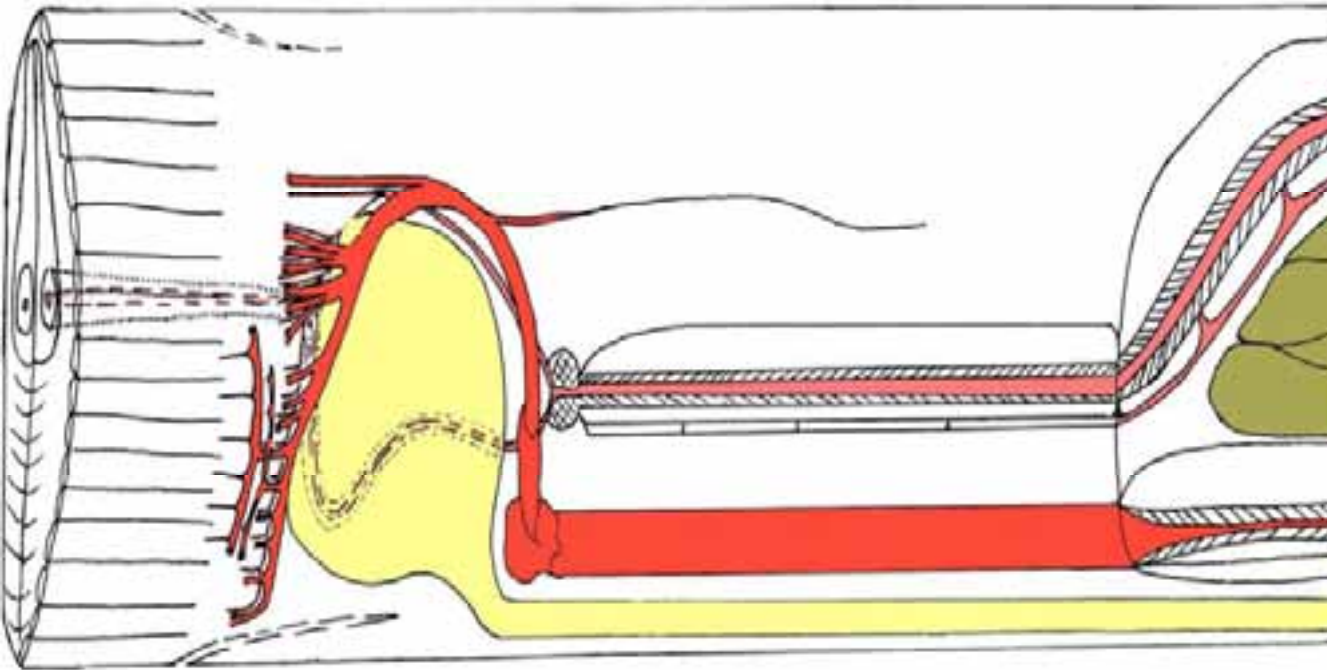


Glandular
epithelium



Ciliar epithelium

Blood system



Vestimental and obturacular
parts of *Oasisia*

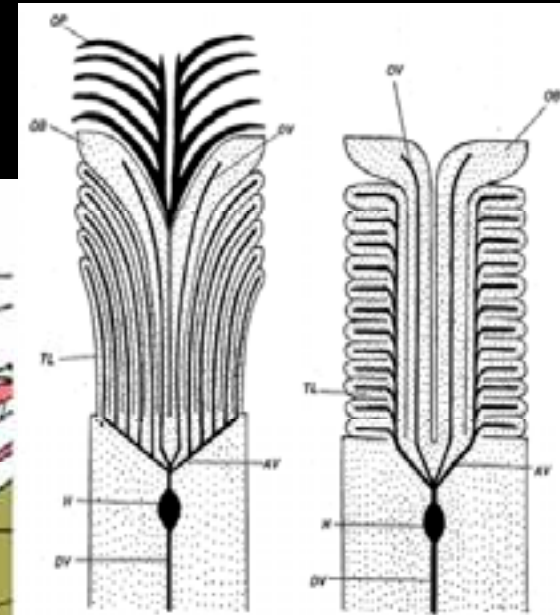
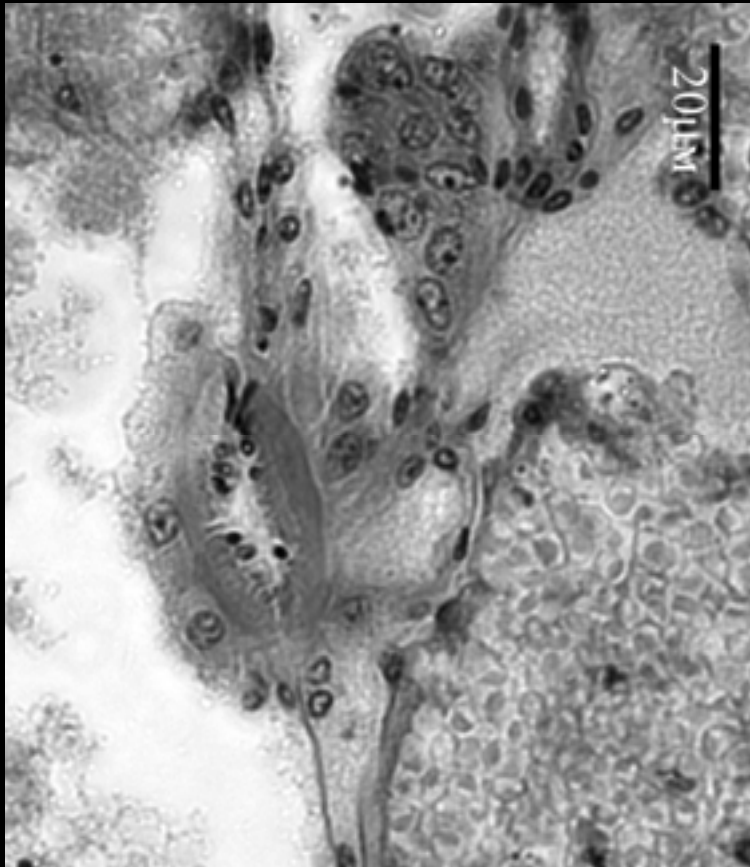


Diagram.
Organization of blood
vessels of tenacle
region.
Ridgeia (left) and
Riftia (right)
(by Malakhov, 1998.)

Riftia

Main blood vessels

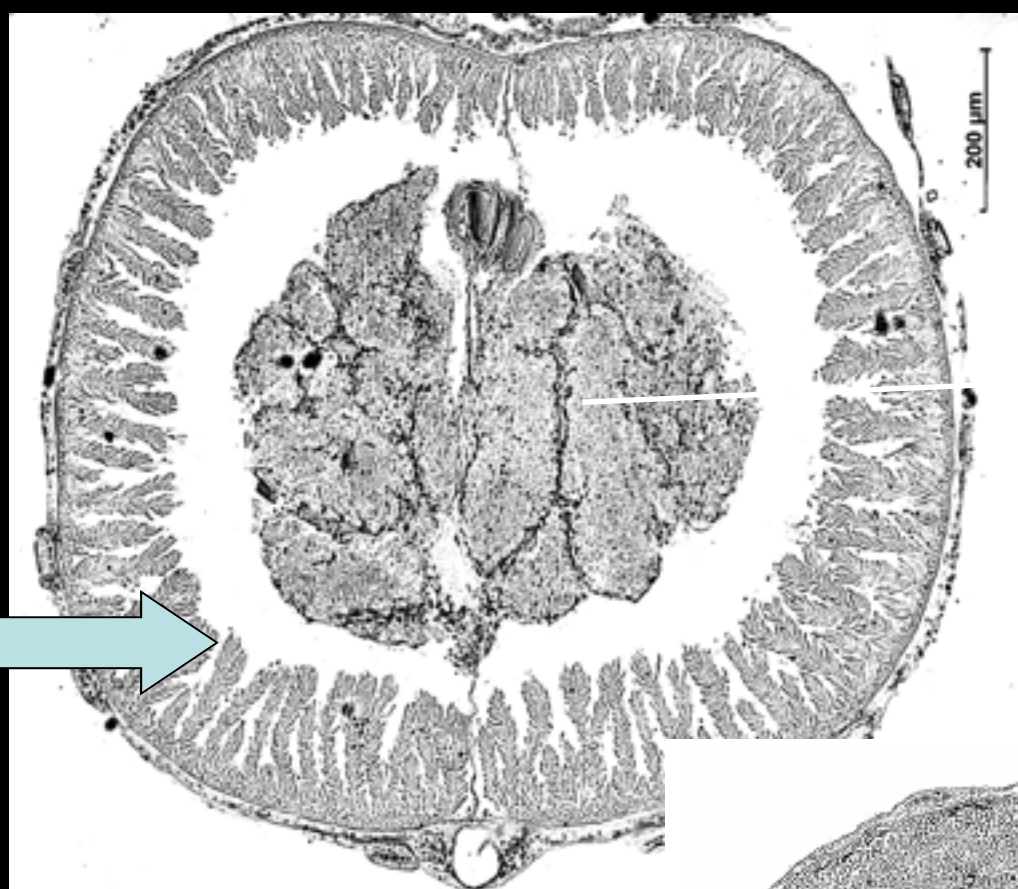
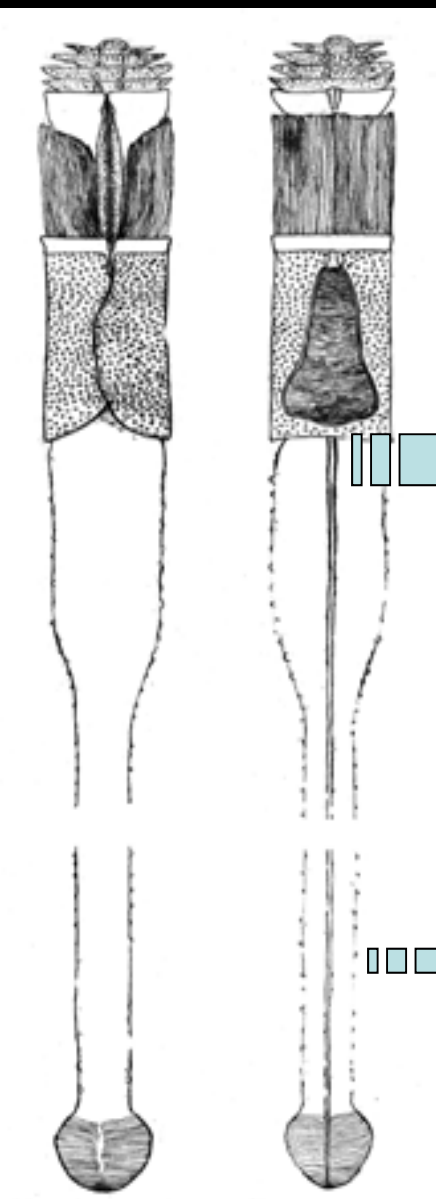


Cross section of ventral vessel of *Oasisia*.

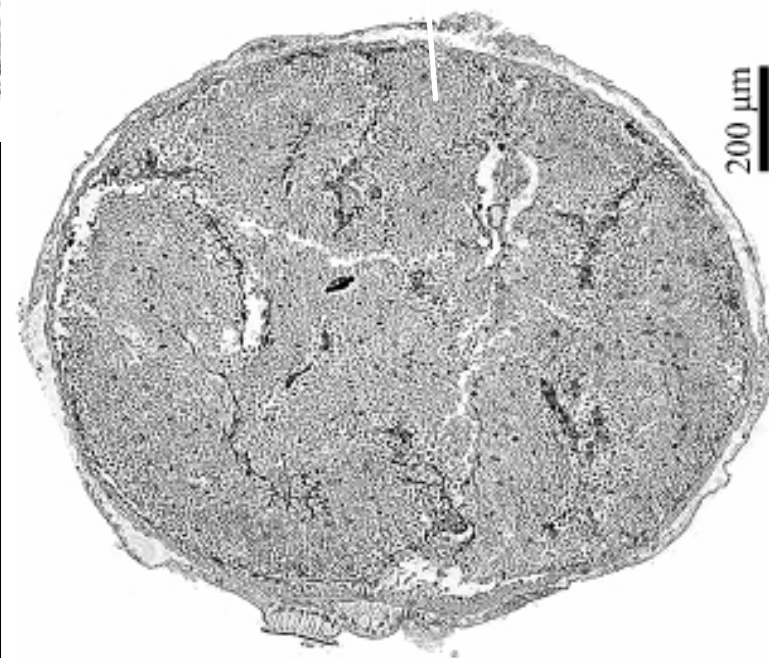


Intravascular body.
Part of cross section of dorsal vessel.

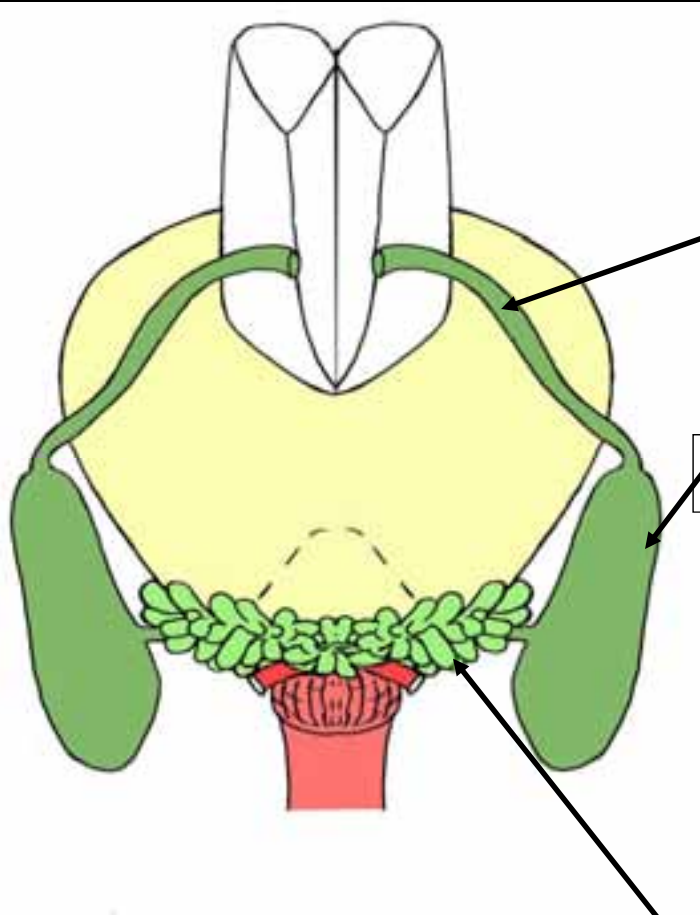




trophosome



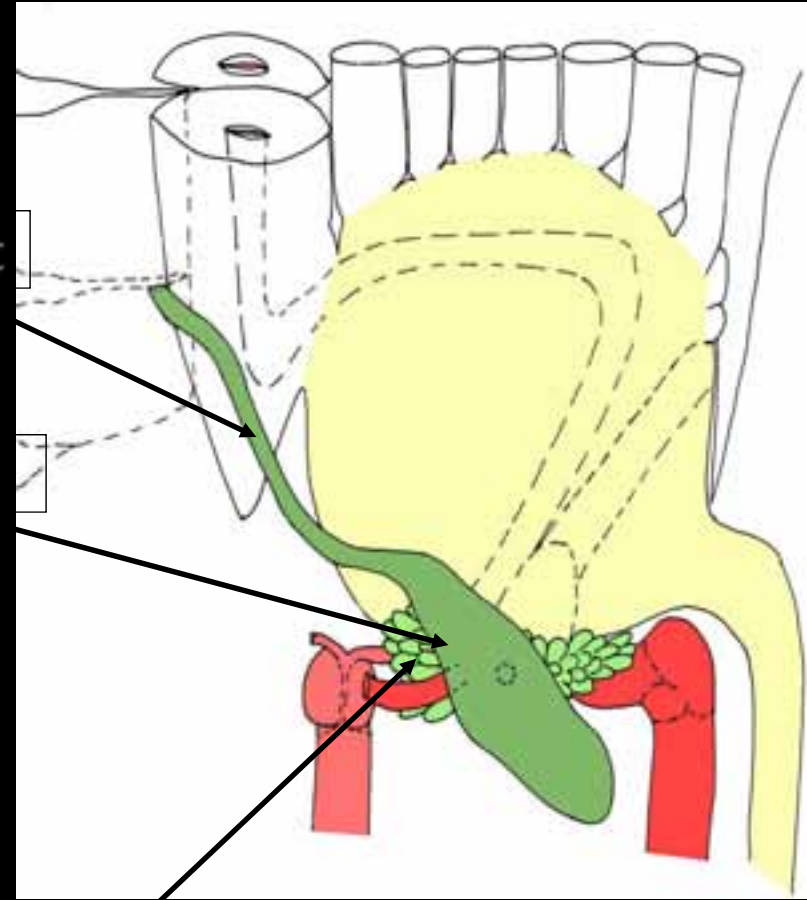
Excretory system



Excretory duct

Excretory sac

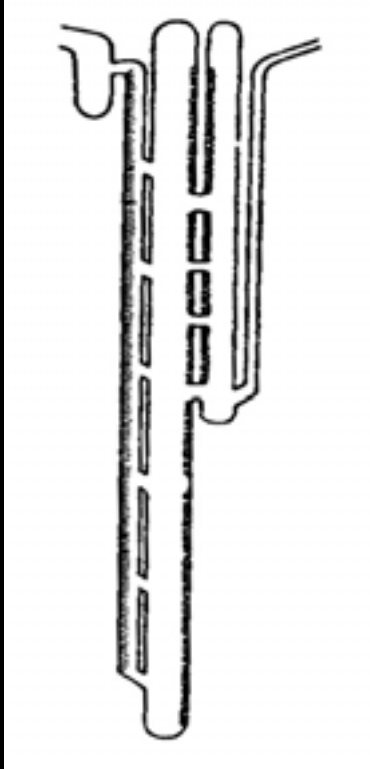
Excretory tree



Left side view

Dorsal side view

Female reproductive system



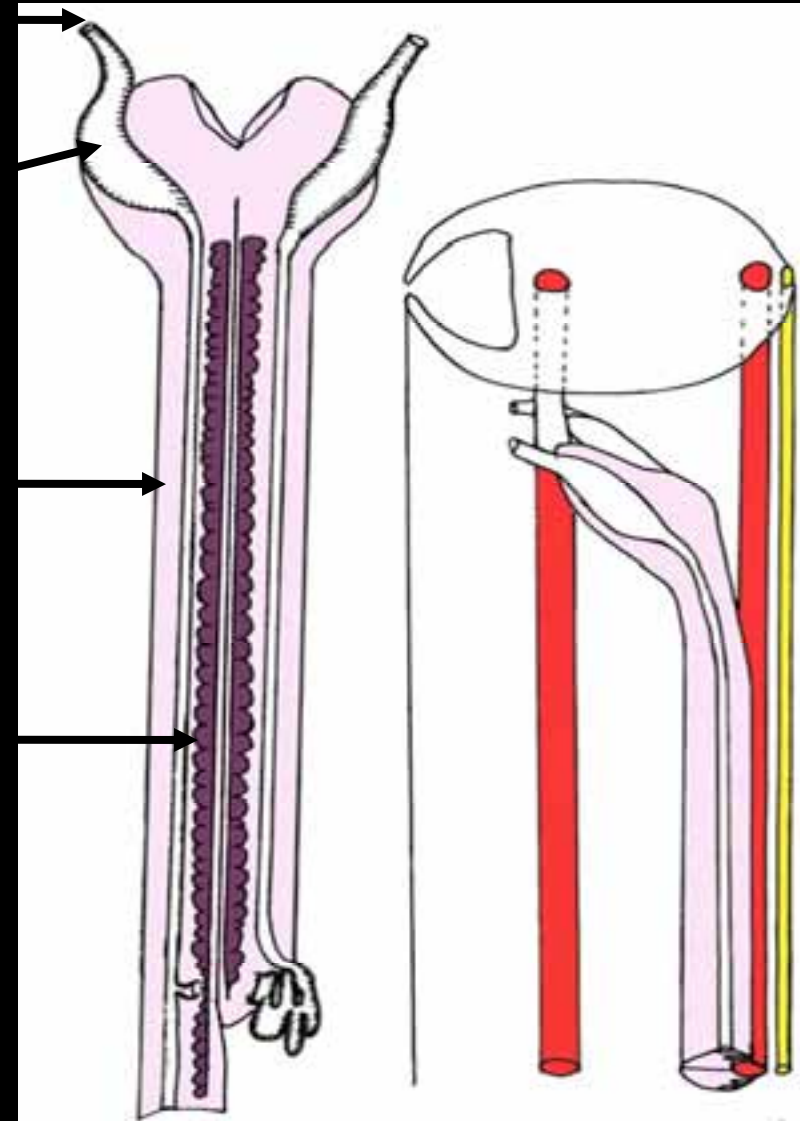
*Lamellibrachia
barhami*
(by: Land, Nørrevang,
1977)

Gonopore

Ovisac

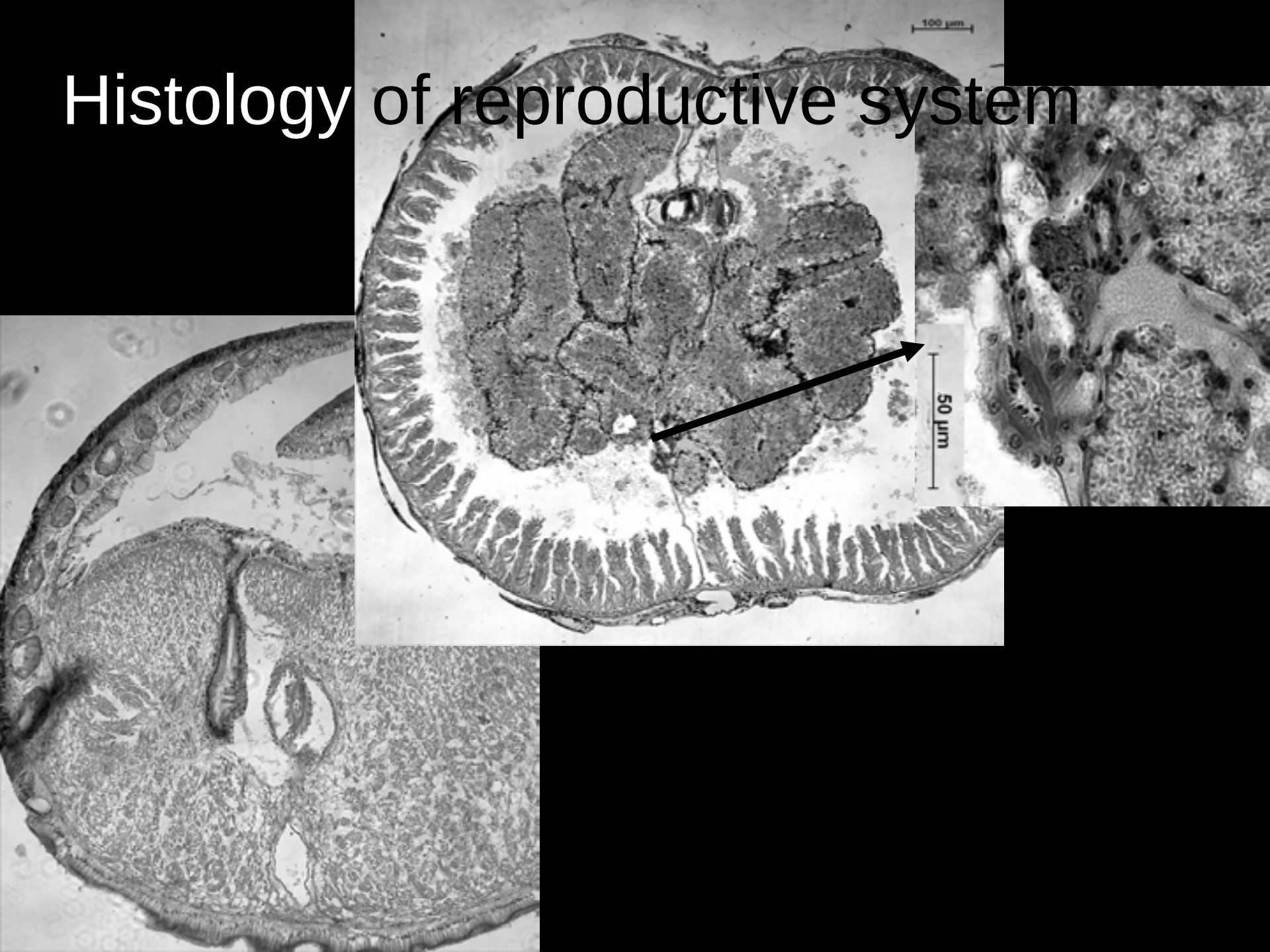
Germinal
coelom

Germinal
epithelium

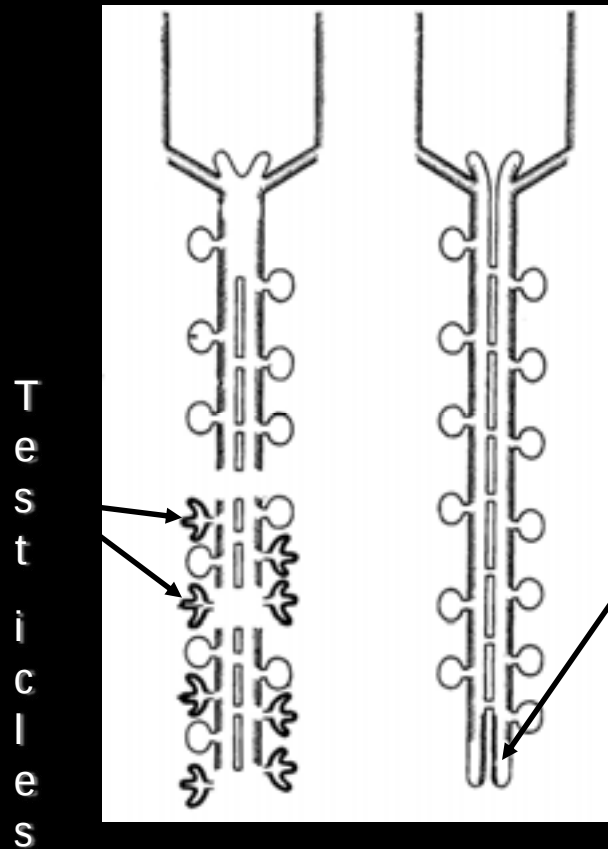


Oasisia alvinae

Histology of reproductive system



Male reproductive system



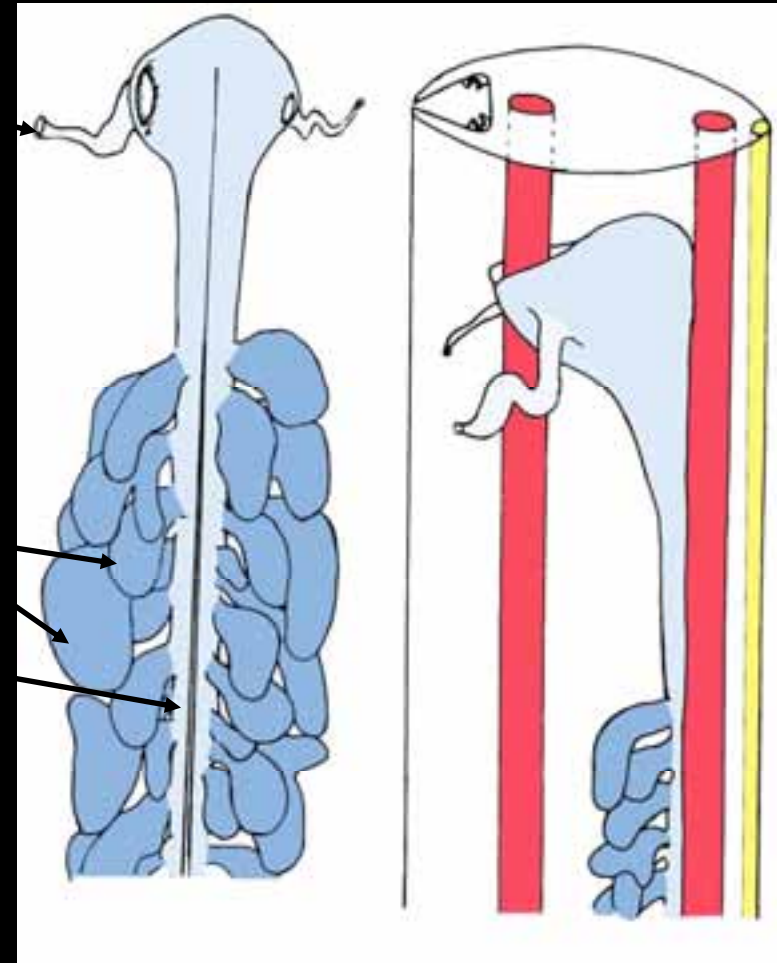
gonopore

testicles

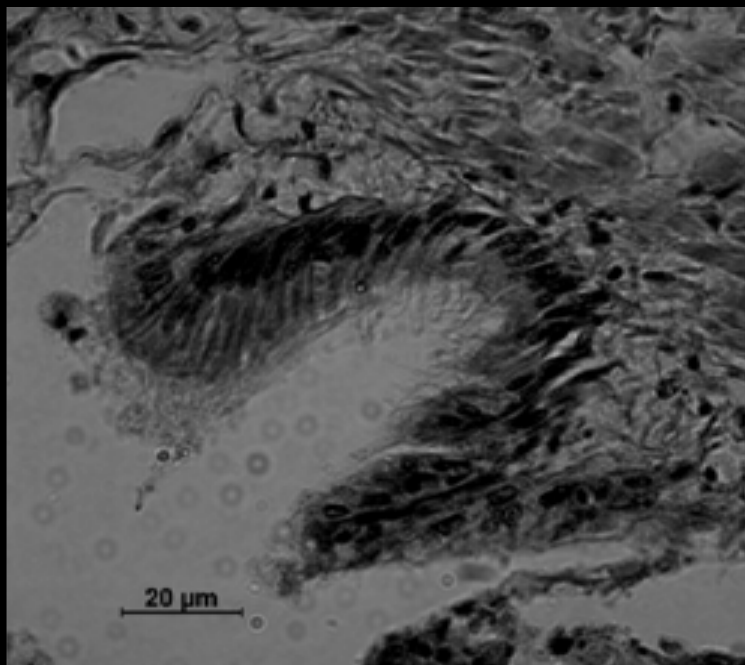
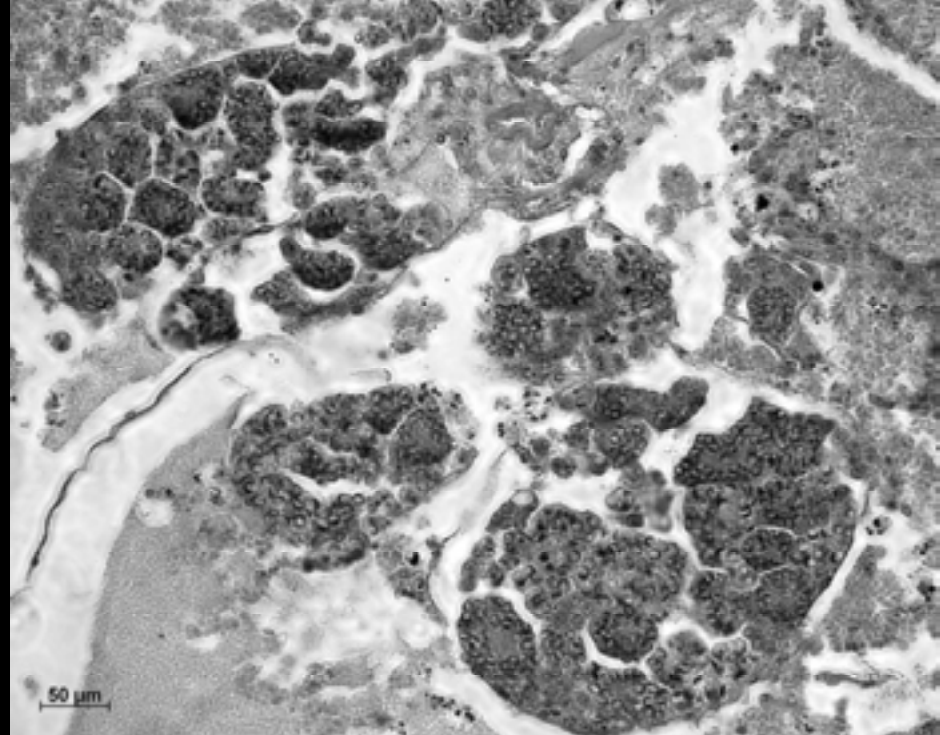
Sperm duct

Lamellibrachia luymesii *Lamellibrachia barhami*

(by: Land, Nørrevang, 1977)



Oasisia

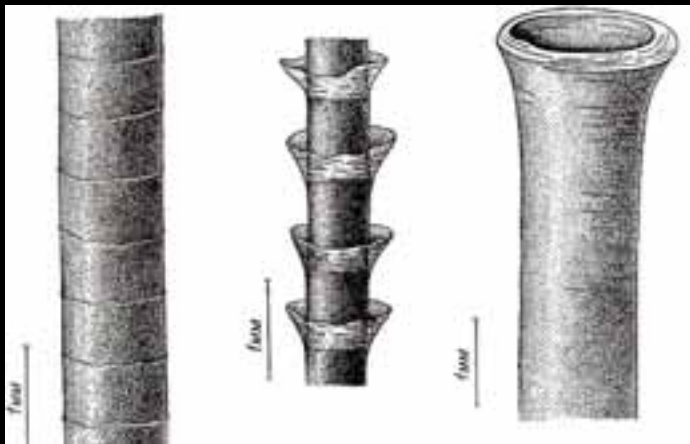


Tubes. Habitus.

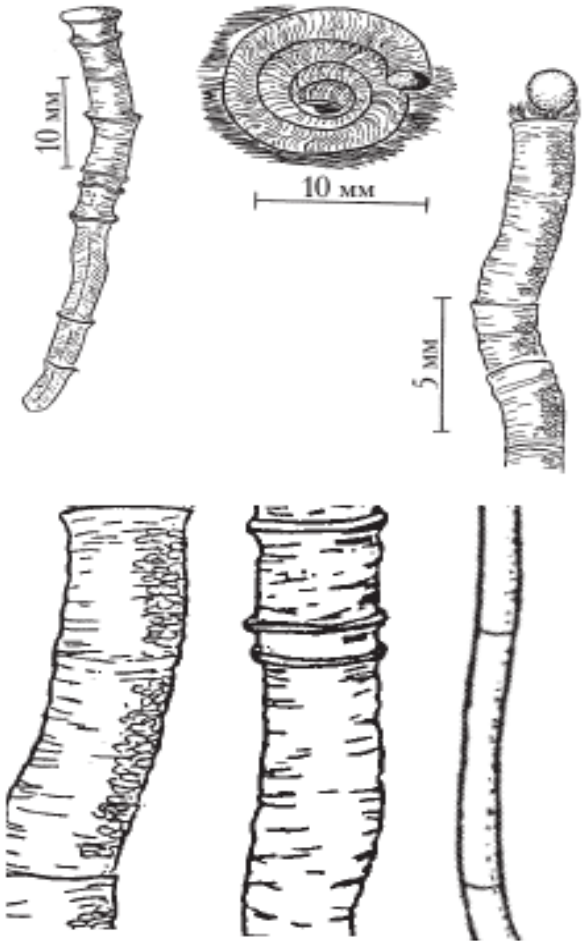
Vestimentifera
(Oasisia) tube



Pogonophora tubes
(by Ivanov, 1960)

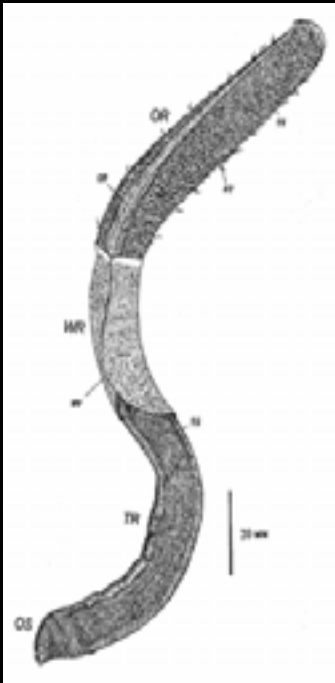


Serpulid tubes
(by Jirkov, 2002)



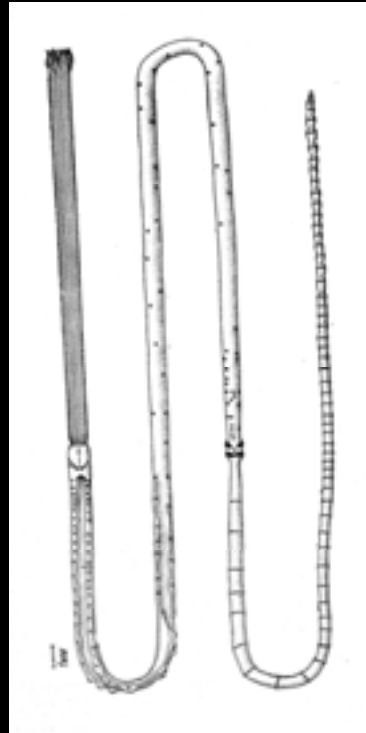
Habitus

Lack of segmentation



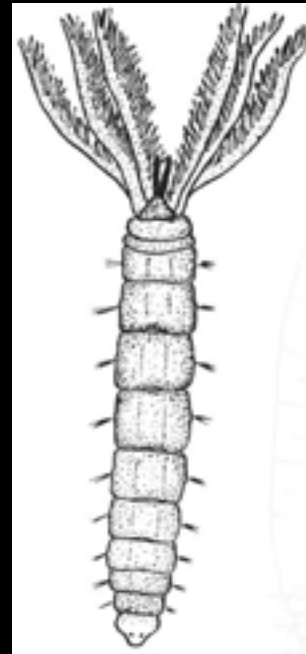
Riftia pachyptila

(from Malakhov, 1997)



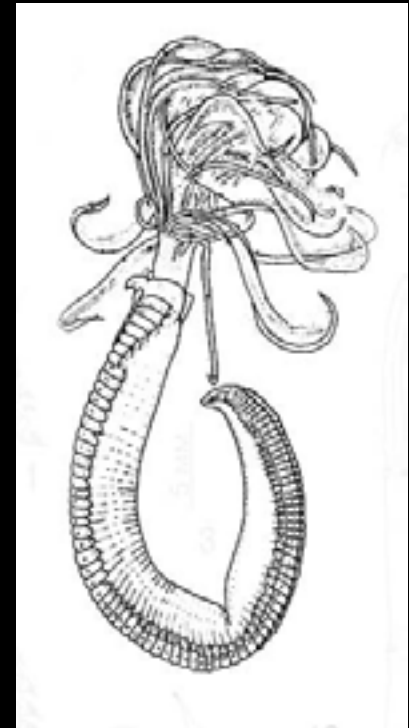
Lamellisabella zachsi

(from Ivanov, 1960)



Fabricia stellaris

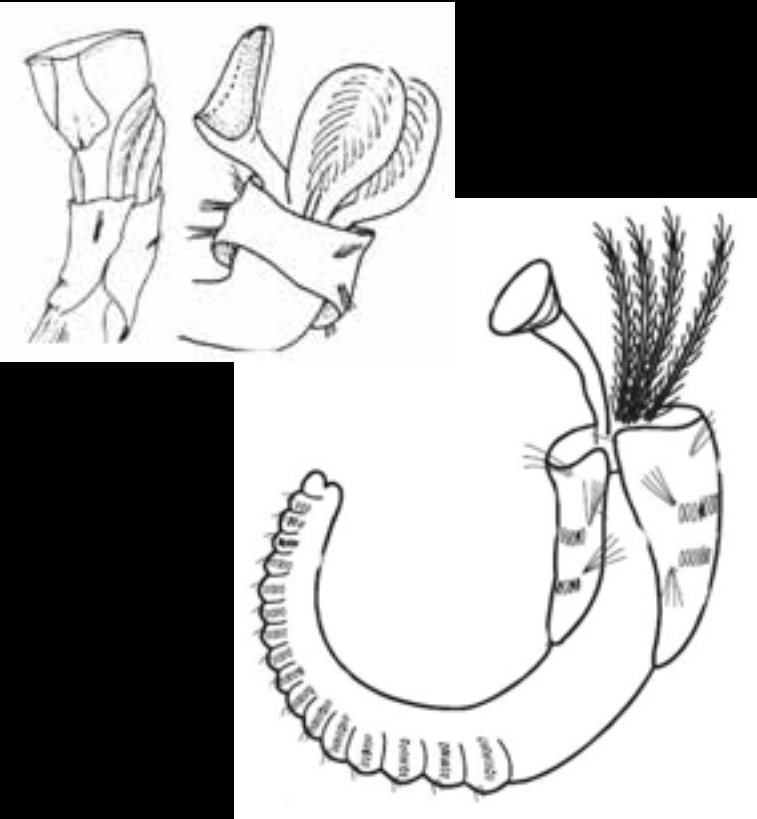
(by Jirkov, 2002)



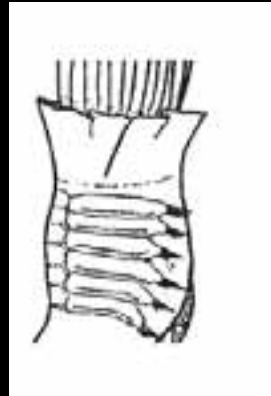
Bispira crassicornis

(by Knight-Jones,
Perkins, 1997)

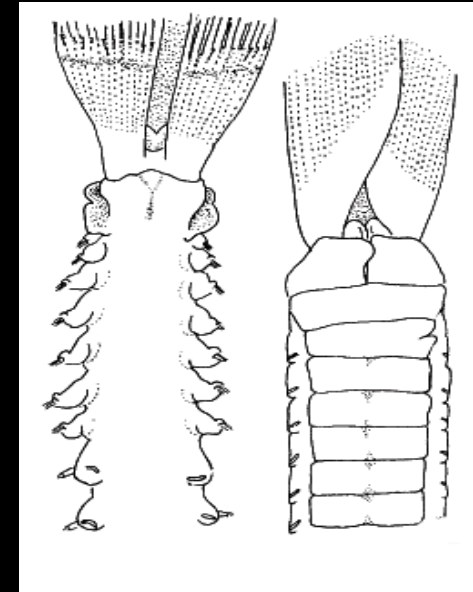
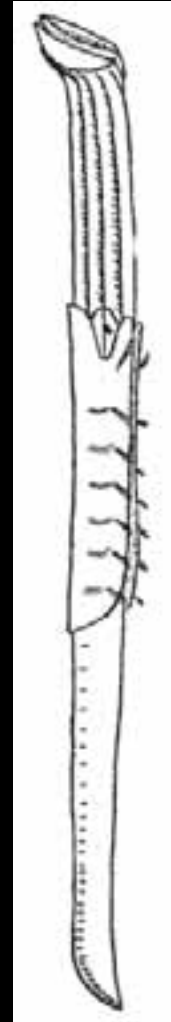
Collar-like and fold-like structures



Spirorbidae



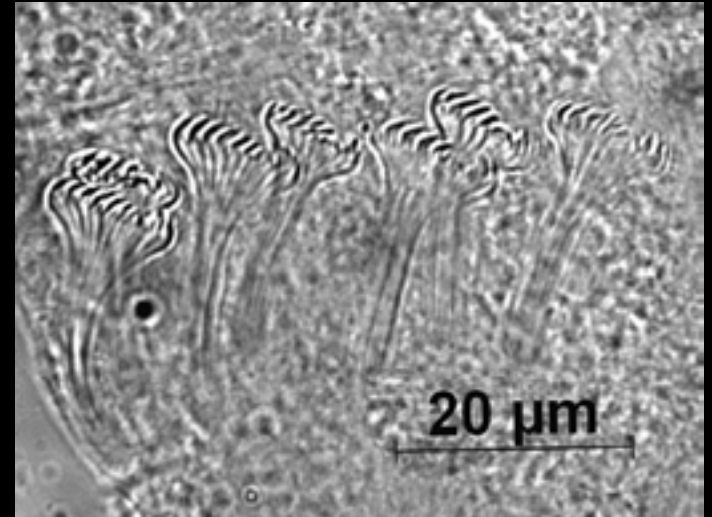
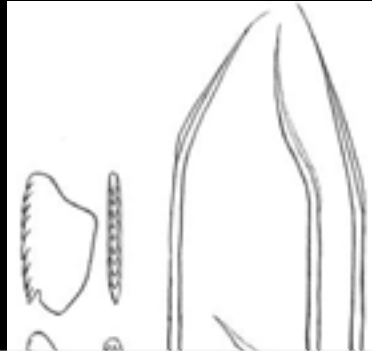
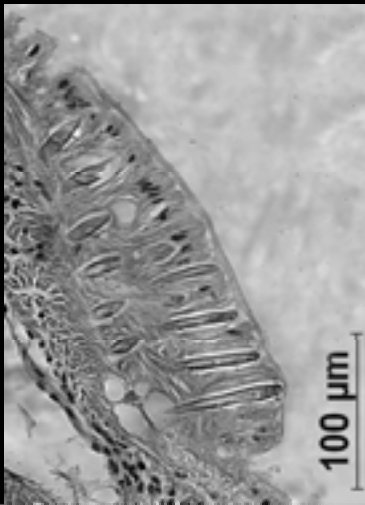
Serpulidae



Sabellidae

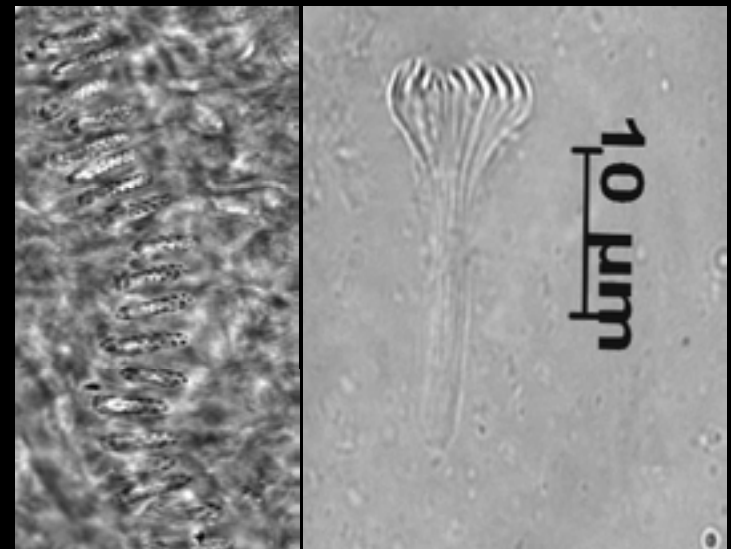
(all pictures by Jirkov, 2002)

Chaeta



(by Jirkov, 2002)

Other polychaetes



Vestimentifera (*Oasisia alvinae*)

Nervous system

The main question: is Vestimentiferan brain homologous to the annelida brain?

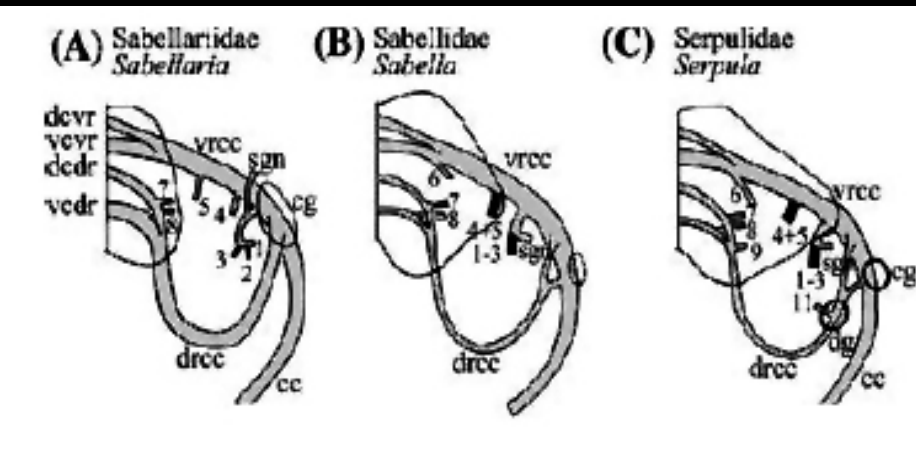


Diagram of annelids brain
(Orrhage, Muller, 2005)

Presence of circumesophageal connectives!!!

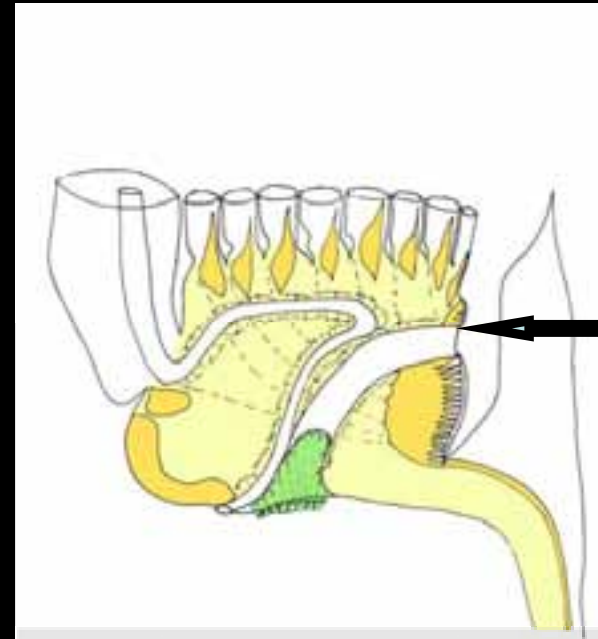


Diagram of *Oasisia* brain

No any circumesophageal connectives!

No any ganglia in ventral cord!

Questions

How to chose place of Siboglinidae inside the Annelida? If we appericate, that all data (morphological, genetic and hystological) give us different versions. May be need some misterious mix?

How to identify which of anatomical and histological features are applicable for phylogeny? Mainly, how to cut out features related with tube-dwelling life style.

Are the brain of vestimentifera and annelida homologous structures?

Has Excretory tree of vestimentifera protonephridian or metanephridian origin?