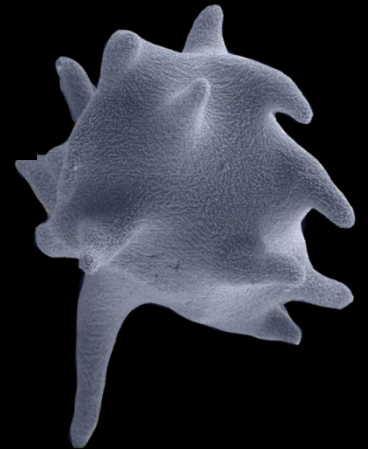
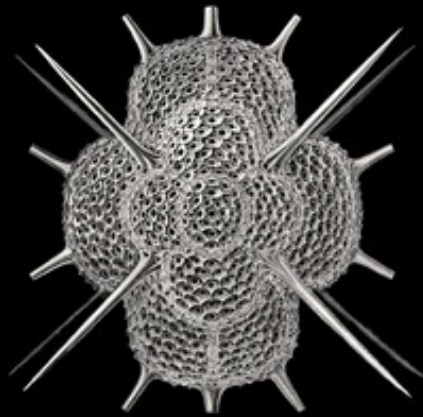
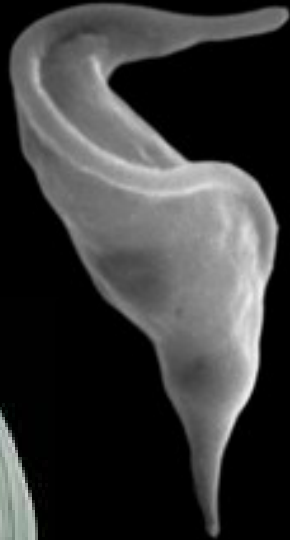
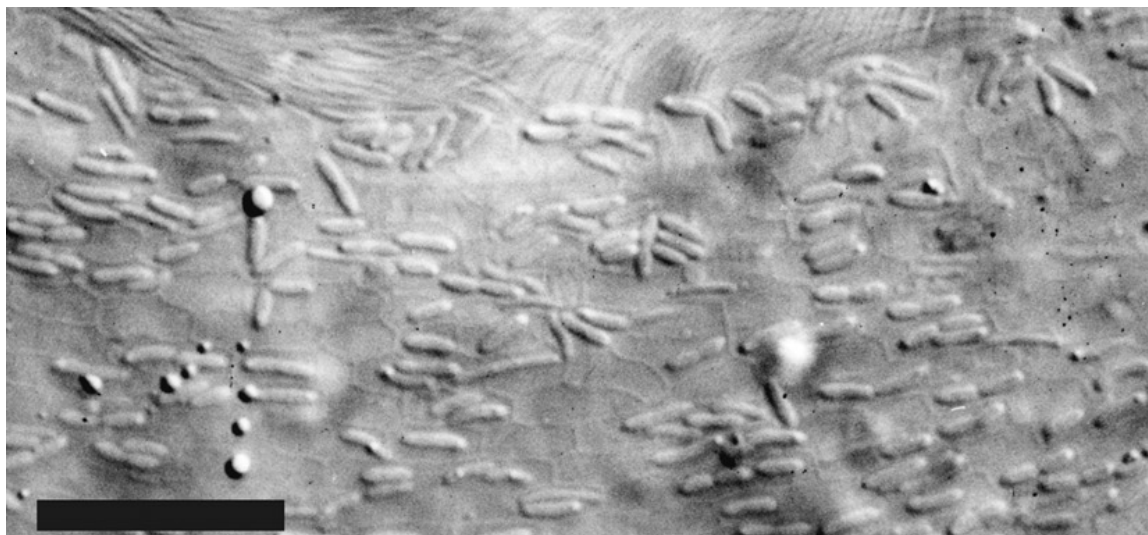


Кто живёт внутри протистов?

Часть 1. Прокариоты

Лавренова В. Н.

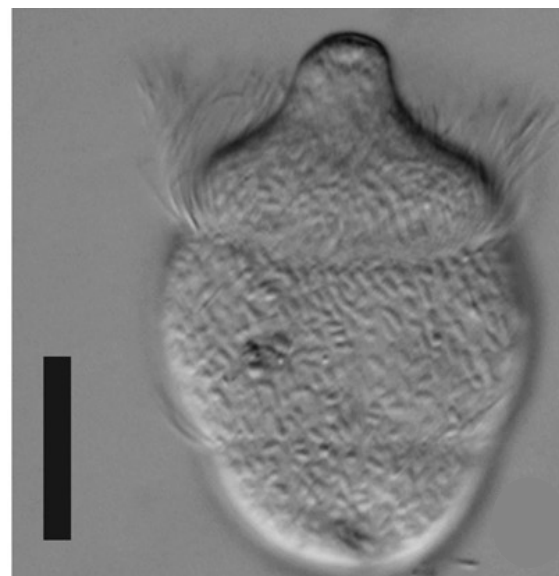




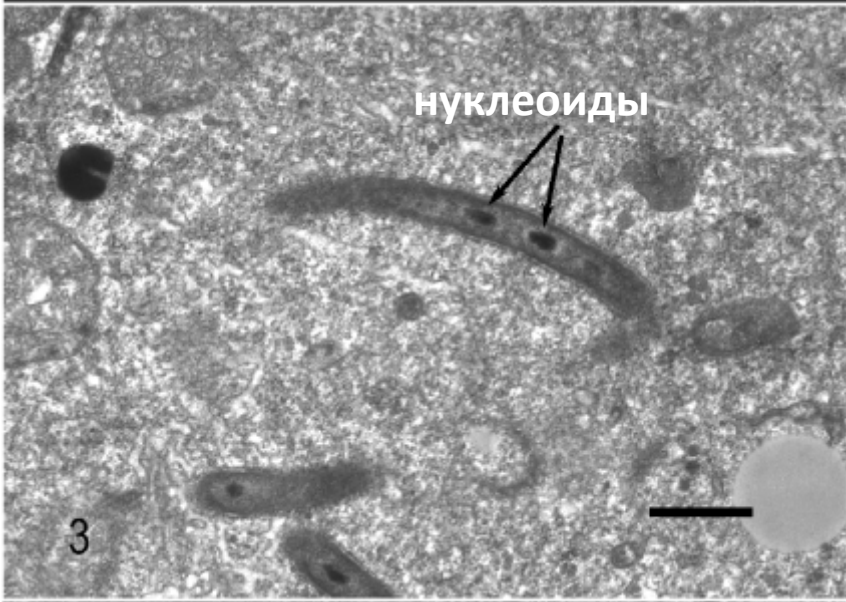
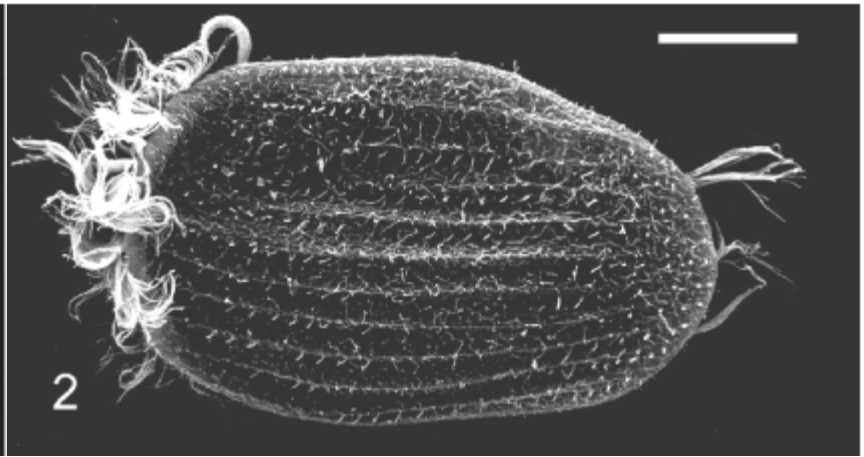
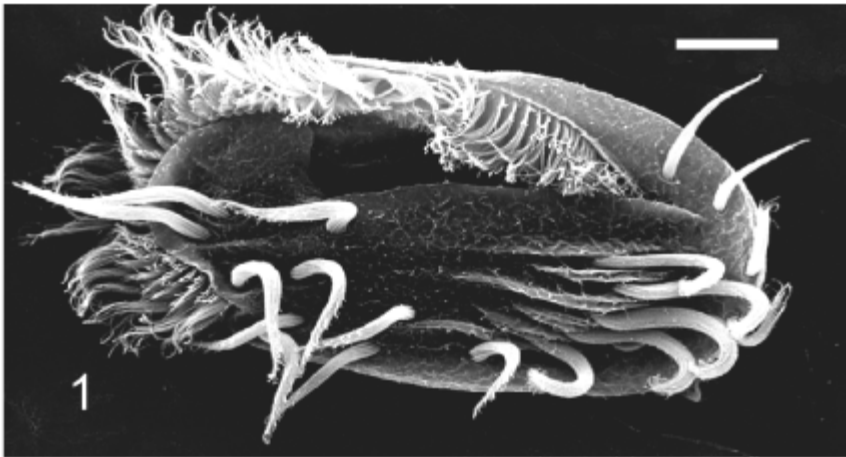
Эктосимбиотические бактерии
инфузории *Vorticella vernalis*.
Масштаб 5 мкм



Бактерии на поверхности
инфузории *Sonderia vorax*.
Масштаб 1 мкм



Эктосимбиотические бактерии
инфузории *Didinium nasutum*.
Масштаб 20 мкм



Euplotes harpa:

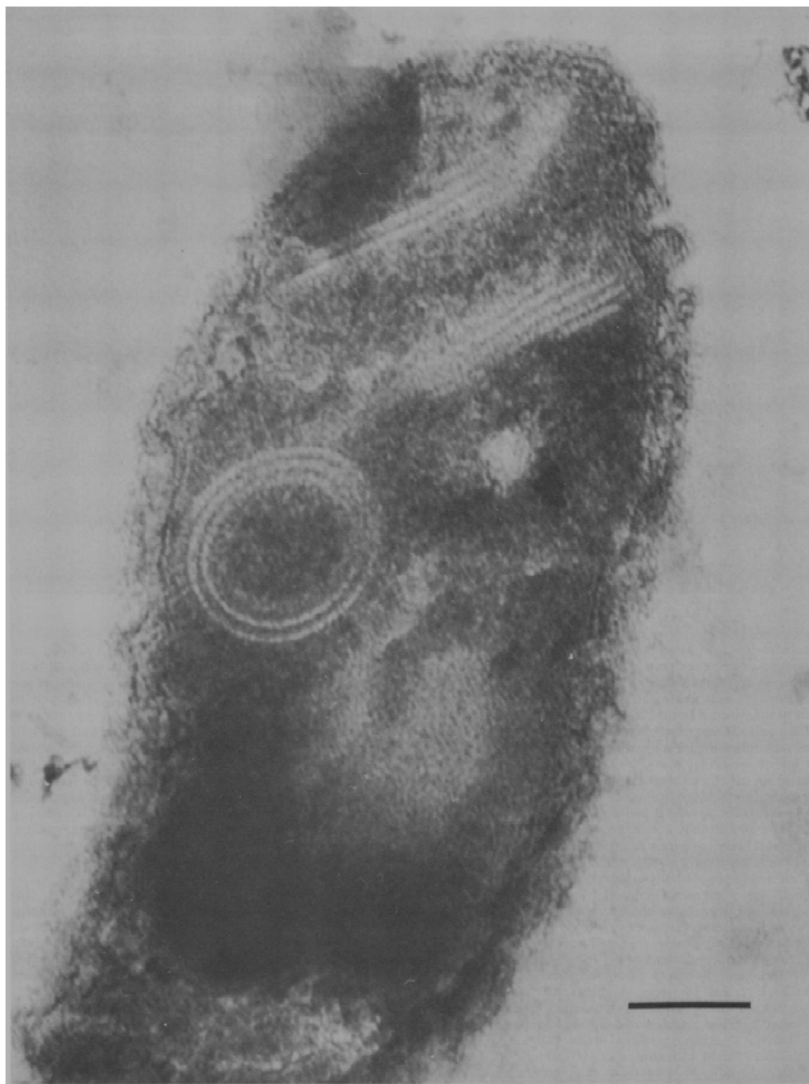
1 – вентральный вид;

2 – дорсальный вид.

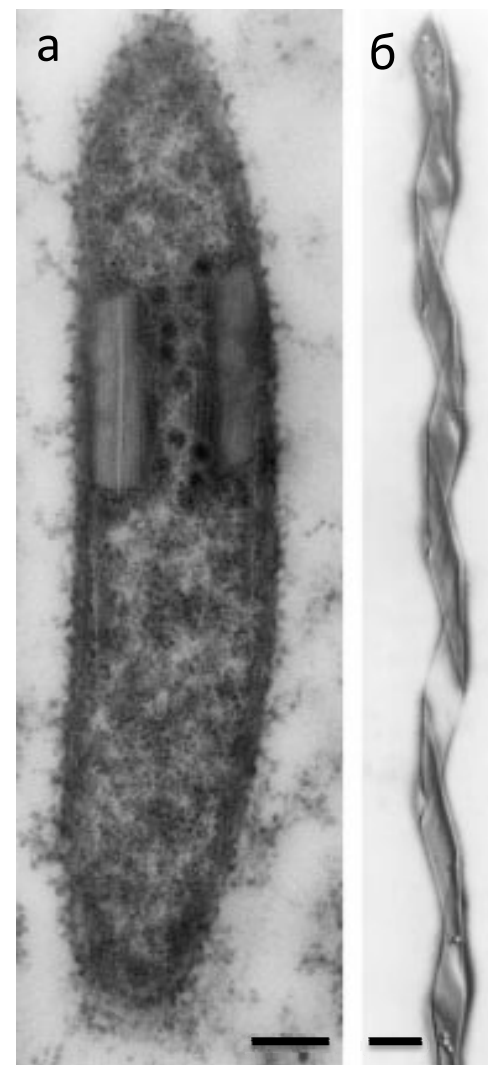
Масштаб 10 мкм

3 – *Polynucleobacter* в неделящейся инфузории *E. harpa*.

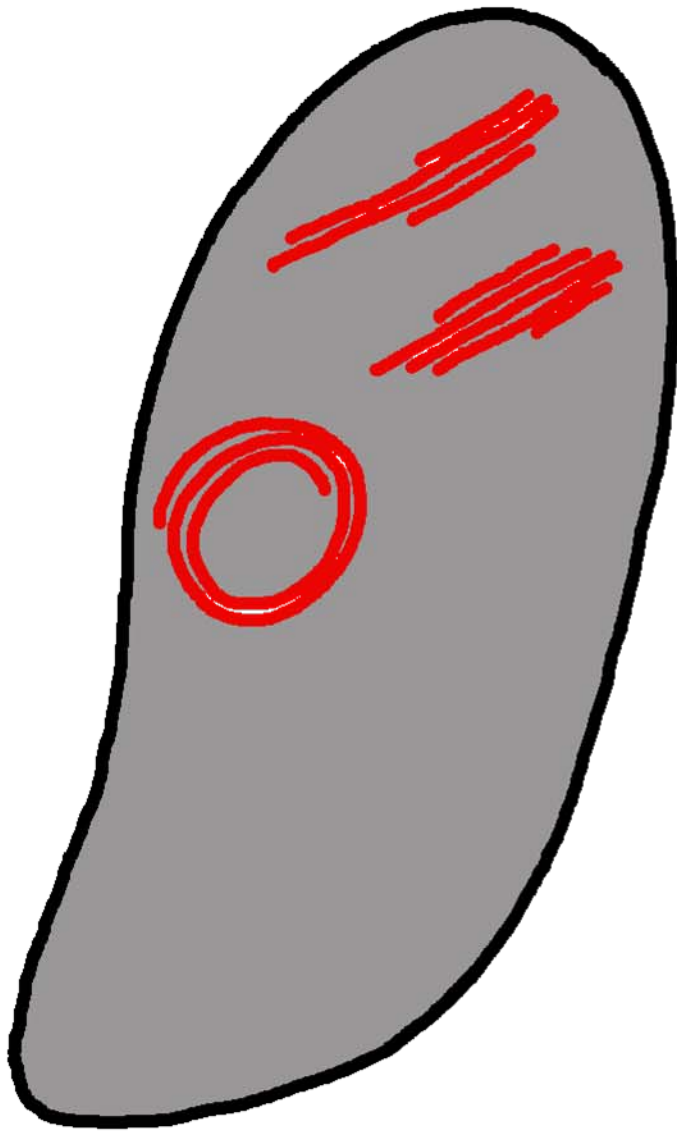
Масштаб 1 мкм



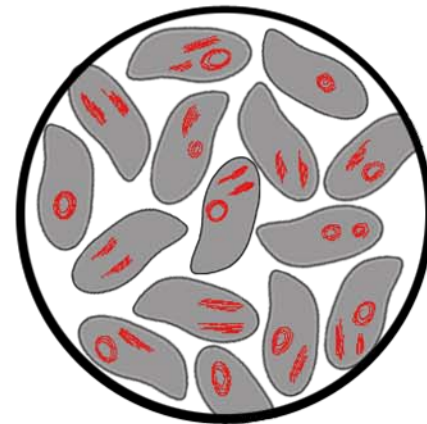
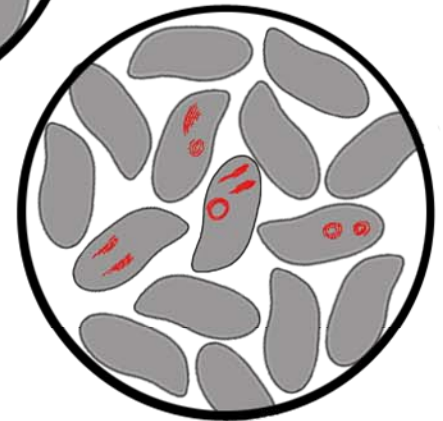
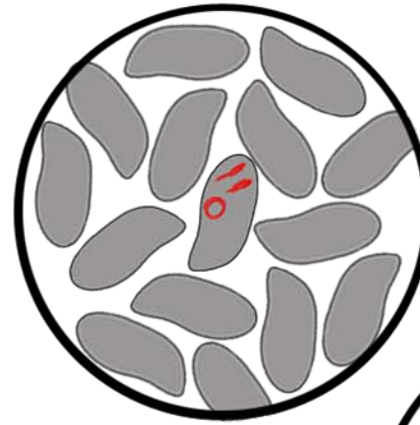
Paramecium avenae с двумя типами R-тел. Масштаб 1 мкм

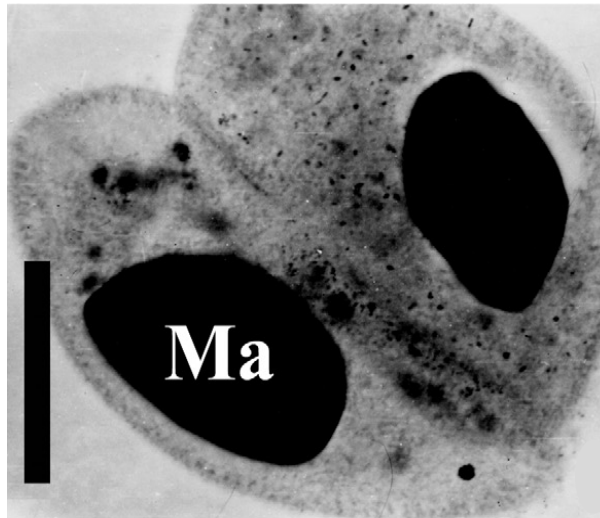
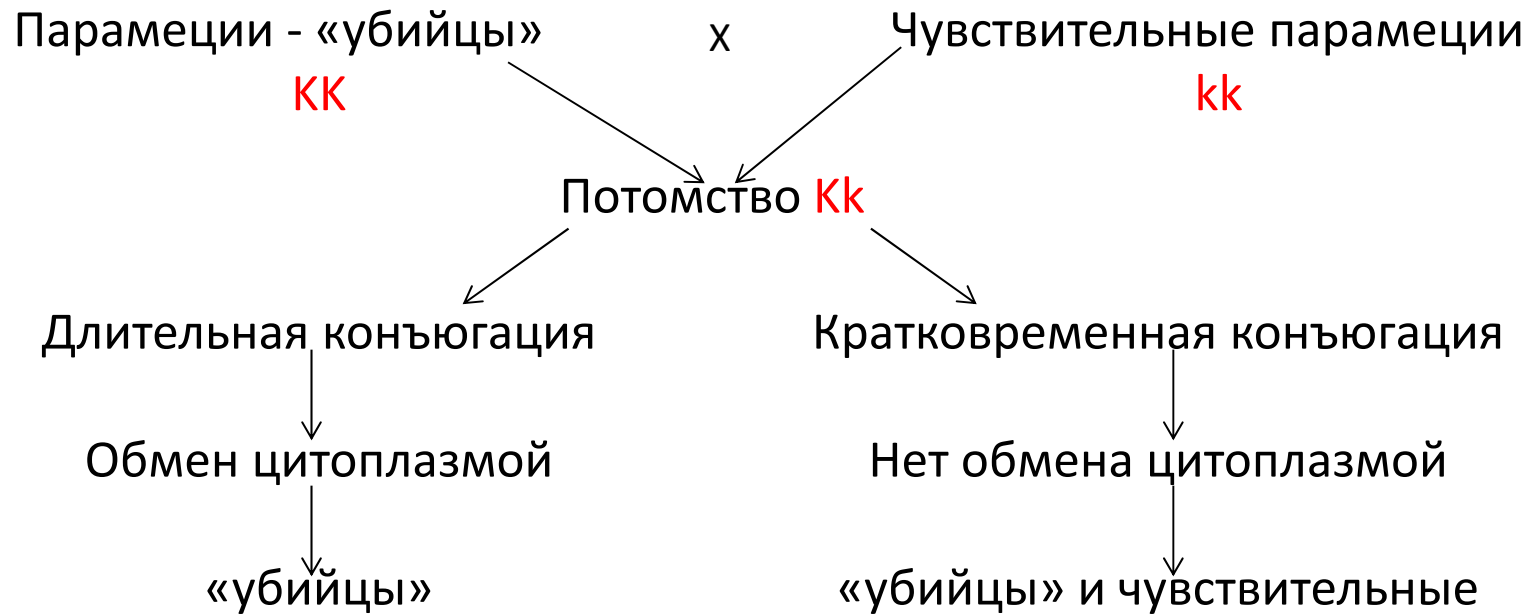


Светопреломляющее тело в клетке *Caedobacter*: а – срез клетки; б – развёрнутая белковая лента. Масштаб 0,2 мкм.



Paramecium avenae с двумя типами R-тел.

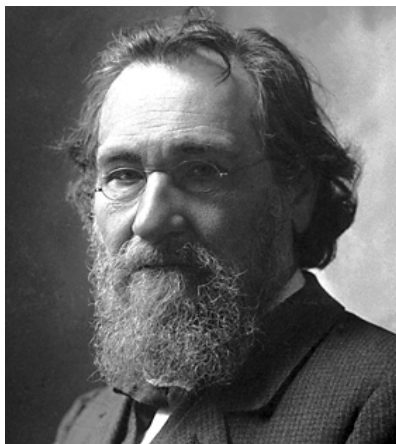




Конъюгация
чувствительной особи
и «киллера»
*Paramecium
nephridiatum*.
Масштаб 25 мкм.



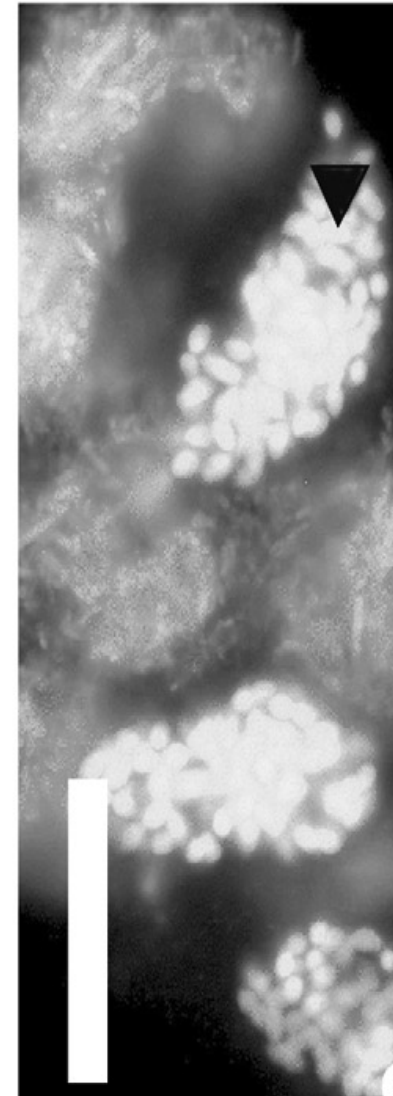
Часть макронуклеуса инфузории *Metopus*, инфицированной *Holospora*.
Масштаб 10 мкм



И. И. Мечников

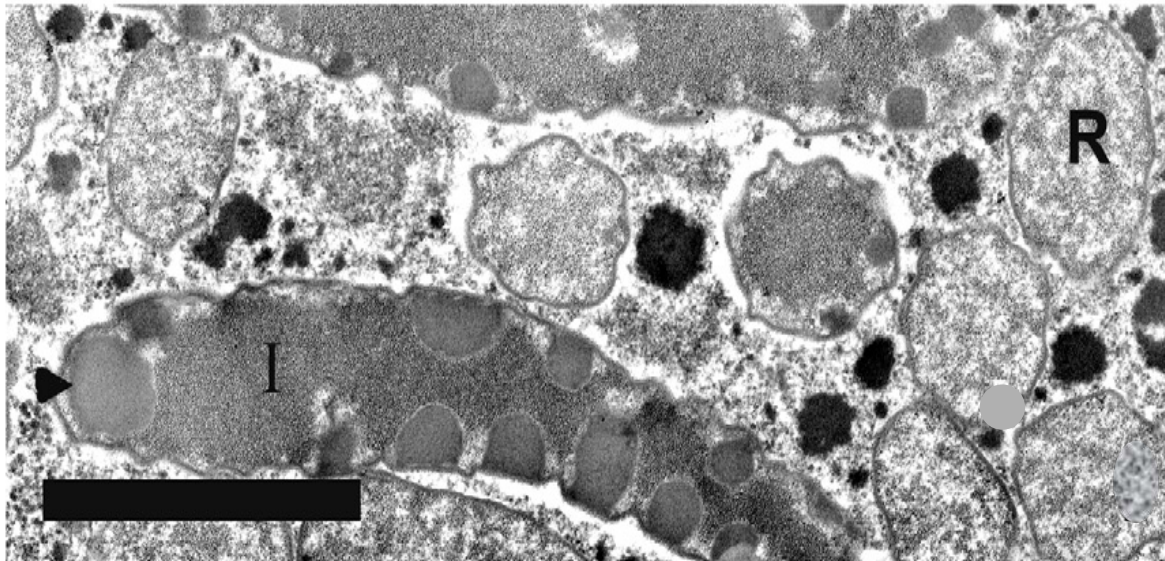
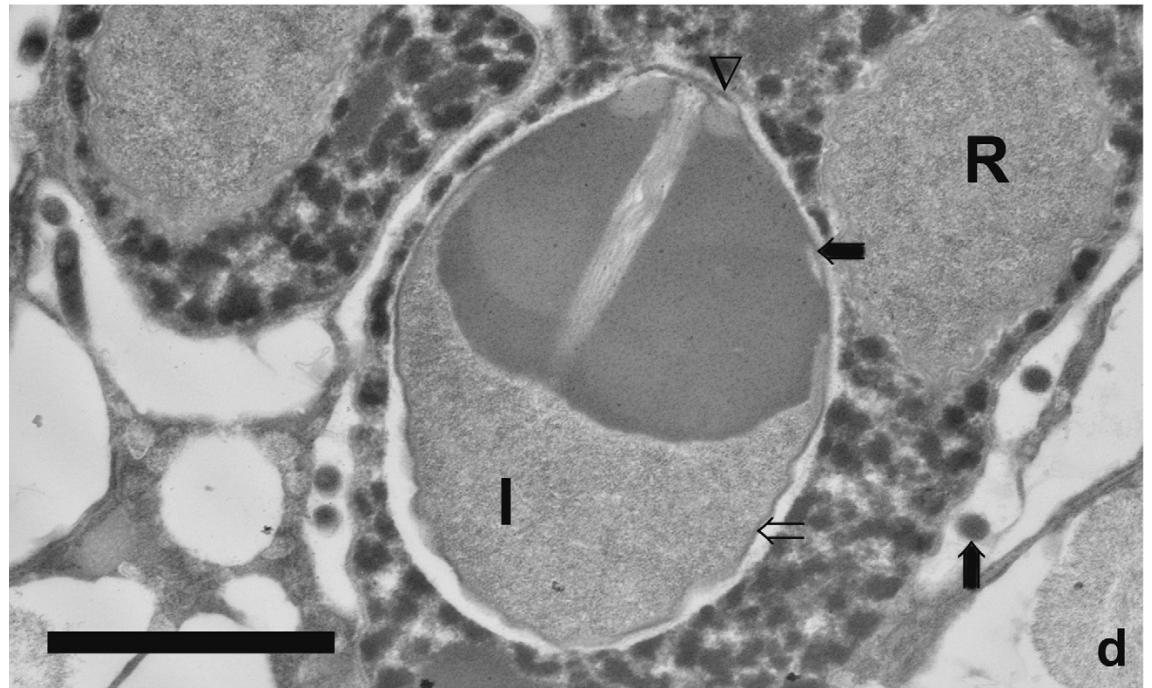


В. В. Хавкин

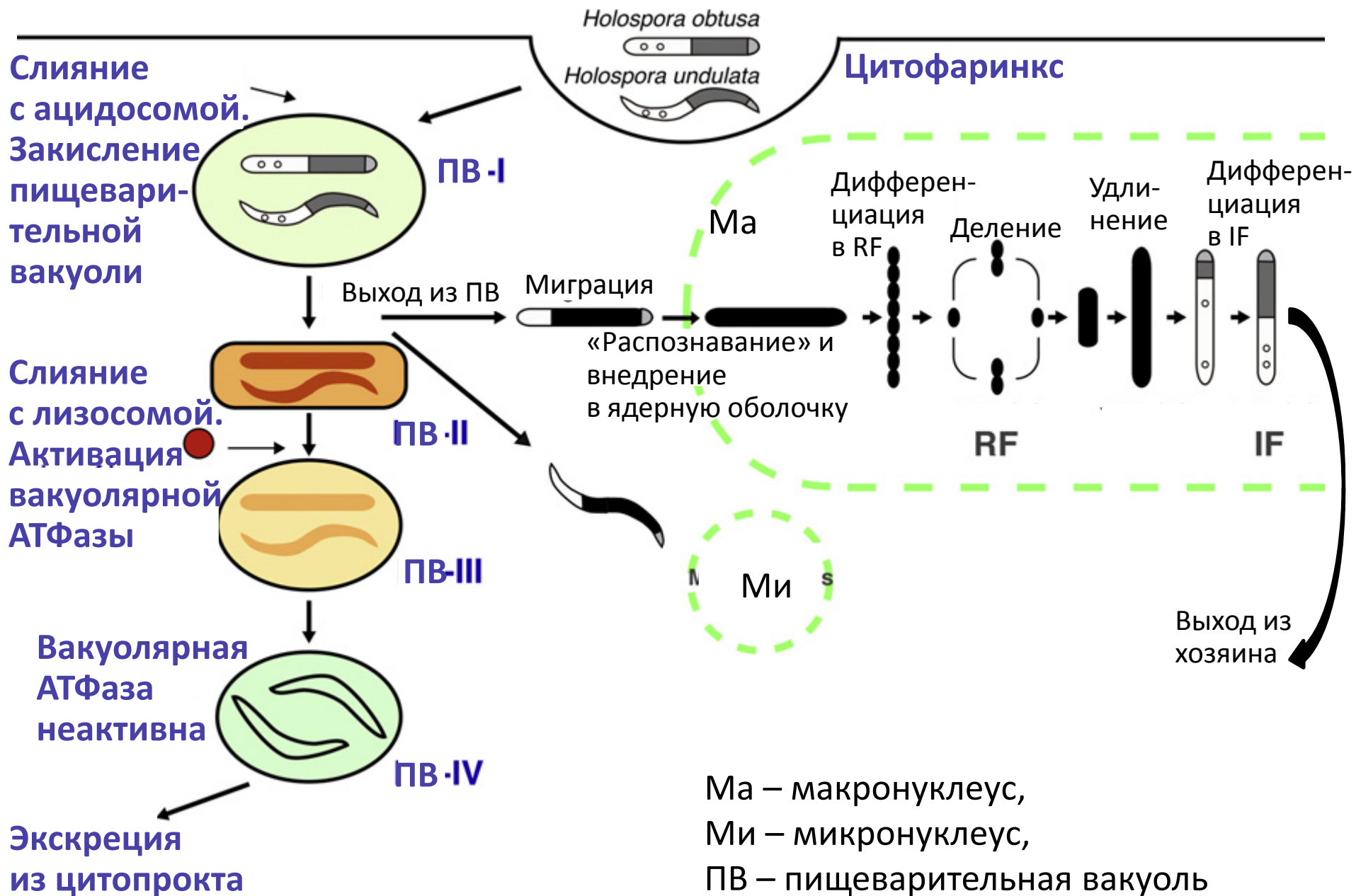


Часть сильно заражённого
Ядра *Spirostomum minus*.
Масштаб 15 мкм

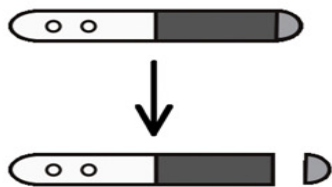
Инфекционная и
репродуктивная формы
Holospira в инфузории
Spirostomum minus.
Масштаб 2 мкм



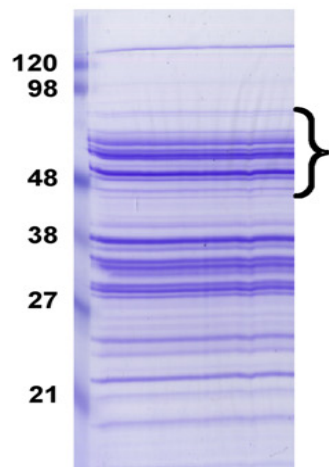
IF и RF в макронуклеусе
Trithigmostoma cucullulus.
Масштаб 1,5 мкм



(A) Микродиссекция
«инвазивных
верхушек» от 3438 IF



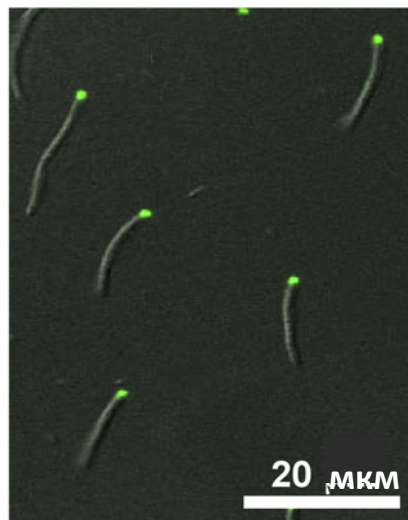
(B) Проведение ДСН-
электрофореза и
детекция белков в
63, 76 и 89 кДа



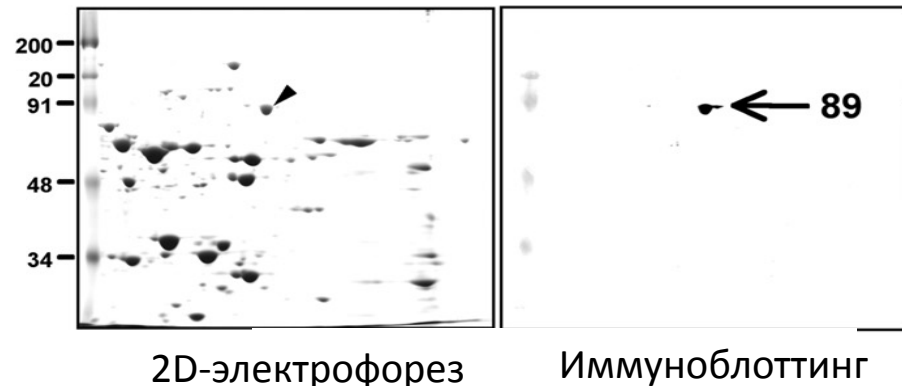
(D) Иммунизация
мыши
элюированными
белками

(E) Слияние миеломных
клеток и клеток
мышинной селезёнки

(F) Скрининг гибридомных клеток
при помощи непрямой
иммунофлуоресцентной
микроскопии



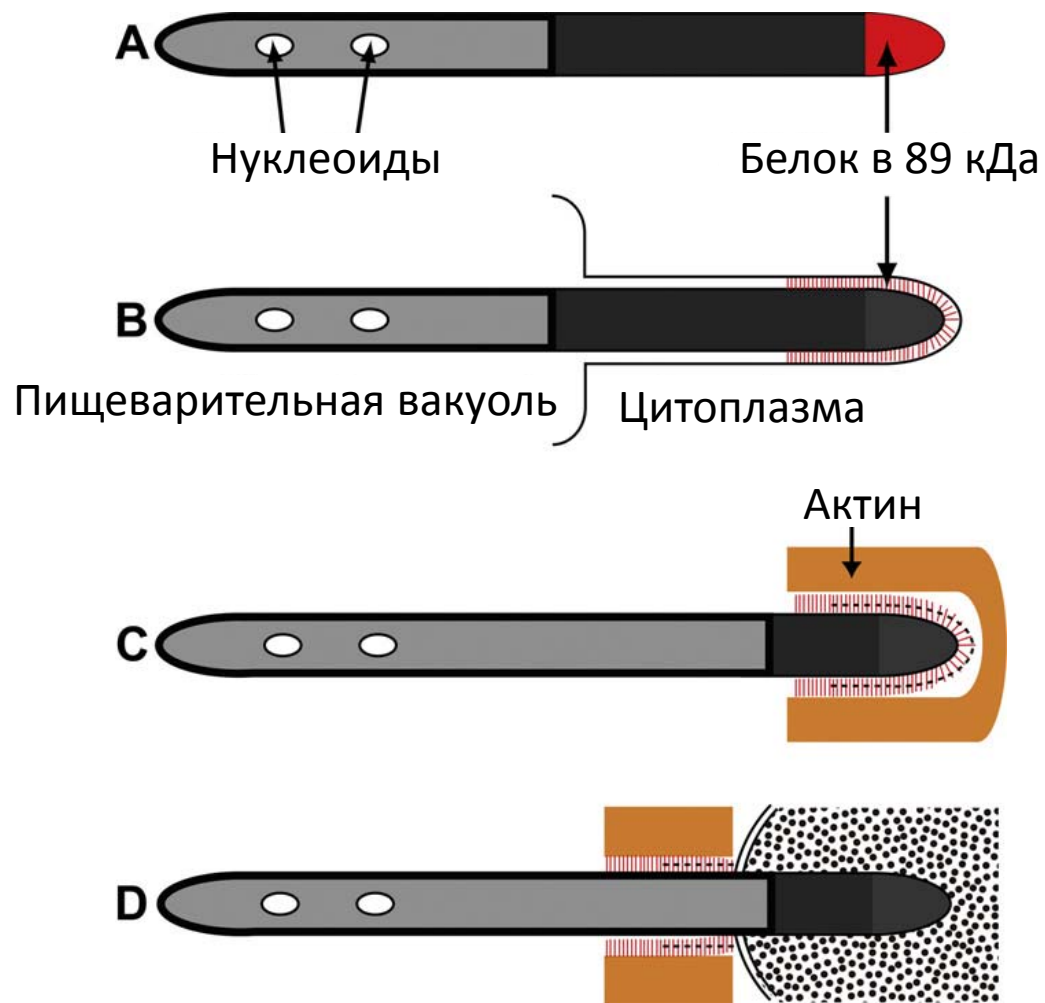
(G) Детекция антигена методом иммуно-
блоттинга при помощи «мышинных»
антител на 2D-электрофорезе

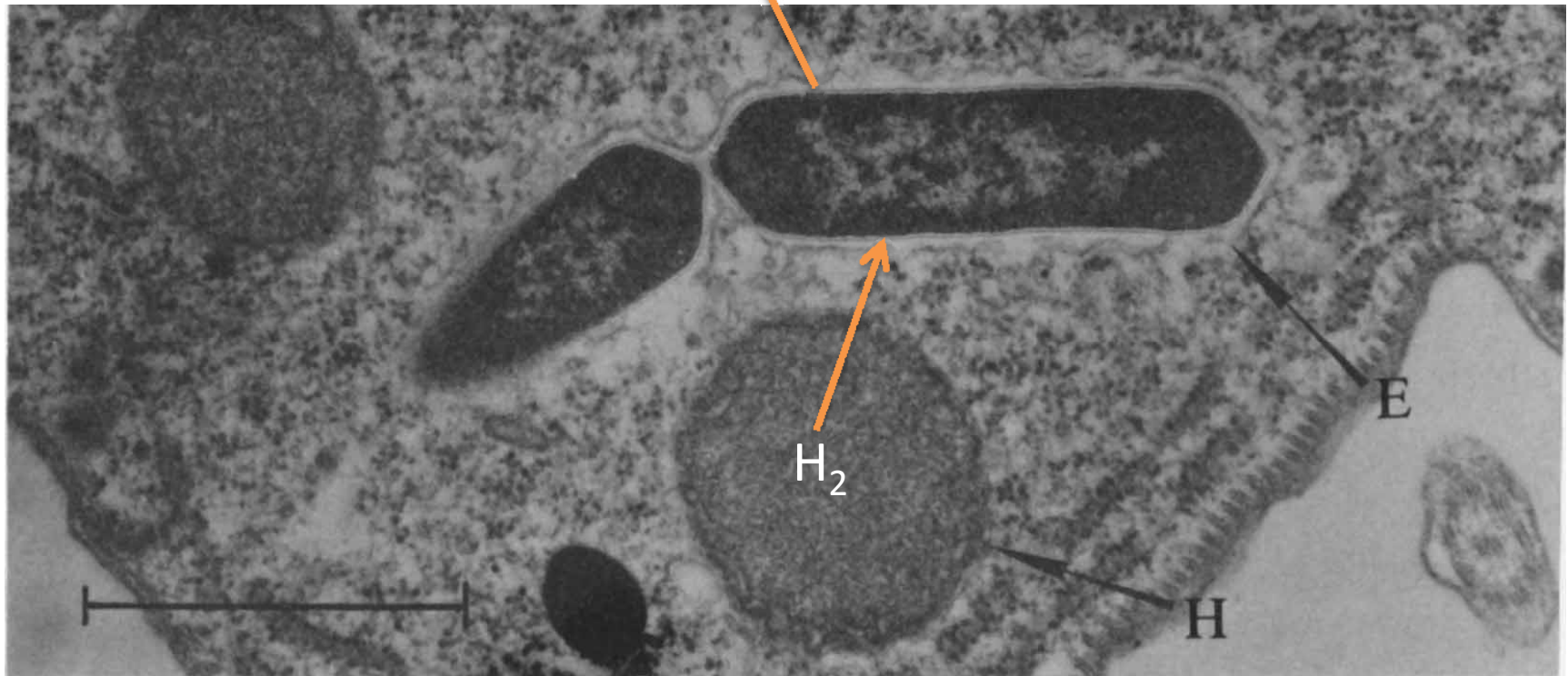
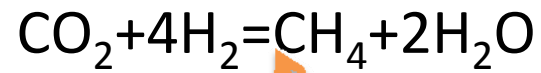


(H) Микросеквенирование
очищенного белка в 89 кДа

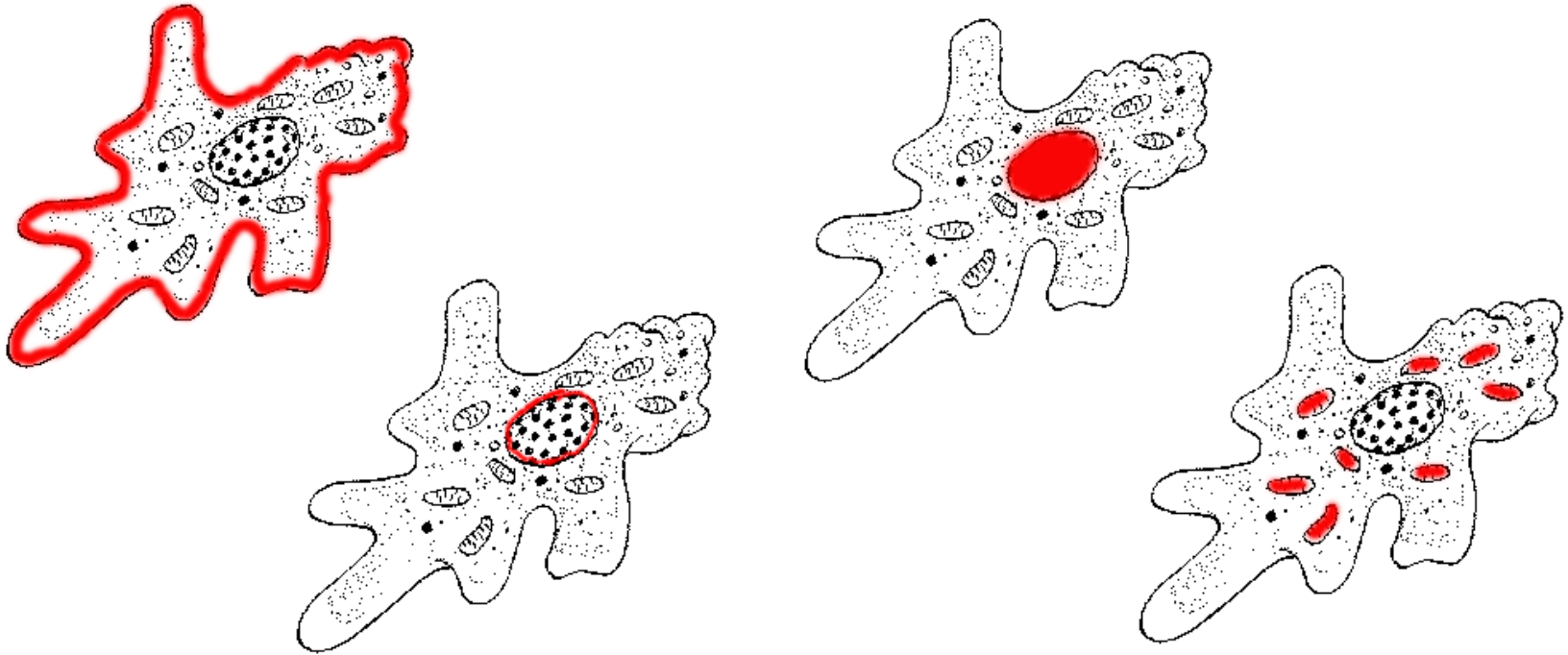
(I) Клонирование гена,
кодирующего этот белок

Схема транспортировки и внедрения *Holospora* в ядро





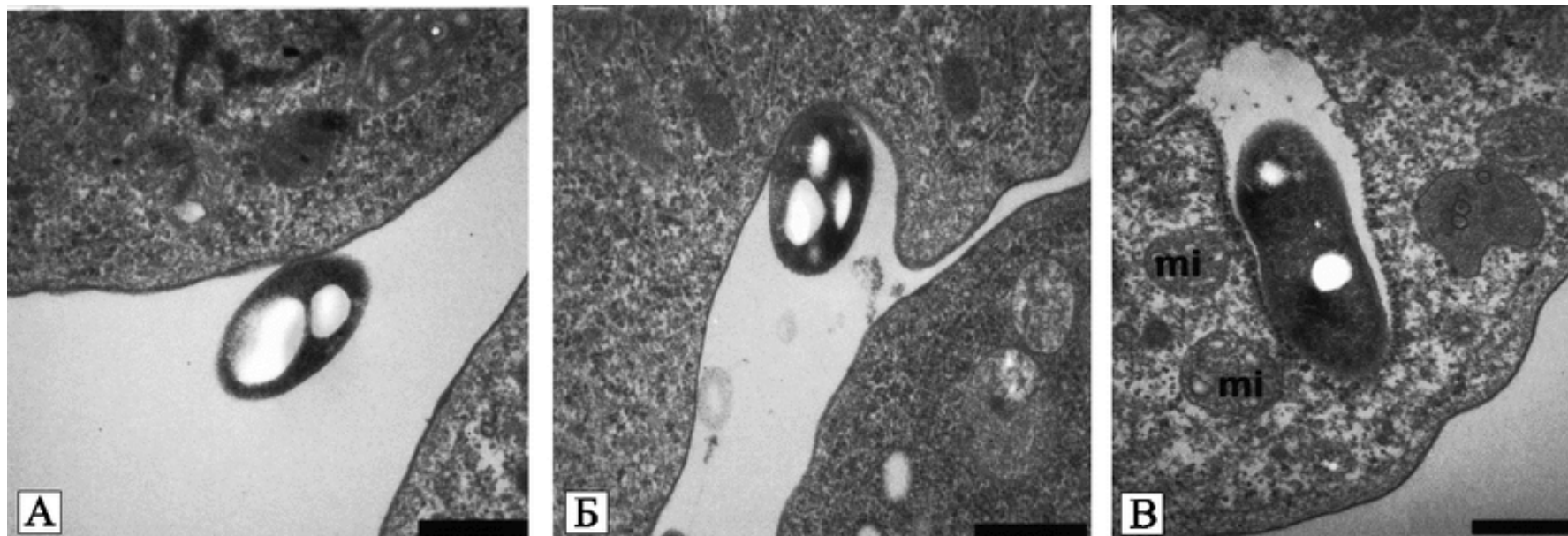
Е – делящийся эндосимбионт (архея) и
Н – гидрогеносома
в клетке инфузории *Metopus palaeformis*.
Масштаб 1 мкм



Критерии выбора симбионтом компартмента:

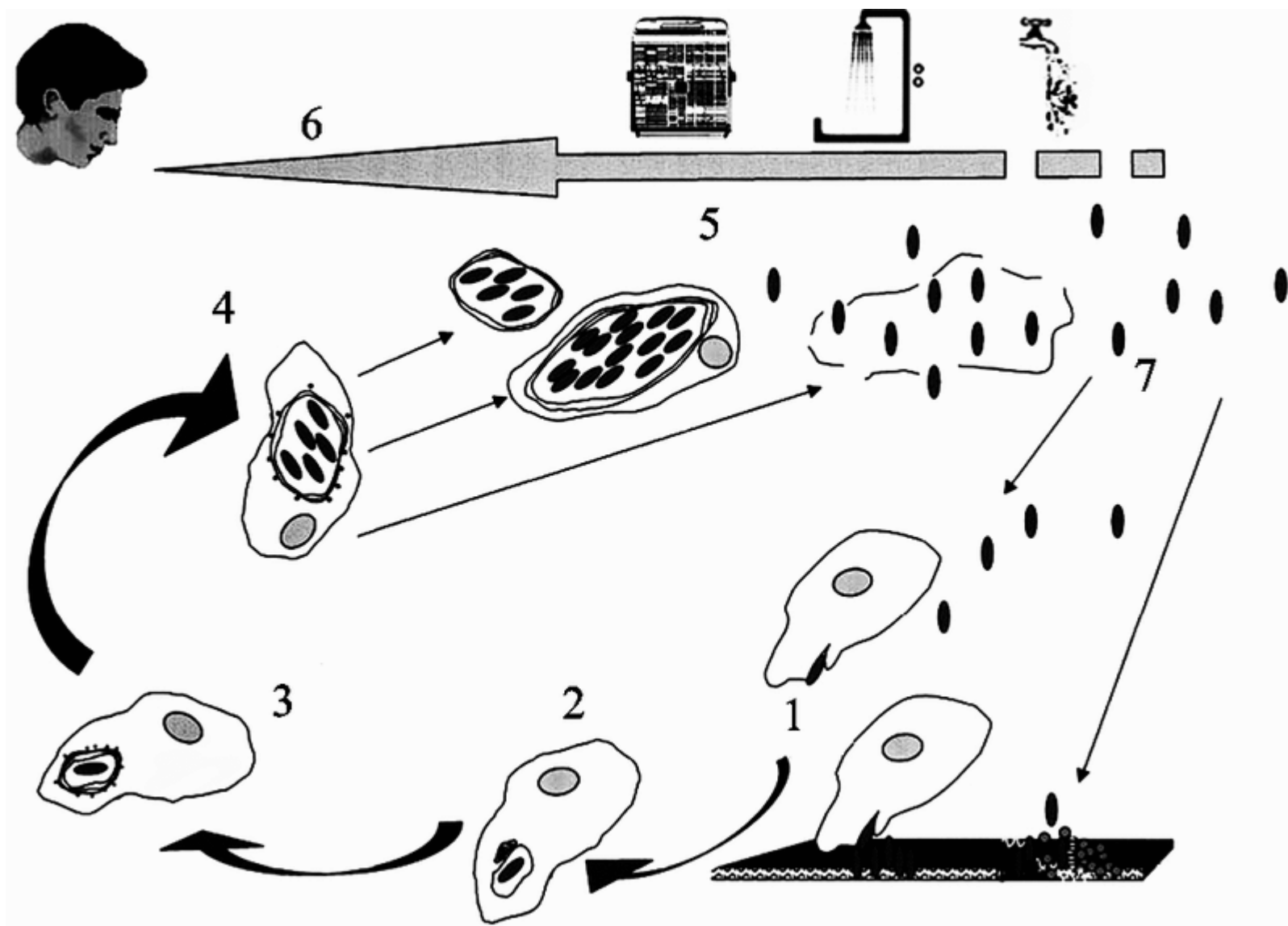
- 1) отсутствие собственных протеолитических ферментов;
- 2) отсутствие доступа лизосом;
- 3) большая вероятность быть переданным потомству (т.е. симбионт охотнее выбирает самореплицирующиеся органеллы).

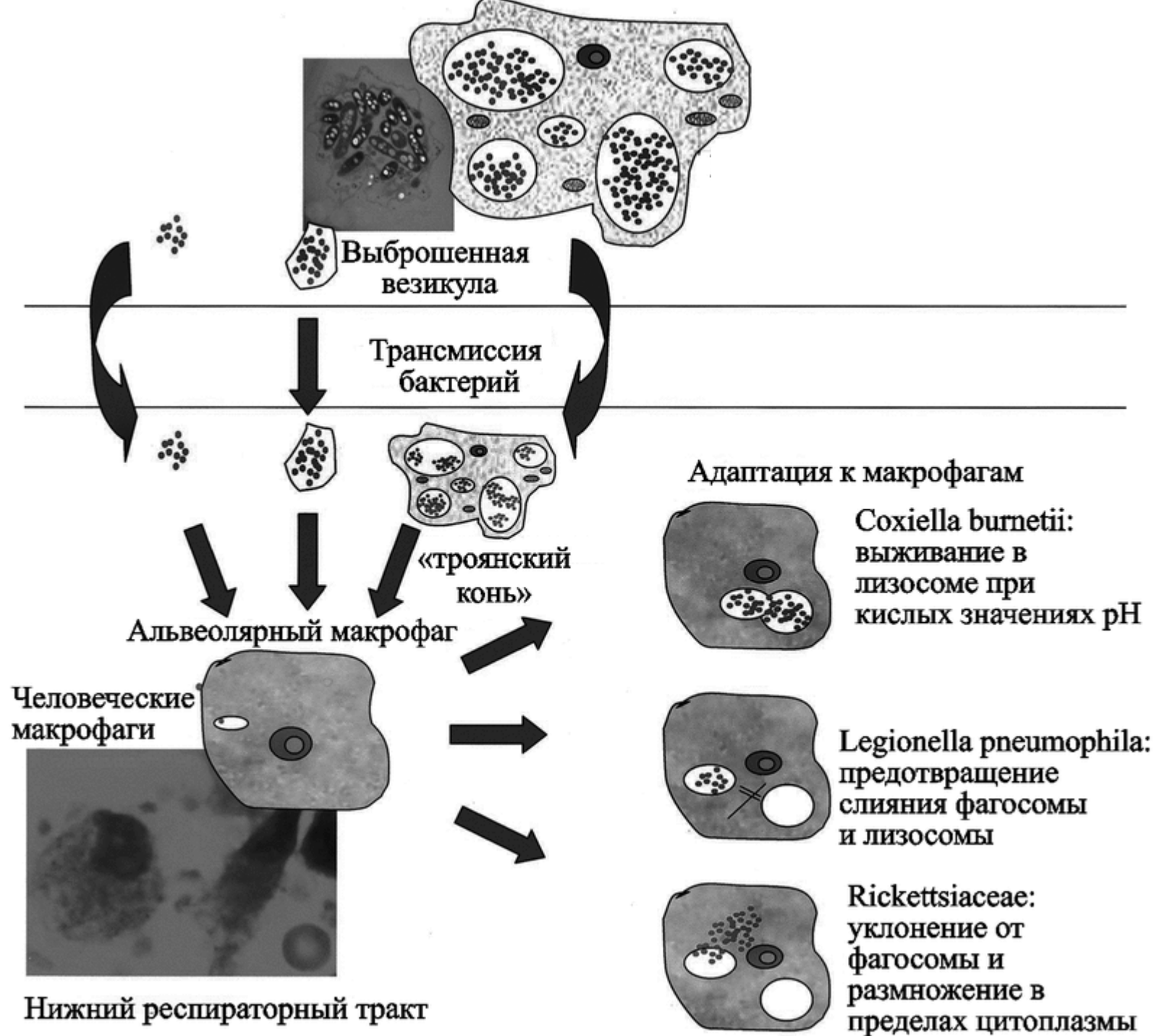
Фагоцитоз *L. pneumophila* амёбой *Hartmannella vermiformis*
в условиях *in vitro*.



А – адгезия; В – поглощение;
С – интернализированные бактерии.
Масштаб 0,5 мкм.

Жизненный цикл *Legionella pneumophila*



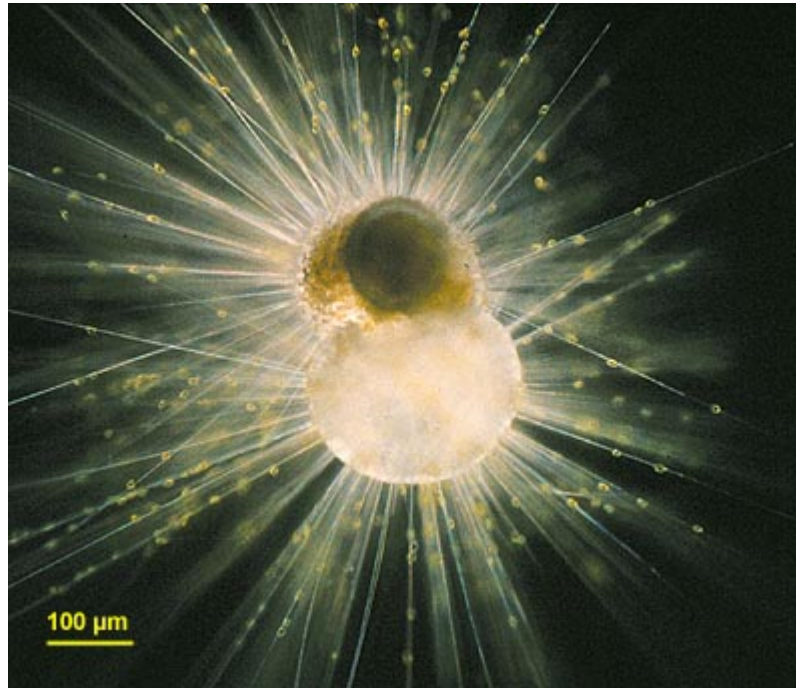


Кто живёт внутри протистов?

Часть 2. Эукариоты

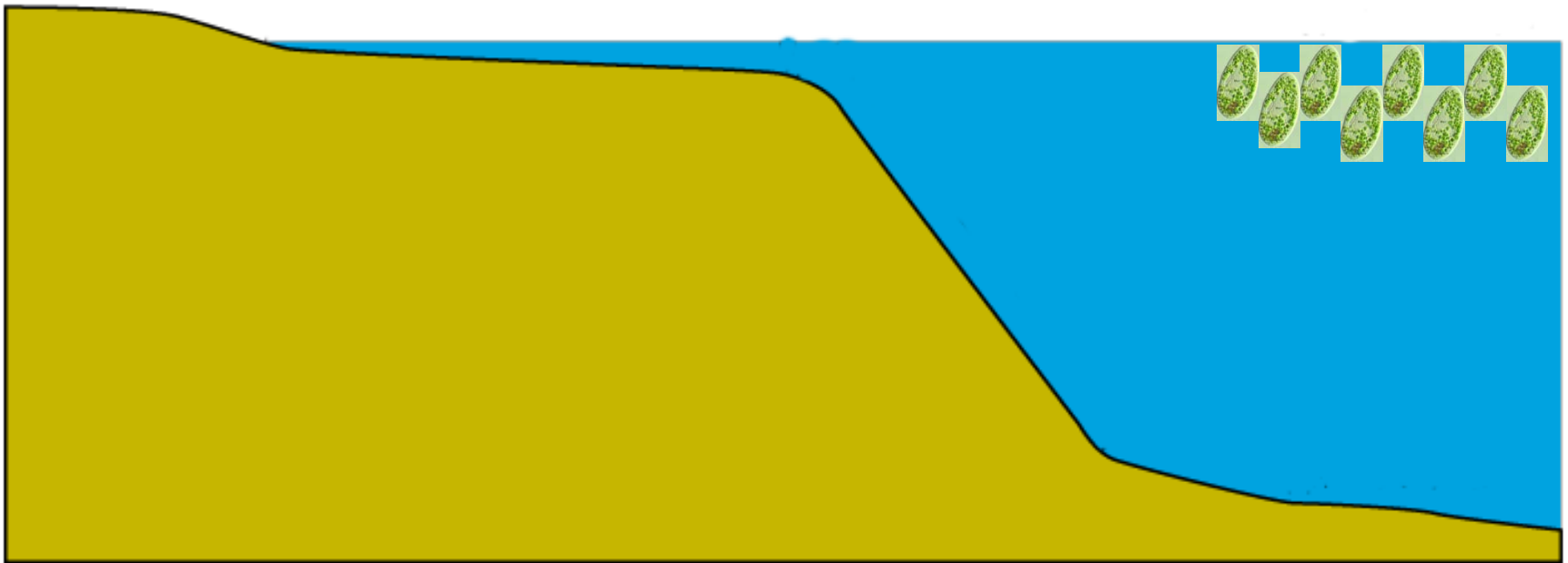
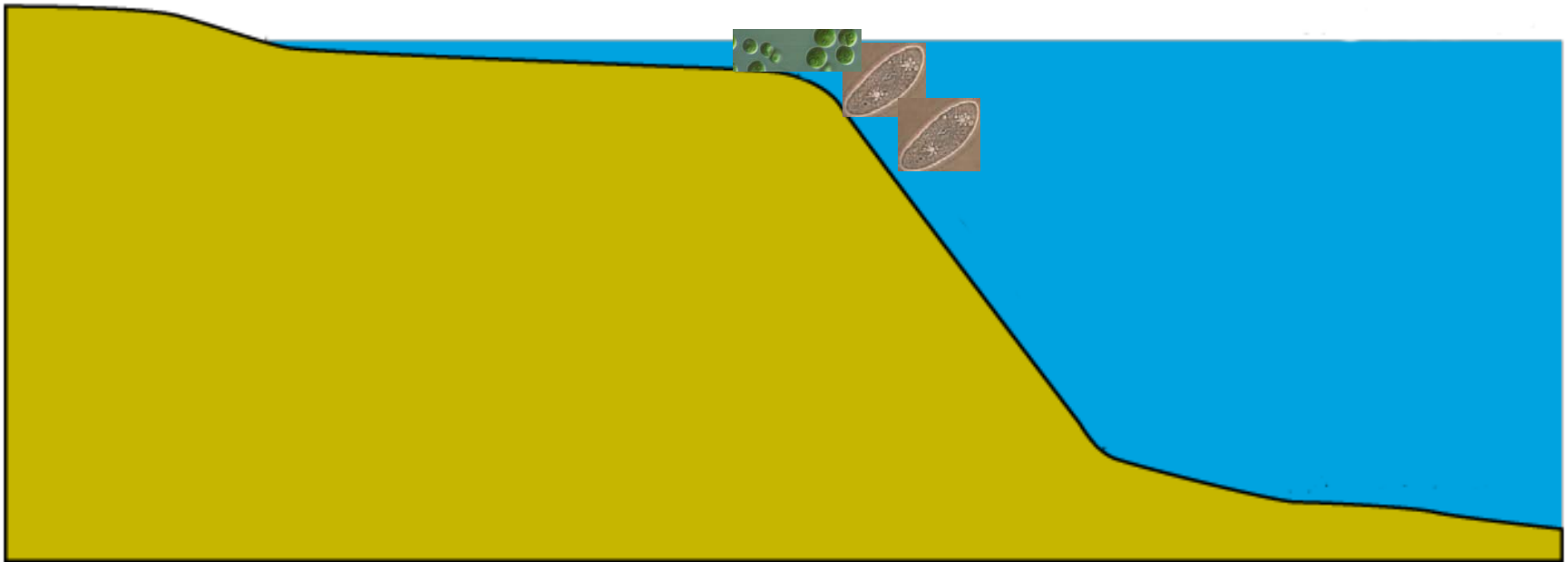
Лавренова В. Н.

CaCO_3 -продуцирующие протисты.



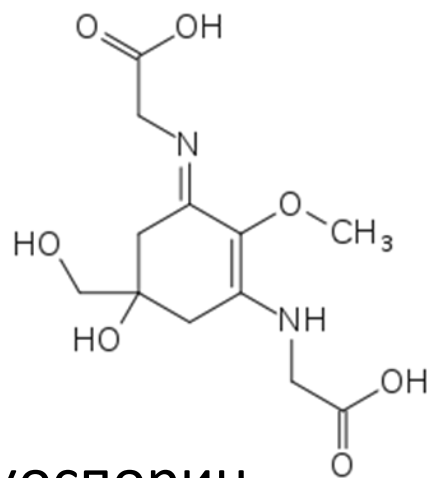
Функции зооксантелл (динофлагелляты и диатомовые):

- 1) смещение вправо равновесия: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- 2) рециклинг соединений азота и фосфора.





Symbiodinium



Микоспорин



Maristentor (x7)

Euplotes зимой



Euplotes «обзаводится»
симбионтами



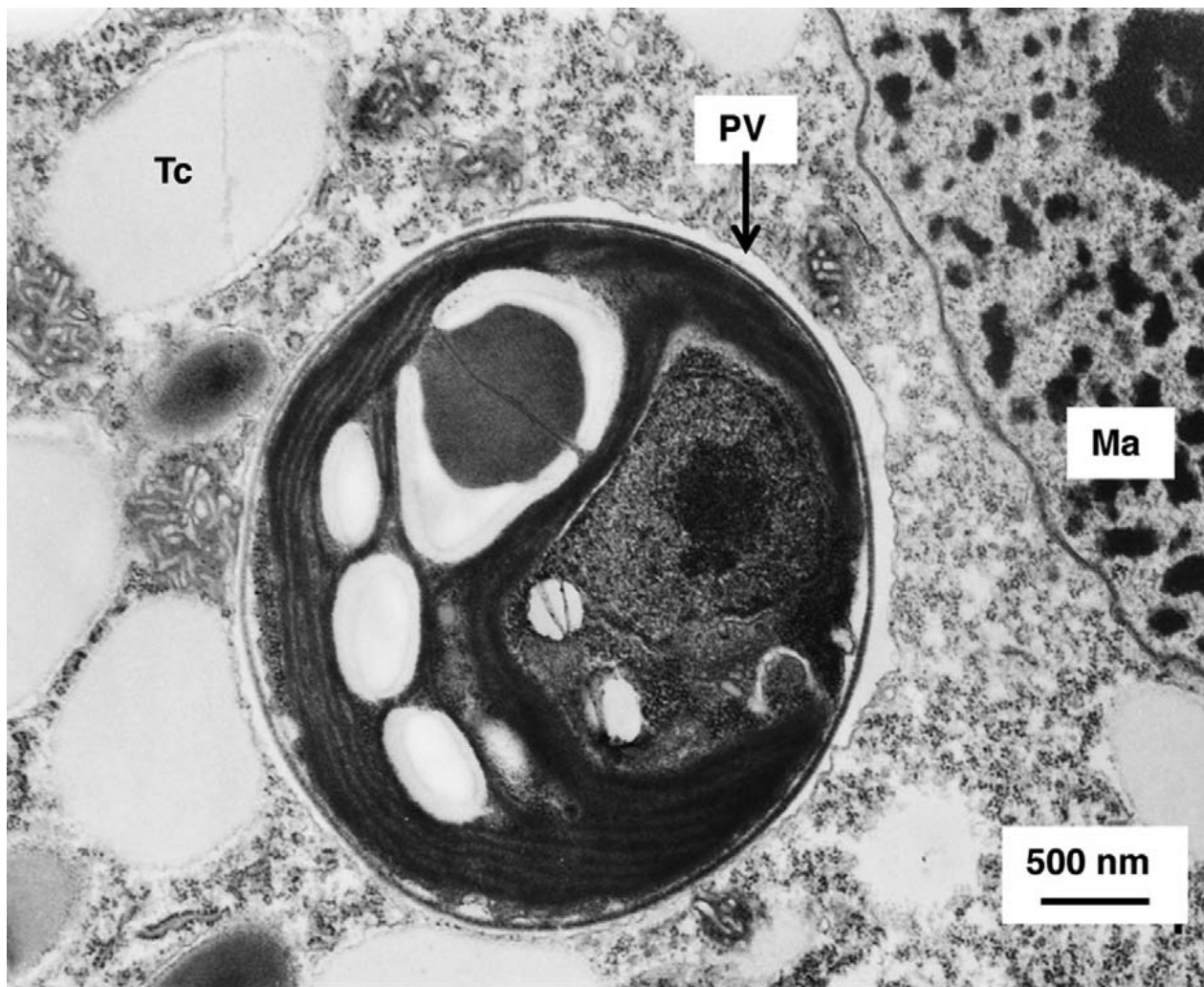
Euplotes летом



Особенности симбиоза с зоохлореллами.



- 1) Каждая водоросль окружена периальгальной мембраной.
- 2) Водоросль снабжает протиста веществами для его роста.
- 3) Симбионт всегда специфичен для определённого хозяина.



Tc – трихоциста, PV – периальгальная вакуоль, Ma – макронуклеус.

Цитопрокт

Цитофаринкс

2 Водоросли отпочковываются от ПВ. 30 мин

3 Мембрана ПВ дифференцируется в периагальную мембрану, защищающую водоросль от слияния с лизосомой.

4 Водоросли в кортексе инфузории. 45 мин

1 Некоторые водоросли приобретают устойчивость к хозяйским лизосомальным ферментам. 3 мин

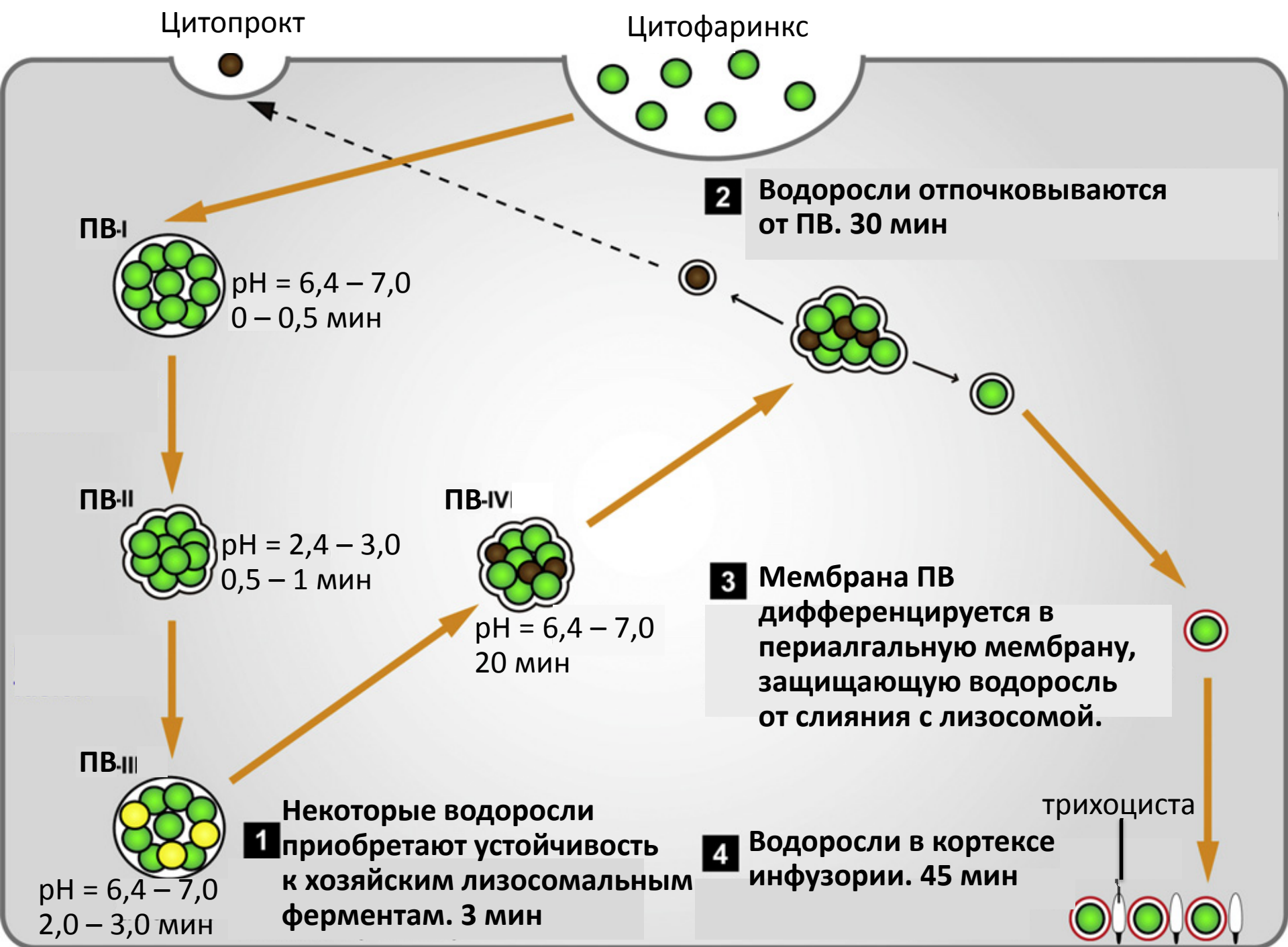
ПВ-I
pH = 6,4 – 7,0
0 – 0,5 мин

ПВ-II
pH = 2,4 – 3,0
0,5 – 1 мин

ПВ-IV
pH = 6,4 – 7,0
20 мин

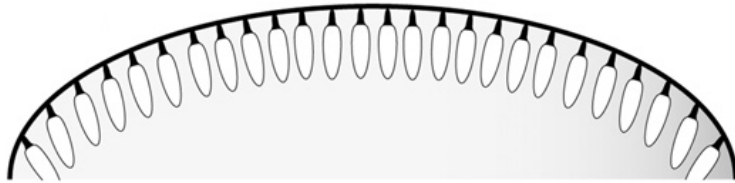
ПВ-III
pH = 6,4 – 7,0
2,0 – 3,0 мин

трихоциста



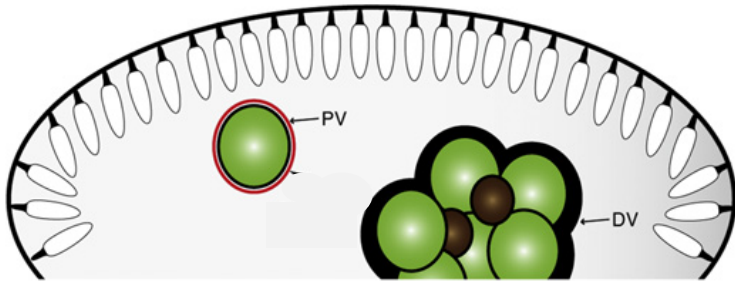
Вопрос о связи расположения зоохлорелл с трихоцистами

A



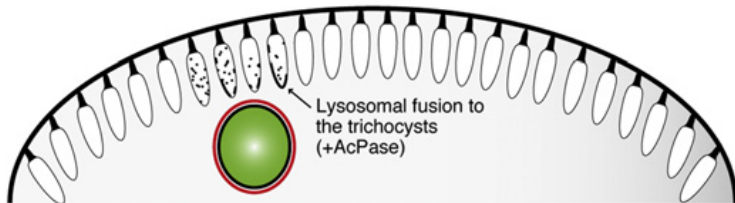
B

≥ 30 мин

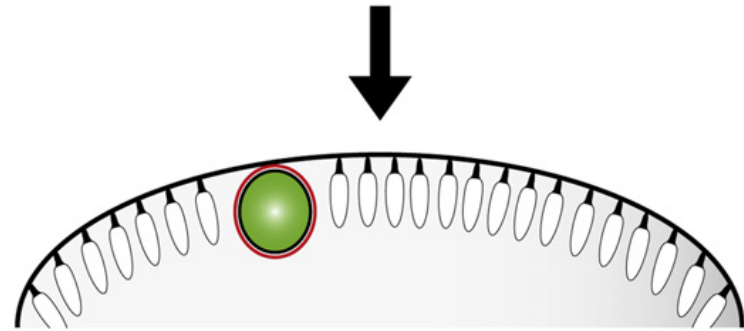


C

≥ 3 ч

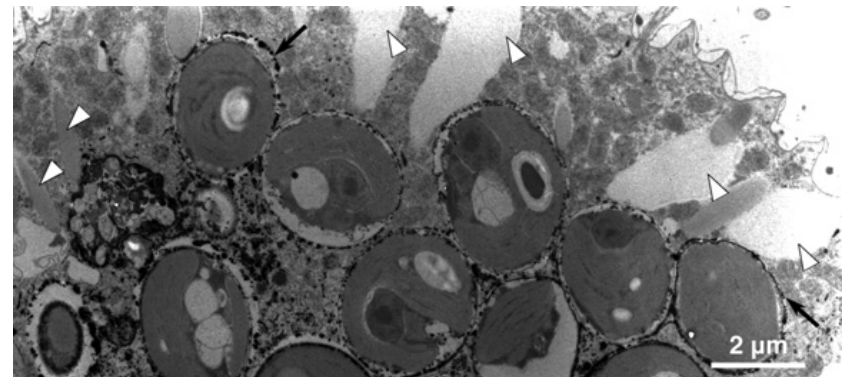
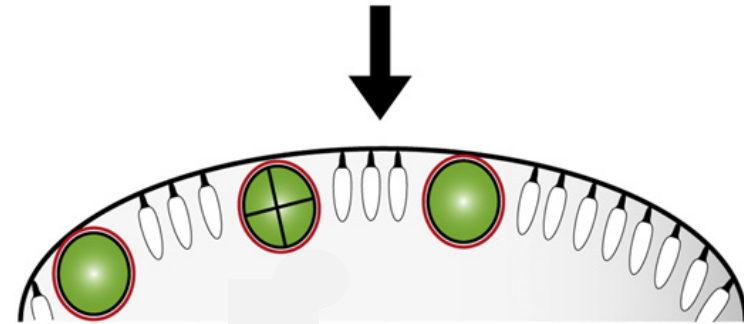


D

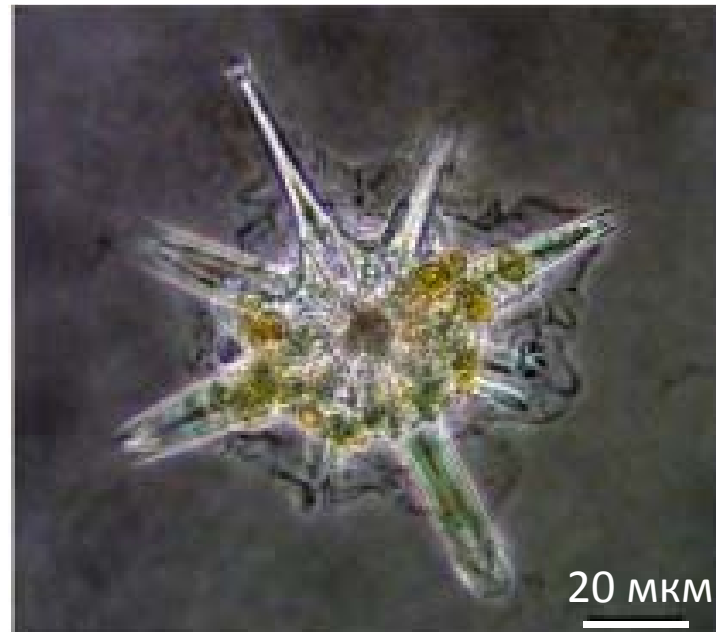
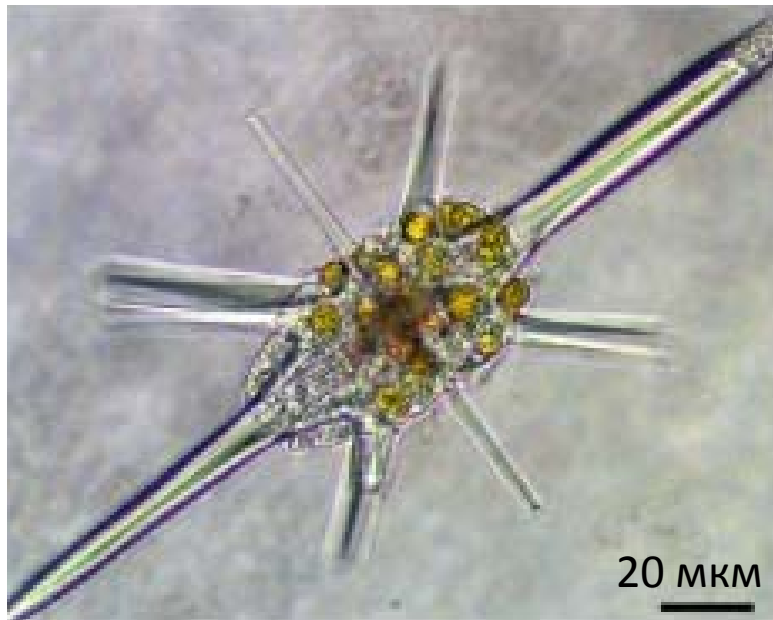
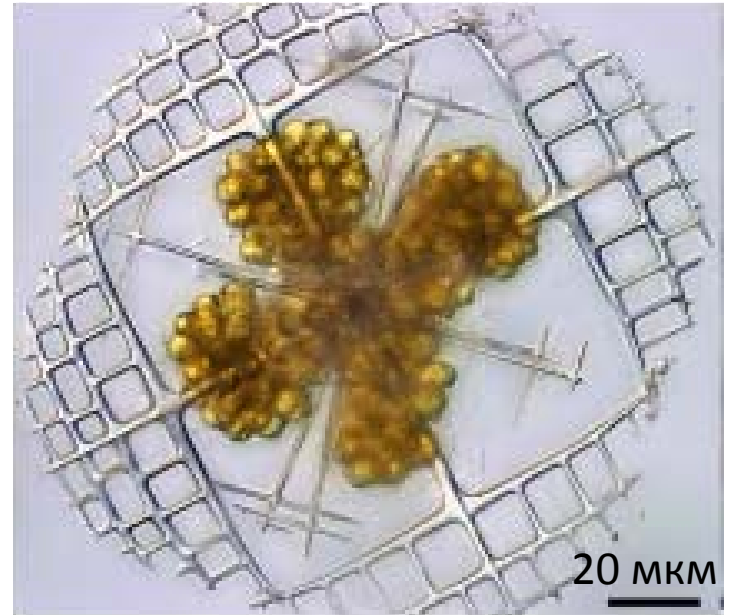


E

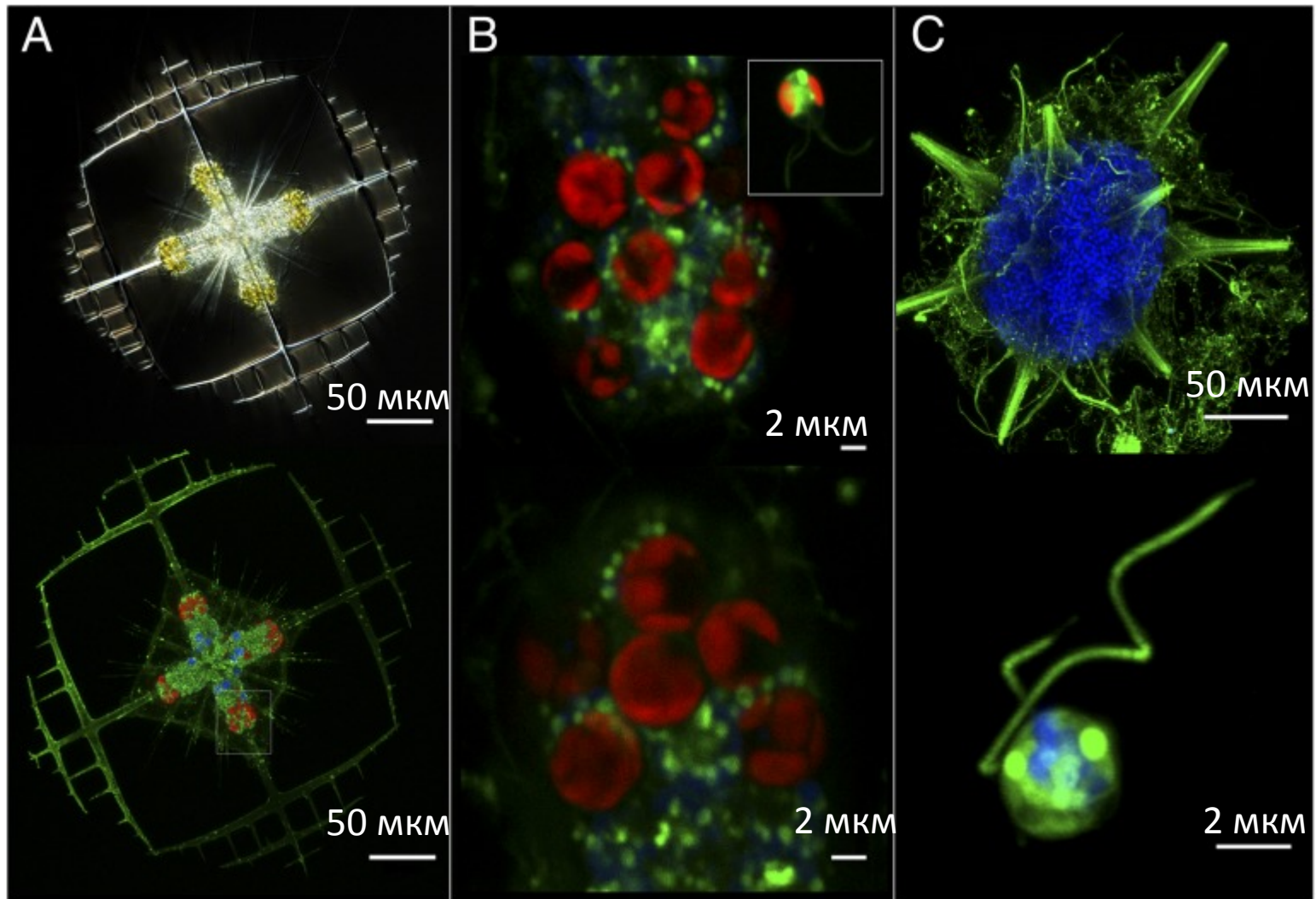
≥ 24 ч



Динофлагеллятные
симбионты
акантарий



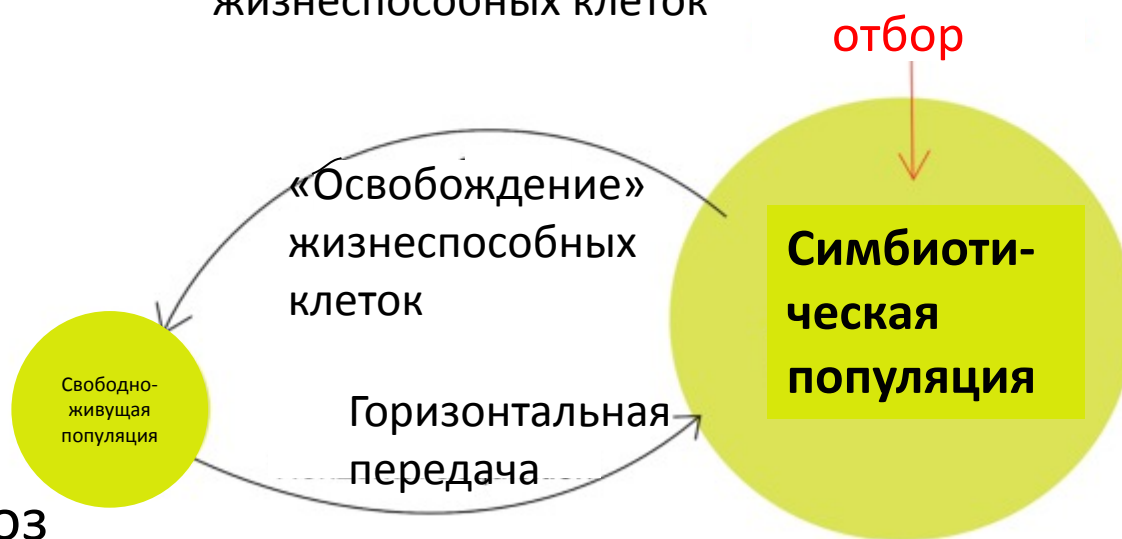
Взаимоотношения акантарии и её симбионта *Phaeocystis*



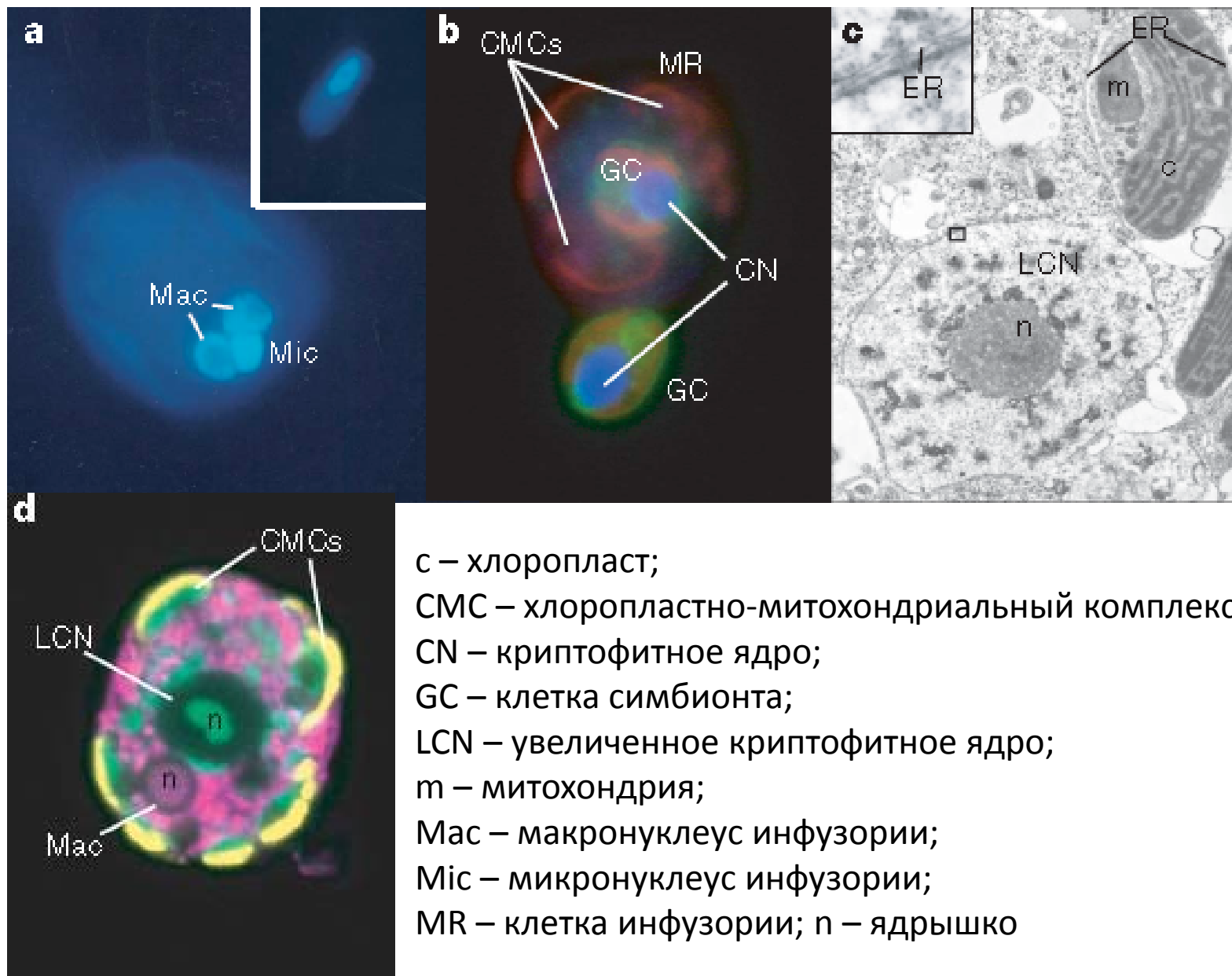
Пелагический
фотосимбиоз



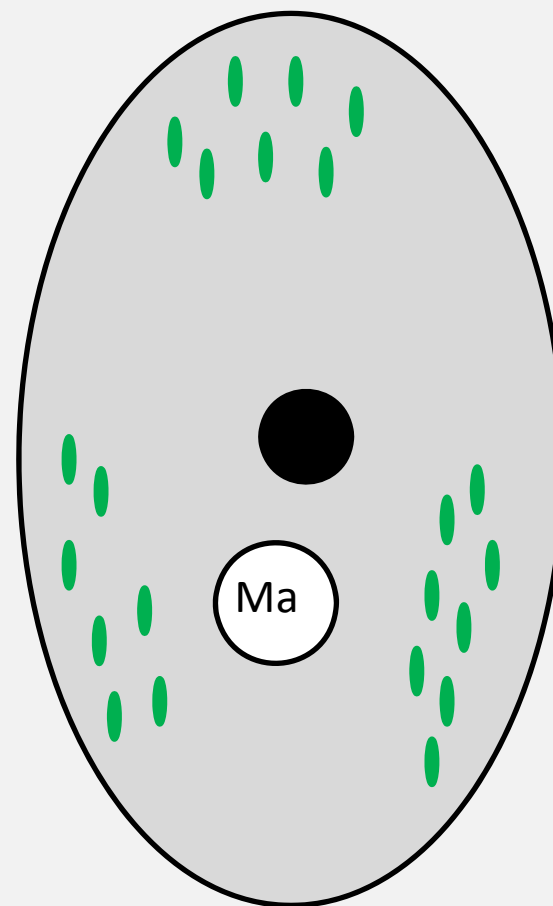
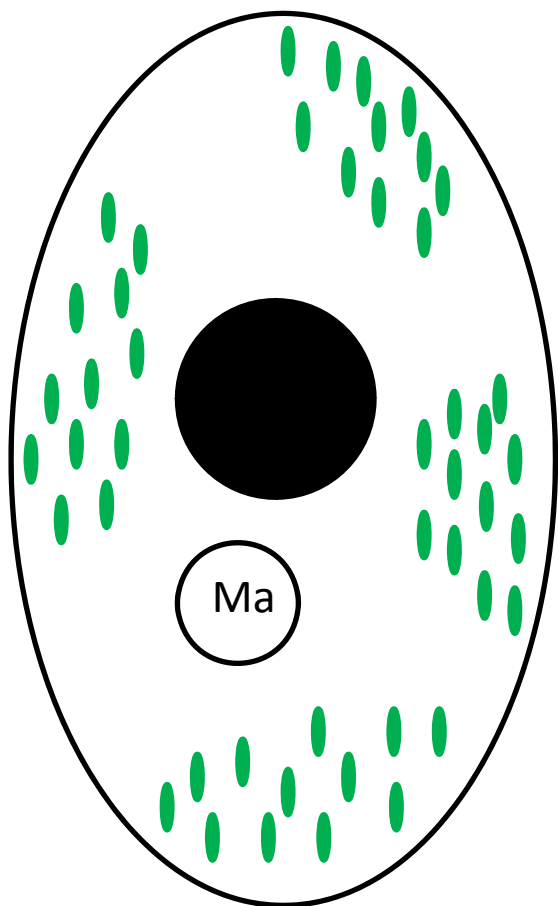
Бентосный
фотосимбиоз



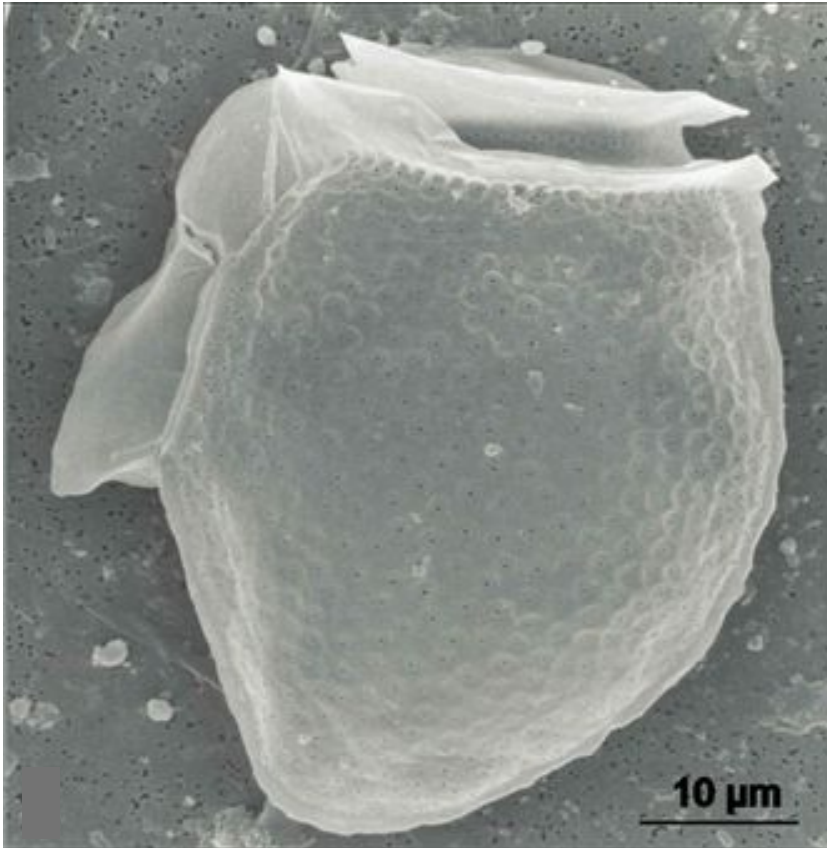
Myrionecta rubra и её отношения с *Geminigera cryophila*



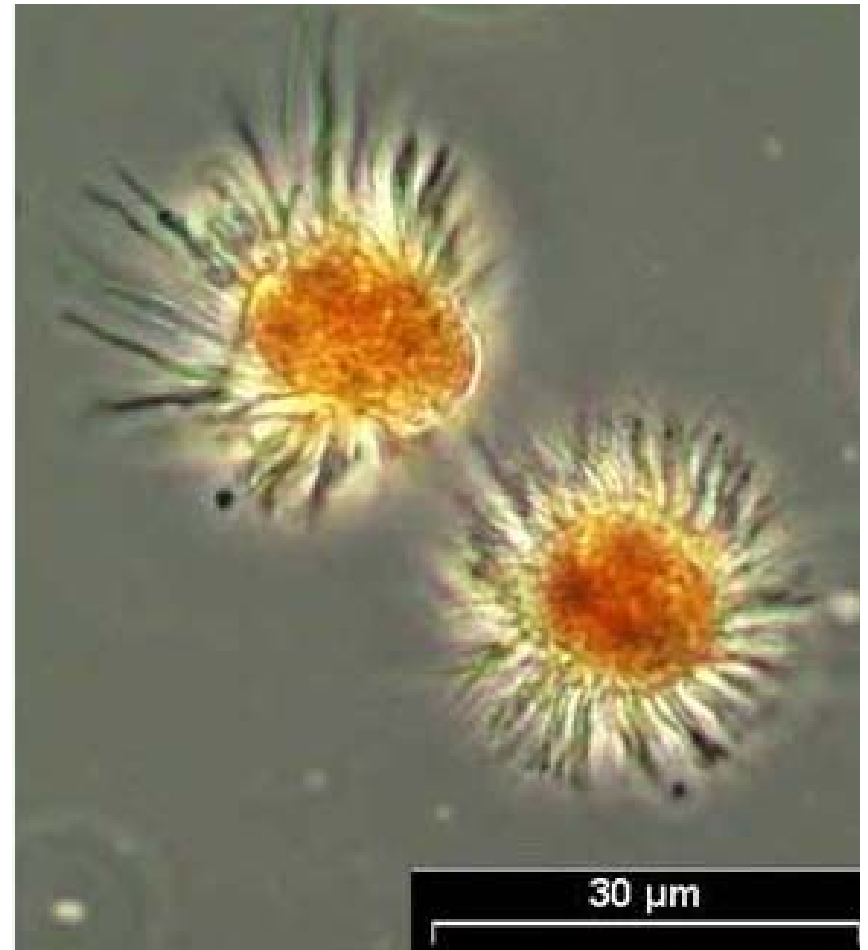
Деградация криптофитного ядра



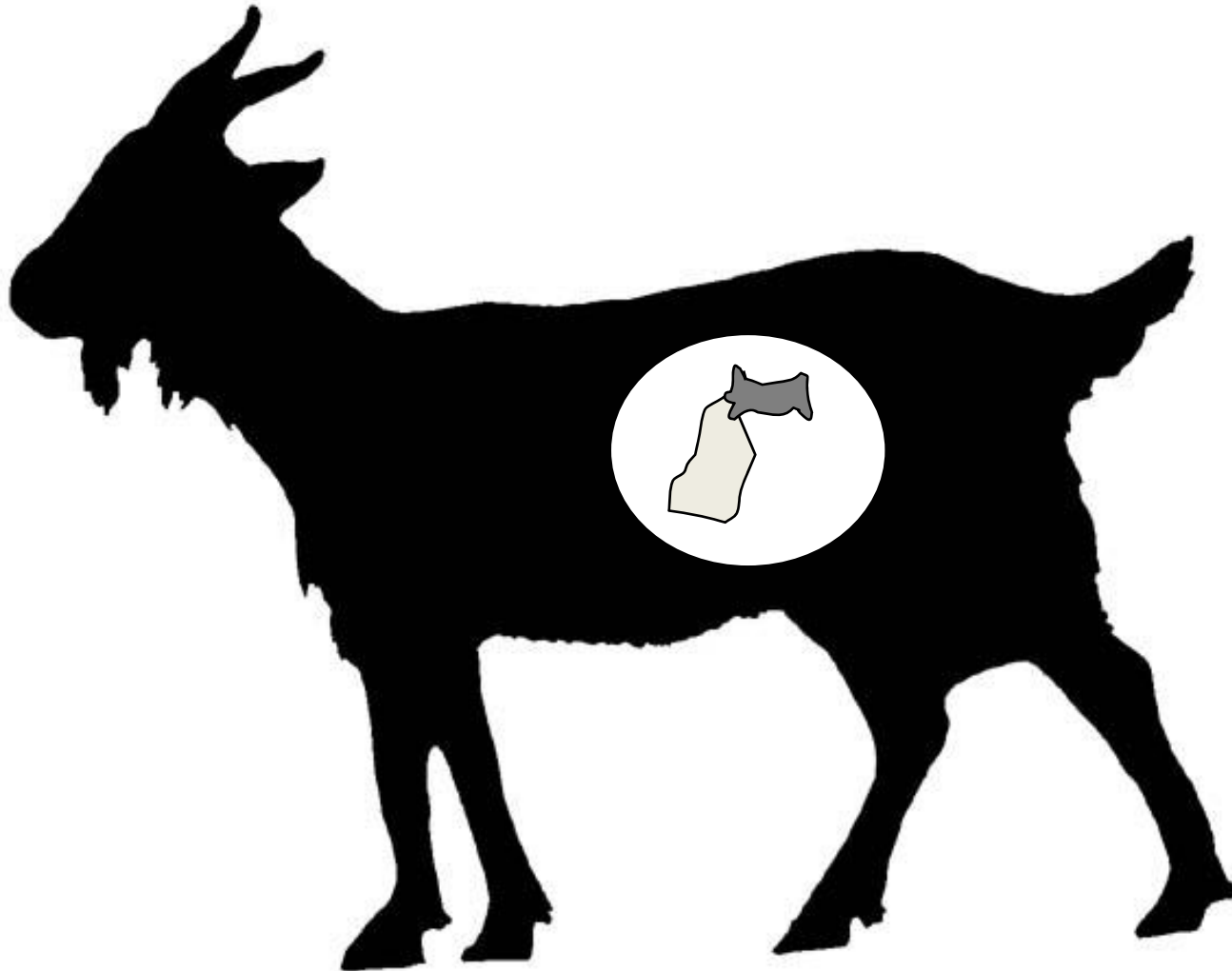
Dinophysis

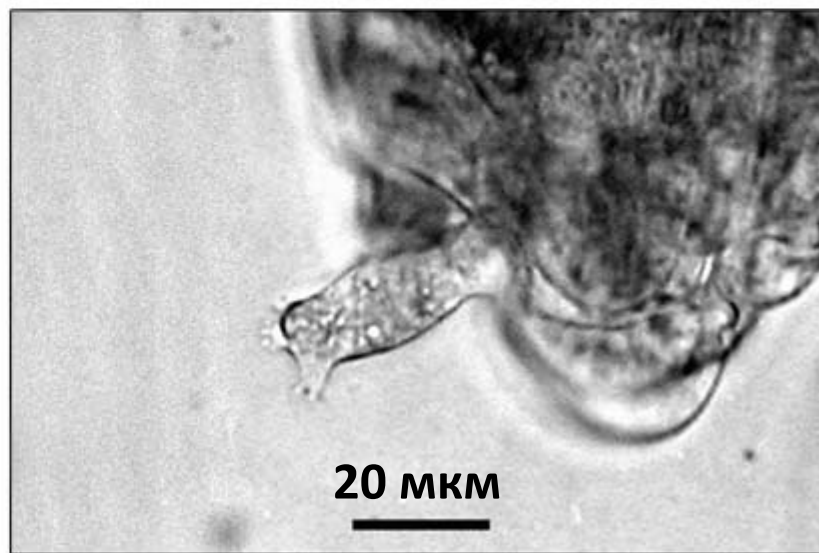
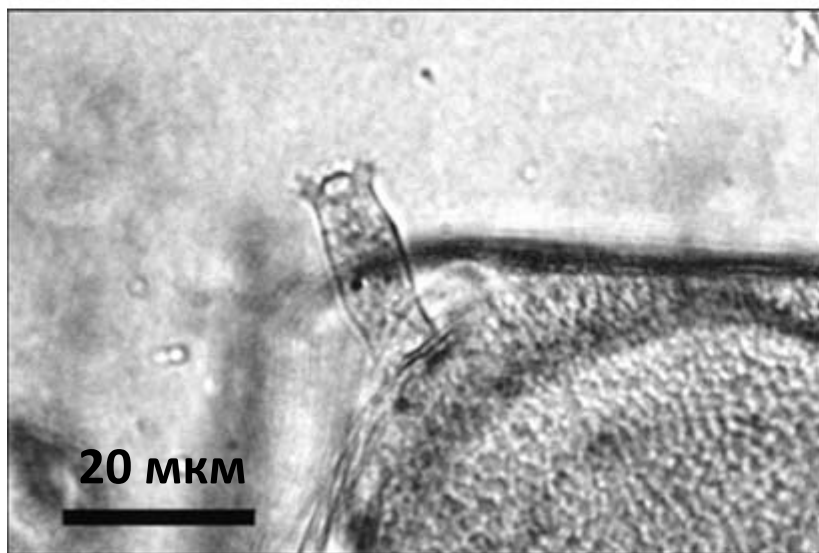
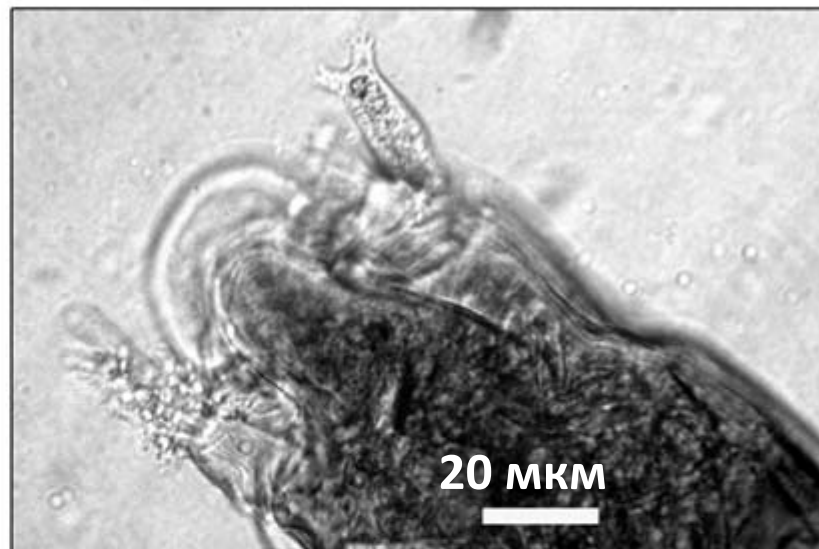
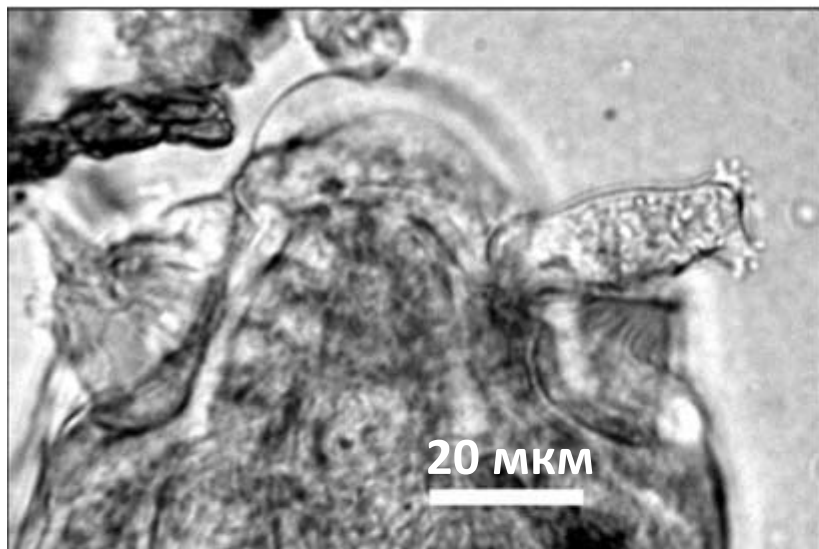


Myrionecta rubra



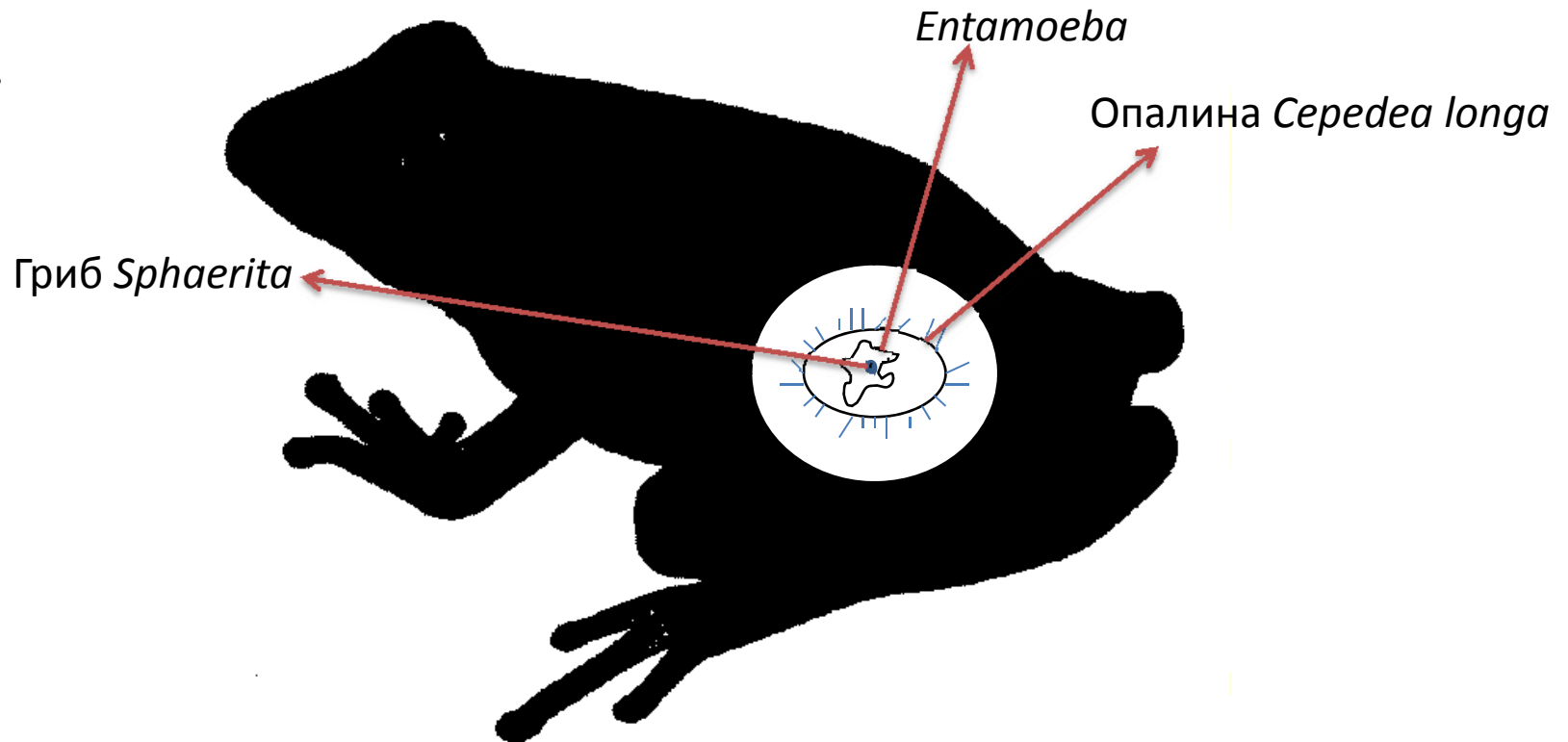
Allantosoma intestinalis – гиперпаразит инфузорий
энтодиниоморф, населяющих толстый кишечник жвачных.





Другие примеры гиперпаразитизма

1.



2. *Leptomonas karyophilus* в макронуклеусе инфузорий

Система хозяин-паразит-гиперпаразит

Хозяин	Паразит	Гиперпаразит
S	-	-
P	+	-
H	+	+
D	Мёртвые	

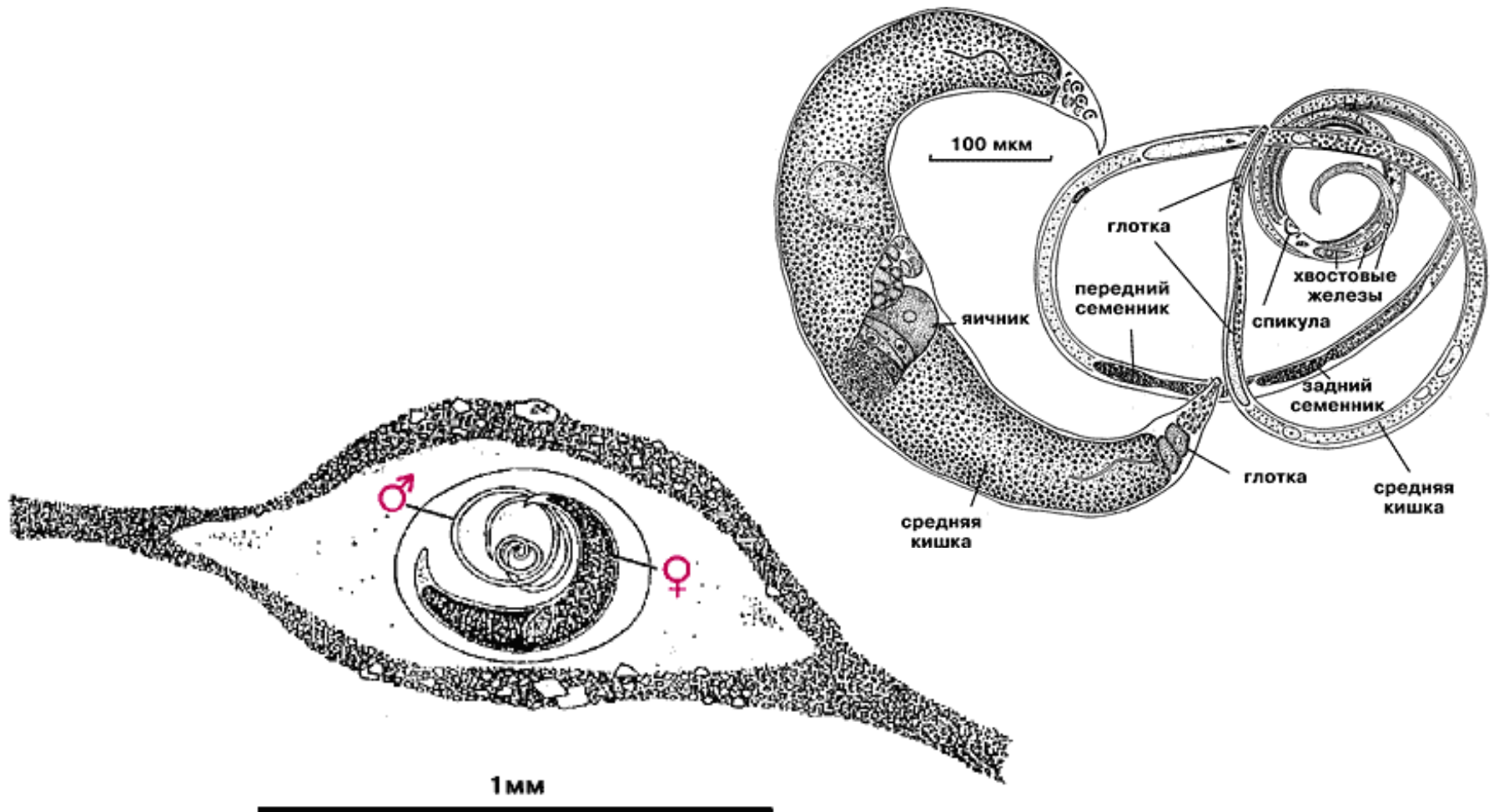
- 1) $H > P \Rightarrow$ закрепление гиперпаразита в популяции.
- 2) Слабая вирулентность гиперпаразита.
- 3) Высокая эффективность передачи гиперпаразита $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ вертикальная передача.



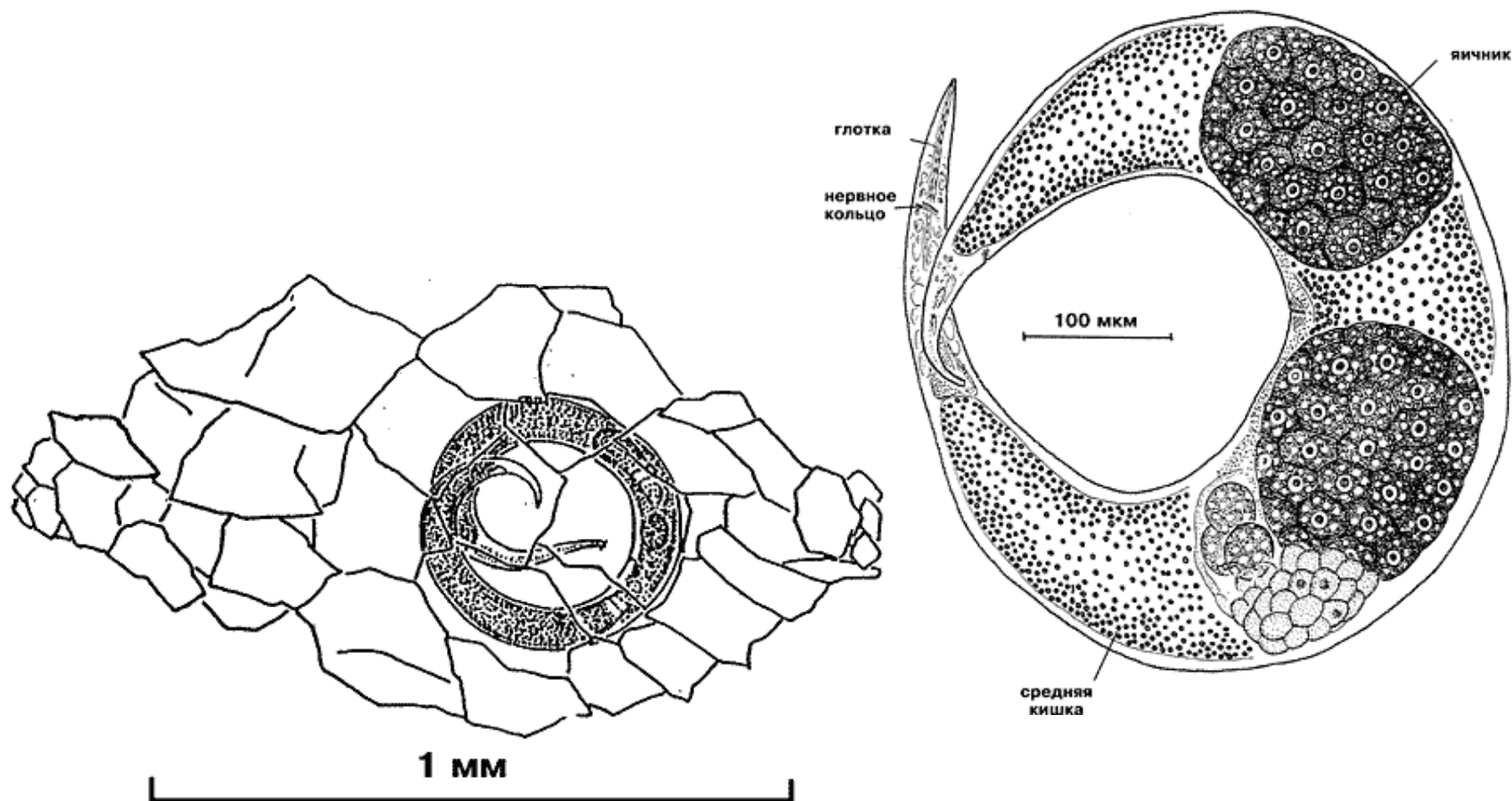
Закрепление гиперпаразита



Уменьшение количества D



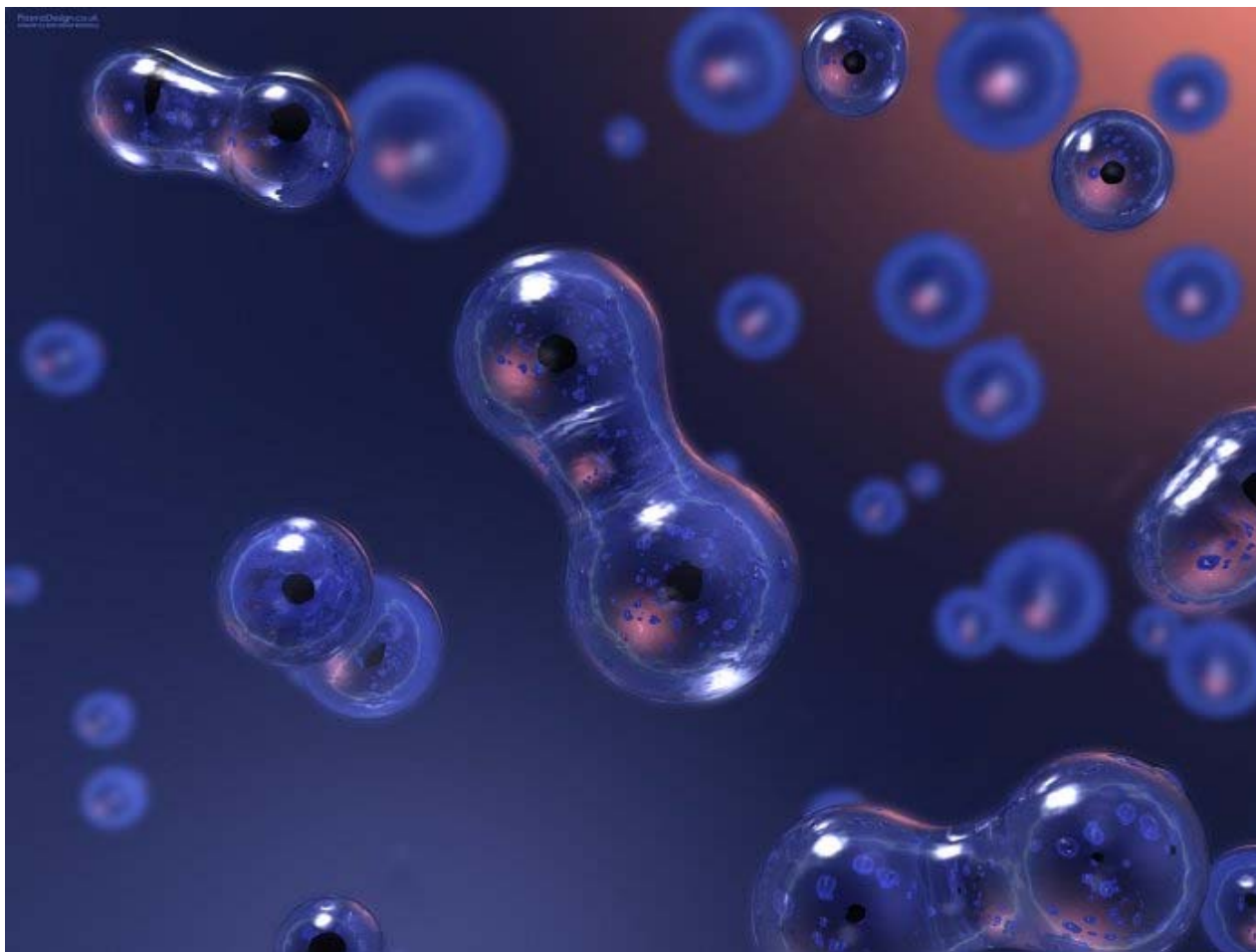
Фораминифера *Vanhoeffenella aff. gaussi*. В её внутренней кожистой камере поселилась семейная пара *Smithsoninema inaequale* – тонкий самец и толстая самка. Справа их “крупный план”



Самка *Catacolaimidae* gen. sp. 2 в раковинке реофакса и отдельно при большем увеличении.

Список литературы.

1. Хаусман К., Хюльсман Н., Радек Р. Протистология//М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010.
2. Чесунов А. В., Милютин Д. Е., Евсеев А. В. Многоклеточные паразиты простейших, 2000. Природа №3.
3. Decelle J. New perspectives on the functioning of evolution of photosymbiosis in plankton. Mutualism or parasitism? 2013. Communic. & Integr. Biol. 6:4, e24560.
4. Decelle J., Probert I., Bittner L., Desdevises Y., Colin S., de Vargas C., Galí M., Simó R., Not F. An original mode of symbiosis in open ocean plankton, 2012. Proc Natl Acad Sci USA 109(44), 18000-5.
5. Dziallas C., Allgaier M., Monaghan M. T., Grossart H.-P. Act together – implications of symbioses in aquatic ciliates, 2012. Front. Microbiol. 3, 288.
6. Fujishima M., Kodama Y. Endosymbionts in *Paramecium*, 2012. Eur. J. Protistol. 48, 124-137.
7. Johnson M. D., Oldach D., Delwiche C. F., Stoecker D. K. Retention of transcriptionally active cryptophyte nuclei by the ciliate *Myrionecta rubra*, 2007. Nature 445, 426-428.
8. Kornilova O. A. *Strelkowella urunbasiensis gen. et sp. N.* (Suctorina, Allantosomatidae) from the hindgut of the yakut horse, 2004. Vestnik zoologii 38(6), 69–73.
9. Morozov A. Y., Robin C., Franc A. A simple model for the dynamics of a host–parasite–hyperparasite interaction, 2007. J. Theor. Biol. 249, 246-253.
10. Nishitani G., Nagai S., Baba K., Kiyokawa S., Kosaka Y., Miyamura K., Nishikawa T., Sakurada K., Shinada A., Kamiyama T. High-Level Congruence of *Myrionecta rubra* Prey and *Dinophysis* Species Plastid Identities as Revealed by Genetic Analyses of Isolates from Japanese Coastal Waters, 2010. Appl. Envir. Microbiol. 76 №9, 2791-2798.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!