Морские сообщества обрастания сами по себе и как модельный объект экспериментальной биоценологии

ХАЛАМАН
Вячеслав Вячеславович
ББС ЗИН РАН

Биологические модели

- Успех в решении той или иной научной проблемы во многом зависит от наличия удобной и адекватной модели, на которой проводится исследование
- Культуры клеток, лабораторные животные и есть такие биологические модели

Модели для экологических исследований

- Используются искусственные открытые или изолированные экосистемы, а так же некоторые естественные сообщества живых организмов

Сообщества обрастания – одна из широко используемых естественных моделей

Обрастание – явление биологическое, а термин… – технический

Термин описывает животных и растений, поселяющихся на погруженных в воду объектах, как правило, антропогенного происхождения. По этой причине имеет технический смысловой оттенок. Так сложилось исторически.

Fouling (англ.) – обрастание, загрязнение, засорение, грязь и т.д.

Проблемы, вызвавшие необходимость исследования обрастаний

негативные

Обрастания судов, портовых сооружений, водоводов, буровых платформ и др. гидротехнических сооружений.

позитивные

Марикультура двустворчатых моллюсков, асцидий, губок

Начало

- Интенсивное исследование морского обрастания началось в первой половине прошлого столетия, особенно, в США.

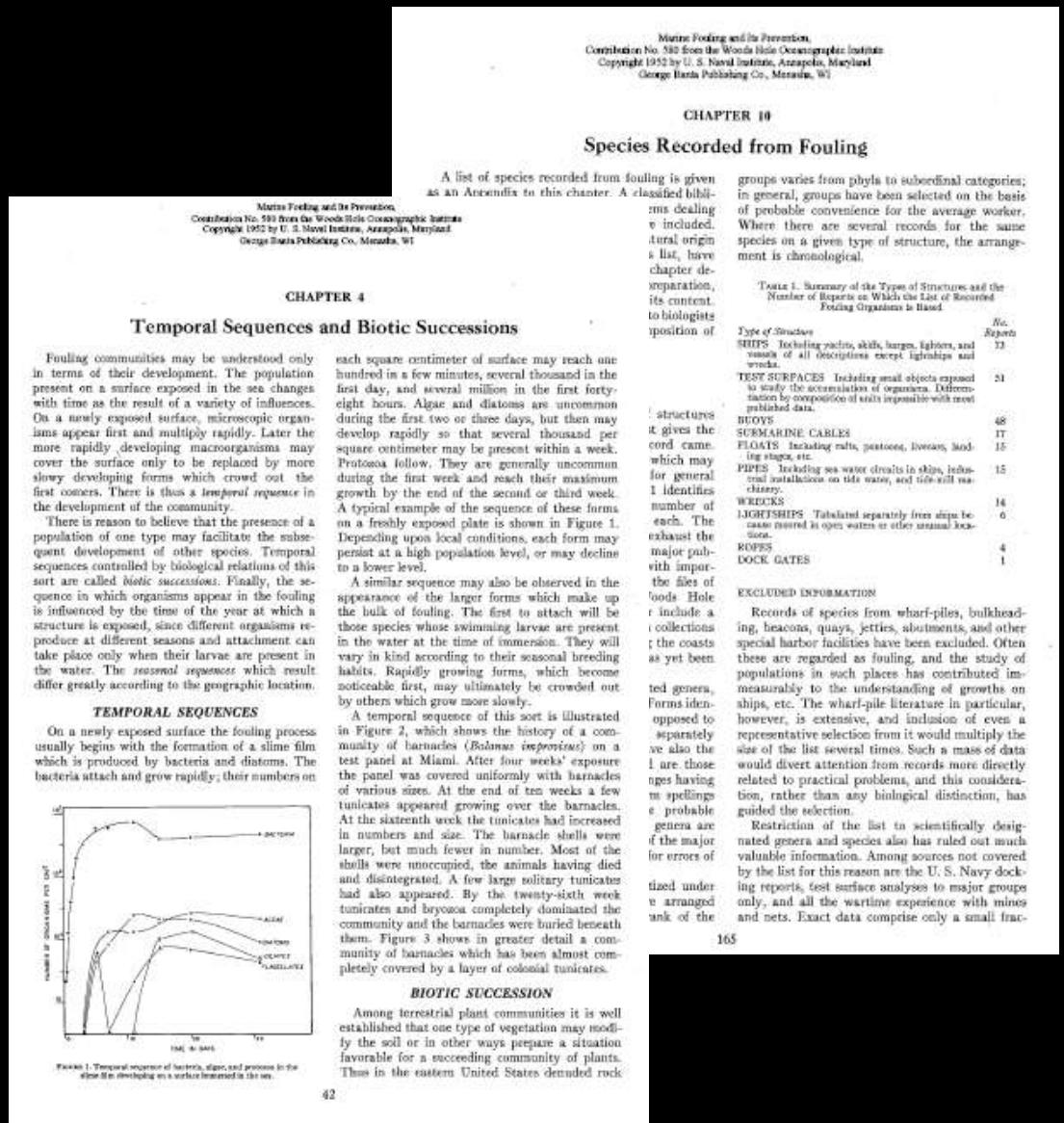
- Shelford V.E. 1930. Geographic extent and succession in Pacific North American intertidal (*Balanus*) communities.
- Coe W.R. & Allen W.E. 1937. Growth of sedentary marine organisms on experimental blocks and plates for nine successive years at the pier of the Scripps Institution of Oceanography.
- Mc.Douglall K.D. 1943. Sessile marine invertebrates at Beaufort, North Carolina.
- Scheer B.T. 1945. The development of marine fouling communities

Первые обобщения

В 1952 г. под эгидой Океанографического института в Woods Hole выходит первая большая сводка «Marine fouling and its prevention» по сообществам обрастания.

В 1957 г. этот коллективный труд был переведен на русский язык и выпущен в СССР издательством «Воениздат».

На долгие годы эта работа стало одной из самых цитируемых как в СССР, так и во всем мире.



Marine Fouling and Its Prevention,
Contribution No. 580 from the Woods Hole Oceanographic Institute
Copyright 1952 by U. S. Naval Institute, Annapolis, Maryland
George Banta Publishing Co., Menasha, WI

CHAPTER 4

Temporal Sequences and Biotic Successions

Fouling communities may be understood only in terms of their development. The population present on a surface exposed in the sea changes with time as the result of a variety of influences. On a newly exposed surface, microscopic organisms appear first and multiply rapidly. Later the more rapidly developing macroorganisms may cover the surface only to be replaced by more slowly developing forms which crowd out the first comers. There is thus a *temporal sequence* in the development of the community.

There is reason to believe that the presence of a population of one type may facilitate the subsequent development of other species. Temporal sequences controlled by biological relations of this sort are called *biotic successions*. Finally, the sequence in which organisms appear in the fouling is influenced by the time of the year at which a structure is exposed, since different organisms reproduce at different seasons and attachment can take place only when their larvae are present in the water. The *seasonal sequences* which result differ greatly according to the geographic location.

TEMPORAL SEQUENCES

On a newly exposed surface the fouling process usually begins with the formation of a slime film which is produced by bacteria and diatoms. The bacteria attach and grow rapidly; their numbers on each square centimeter of surface may reach one hundred in a few minutes, several thousand in the first day, and several million in the first forty-eight hours. Algae and diatoms are uncommon during the first two or three days, but then may develop rapidly so that several thousand per square centimeter may be present within a week. Protozoa follow. They are generally uncommon during the first week and reach their maximum growth by the end of the second or third week. A typical example of the sequence of these forms on a freshly exposed plate is shown in Figure 1. Depending upon local conditions, each form may persist at a high population level, or may decline to a lower level.

A similar sequence may also be observed in the appearance of the larger forms which make up the bulk of fouling. The first to attach will be those species whose swimming larvae are present in the water at the time of immersion. They will vary in kind according to their seasonal breeding habits. Rapidly growing forms, which become noticeable first, may ultimately be crowded out by others which grow more slowly.

A temporal sequence of this sort is illustrated in Figure 2, which shows the history of a community of barnacles (*Balanus improvisus*) on a test panel at Miami. After four weeks' exposure the panel was covered uniformly with barnacles of various sizes. At the end of ten weeks a few tunicates appeared growing over the barnacles. At the sixteenth week the tunicates had increased in numbers and size. The barnacle shells were larger, but much fewer in number. Most of the shells were unoccupied, the animals having died and disintegrated. A few large solitary tunicates had also appeared. By the twenty-sixth week tunicates and bryozoa completely dominated the community and the barnacles were buried beneath them. Figure 3 shows in greater detail a community of barnacles which has been almost completely covered by a layer of colonial tunicates.

BIOTIC SUCCESSION

Among terrestrial plant communities it is well established that one type of vegetation may modify the soil or in other ways prepare a situation favorable for a succeeding community of plants. Thus in the eastern United States denuded rock

FIGURE 1. Temporal sequence of bacteria, algae, and protozoa in the slime film developing on a surface immersed in the sea.

42

Marine Fouling and Its Prevention,
Contribution No. 580 from the Woods Hole Oceanographic Institute
Copyright 1952 by U. S. Naval Institute, Annapolis, Maryland
George Banta Publishing Co., Menasha, WI

CHAPTER 10

Species Recorded from Fouling

A list of species recorded from fouling is given as an Appendix to this chapter. A classified bibli-

ms dealing
e included.
tural origin
s list, have
chapter de-
reparation,
its content.
to biologists
position of

structures
it gives the
cord came.
which may
for general
1 identifies
number of
each. The
exhaust the
major pub-
with impor-
the files of
Woods Hole
include a
collections
the coasts
as yet been

ted genera,
Forms iden-
opposed to
separately
ve also the
l are those
nges having
m spellings
e probable
genera are
f the major
for errors of

tized under
e arranged
ank of the

groups varies from phyla to suborderal categories; in general, groups have been selected on the basis of probable convenience for the average worker. Where there are several records for the same species on a given type of structure, the arrangement is chronological.

TABLE 1. Summary of the Types of Structures and the Number of Reports on Which the List of Recorded Fouling Organisms is Based

Type of Structure	No. Reports
SHIPS Including yachts, skiffs, barges, lighters, and vessels of all descriptions except lightships and wrecks.	33
TEST SURFACES Including small objects exposed to study the accumulation of organisms. Differentiation by composition of units impossible with most published data.	21
BUOYS	48
SUBMARINE CABLES	17
FLOATS Including rafts, pontoons, floccats, loading stages, etc.	15
PIPES Including sea water circuits in ships, industrial installations on tide water, and tide-mill machinery.	15
WRECKS	14
LIGHTSHIPS Tabulated separately from ships because moored in open waters or other unusual locations.	6
ROPES	4
DOCK GATES	1

EXCLUDED INFORMATION

Records of species from wharf-piles, bulkheading, beacons, quays, jetties, abutments, and other special harbor facilities have been excluded. Often these are regarded as fouling, and the study of populations in such places has contributed immeasurably to the understanding of growths on ships, etc. The wharf-pile literature in particular, however, is extensive, and inclusion of even a representative selection from it would multiply the size of the list several times. Such a mass of data would divert attention from records more directly related to practical problems, and this consideration, rather than any biological distinction, has guided the selection.

Restriction of the list to scientifically designated genera and species also has ruled out much valuable information. Among sources not covered by the list for this reason are the U. S. Navy docking reports, test surface analyses to major groups only, and all the wartime experience with mines and nets. Exact data comprise only a small frac-

165

А какой же термин биологический?

ЭПИБЕНТОСНЫЕ (образующиеся НА поверхности дна) сообщества = Сообщества ОБРАСТАНИЯ

Прибрежные обрастания есть прямой аналог сообществ естественных твердых грунтов. По своему видовому составу прибрежные обрастания являются только подмножеством бентоса.

Мидиевое обрастание

≡

Природные мидиевые банки

Морские уточки

Однако!

- Существуют так называемые ОКЕАНИЧЕСКИЕ обрастания, которые развиваются на плавающих объектах, оказавшихся в сотнях милях от берегов. Эти обрастания образованы не богатой, но СПЕЦИФИЧЕСКОЙ ФАУНОЙ, которая нигде более не встречается.

Вернемся к прибрежным обрастаниям

Асцидии *Styela rustica*

Губка *Halichondria panicea*

- Все особенности сообществ обрастания, отличающие их от населения естественных грунтов, могут быть объяснены продолжительностью и условиями существования обрастаний.

Актинии *Metridium senile*

Факторы, которые делают сообщества обрастания отличными от бентосных сообществ.

- Оторванность субстрата от грунта. Условие выполняется не всегда. При его реализации возможность заселять искусственный субстрат получают только те формы, которые могут плавать или в своем жизненном цикле имеют соответствующие расселительные стадии.

↓

Обедняет видовой состав сообществ обрастаний по сравнению с аналогичными бентосными биоценозами, упрощает структуру сообщества.

- Локализация субстрата в толще воды. Определяет более интенсивные гидродинамические условия существования, чем в придонном слое воды. Способствует обильному притоку пищи и кислорода.

↓

Приводит к доминированию организмов – фильтраторов и прикрепленных форм, созданию ими больших биомасс.

Факторы, которые делают сообщества обрастания отличными от бентосных сообществ.

Условия обитания на искусственных субстратах, как правило, менее стабильные, чем на дне.

Сообщества обрастания складываются, в основном, эврибионтными организмами

Антропогенные субстраты имеют, как правило, гораздо меньший срок экспозиции в море, чем естественные твердые грунты.

Сообщества на естественных твердых субстратах и на субстратах антропогенного происхождения находятся на разных стадиях сукцессии.

Основное заблуждение

Сукцессии в водных (морских) экосистемах идут гораздо быстрее, чем в наземных.

А на самом деле не быстрее!

Развитие сообществ обрастания может длиться десятки лет:

1. Исследования эпибентосных сообществ разновозрастных лав и др. твердых грунтов

o. Алаид (Ошурков, Иванюшина, 1991);

o. Ян Майн (Gulliksen et al., 1980).

o. Шпицберген (Beuchel & Gulliksen, 2008)

2. Исследования обрастаний нефтяных платформ в Северном море (Sell, 1992),

3. Затонувших судов (Wendt et al., 1989),

4. Пирсов и Волноломов (Butler & Connolly, 1999; Burt et al., 2011),

5. Марикультурных установок (Халаман, 2005).

Как развиваются сообщества обрастания

Две противоположные точки зрения на характер формирования сообществ обрастания

1. Развитие обрастания носит сукцессионный характер, подразумевающий последовательную смену определенных стадий вплоть до достижения некоторого климаксного состояния (Scheer, 1945).

2. Никакой определенной последовательности стадий в развитии сообществ обрастания не существует. Процесс плохо предсказуем и носит сугубо стохастический характер. Единого климакса нет. Есть некоторый набор относительно устойчивых состояний (Sutherland, 1974).

Схема развития обрастания в Белом море

(стадия микроперифитонной пленки опущена)

Чистая поверхность

↓

Сообщество «быстрорастущих» организмов

Животные и растения, образующие сообщества «быстрорастущих / короткоживущих» организмов

Усоногие раки

Асцидии

Водоросли

Гидроиды

Мшанки

Схема развития обрастания в Белом море

Чистая поверхность

↓

Сообщество «быстрорастущих» организмов

↓

Сообщество *Mytilus edulis*

Пример смены сообществ в ходе сукцессии обрастания

Обрастание, образованное «быстрорастущими» организмами (мшанки, асцидии *Molgula citrina*)

Сообщество мидий *Mytilus edulis*, заместившее сообщество «быстрорастущих организмов»

Схема развития обрастания в Белом море

Чистая поверхность

Сообщество «быстрорастущих» организмов

Сообщество *Mytilus edulis*

В данном виде сукцессия для бореальных вод впервые была описана Б. Широм (Scheer, 1945). Для Белого моря подтверждена многочисленными работами (Сиренко и др., 1978, Ошурков, 1985 и др.)

Схема развития обрастания в Белом море

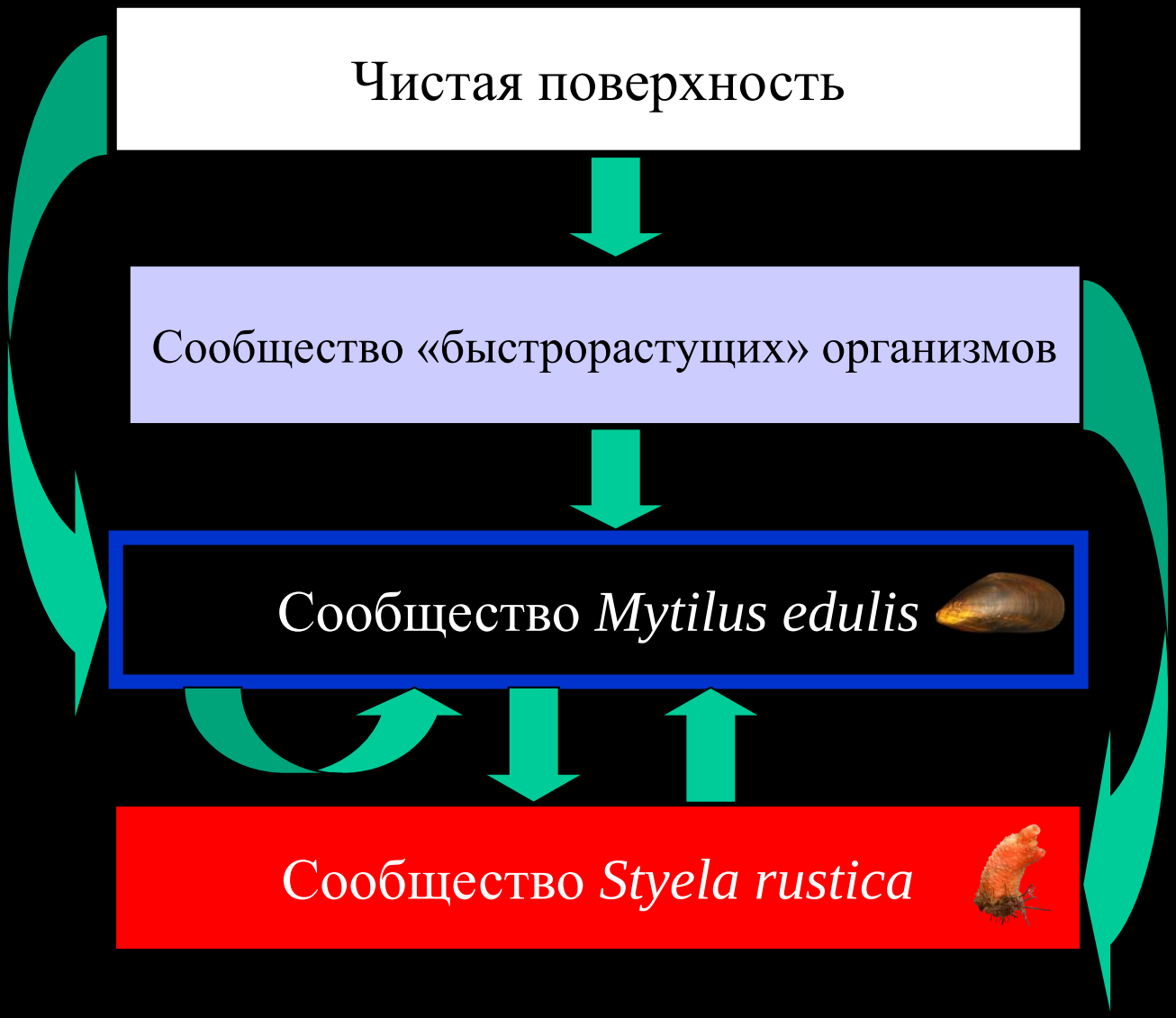
Чистая поверхность

Сообщество «быстрорастущих» организмов

Сообщество *Mytilus edulis*

Сообщество *Styela rustica*

Схема развития обрастания в Белом море



Вертикальное распределение сообществ обрастания в Белом море

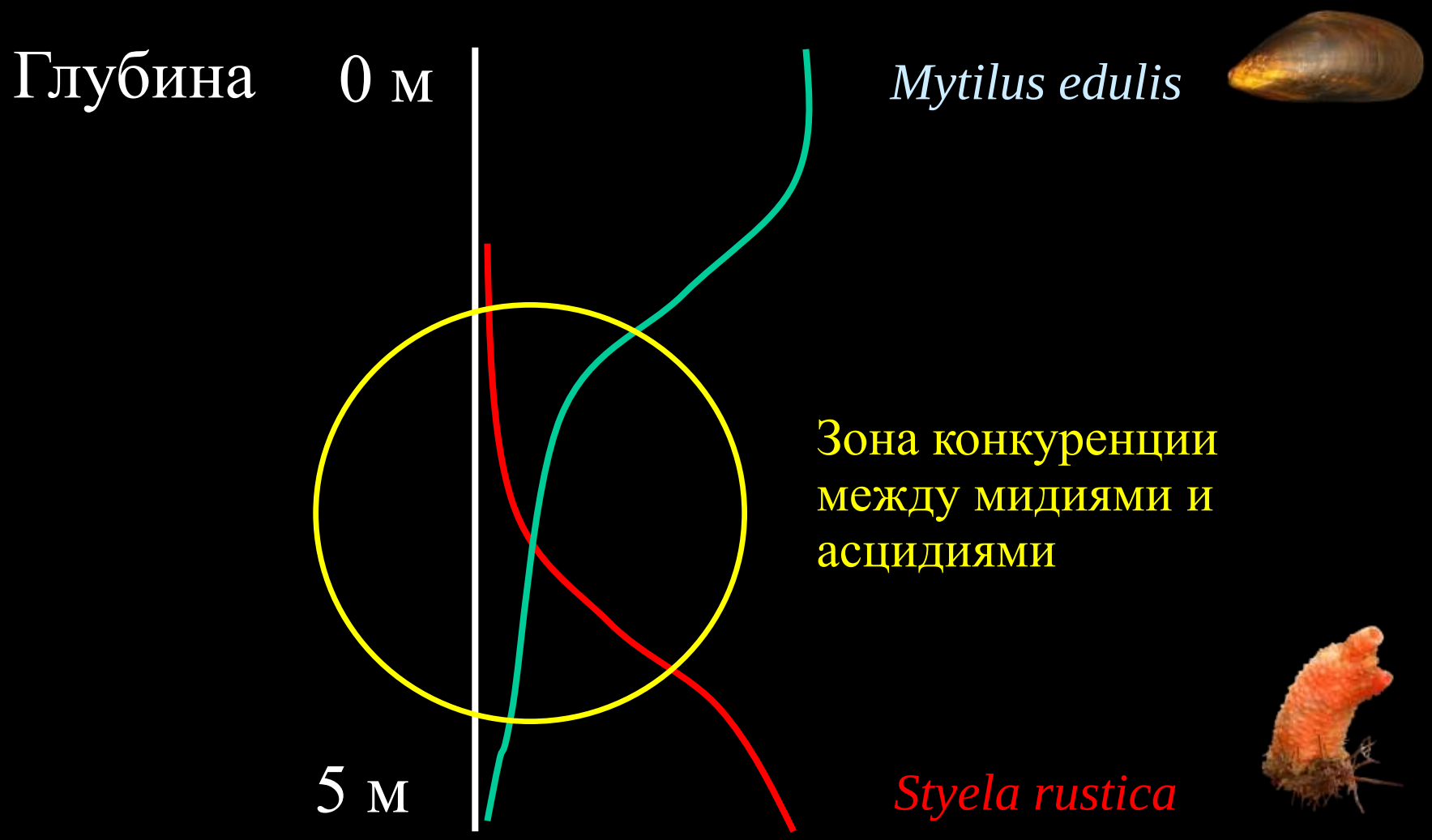
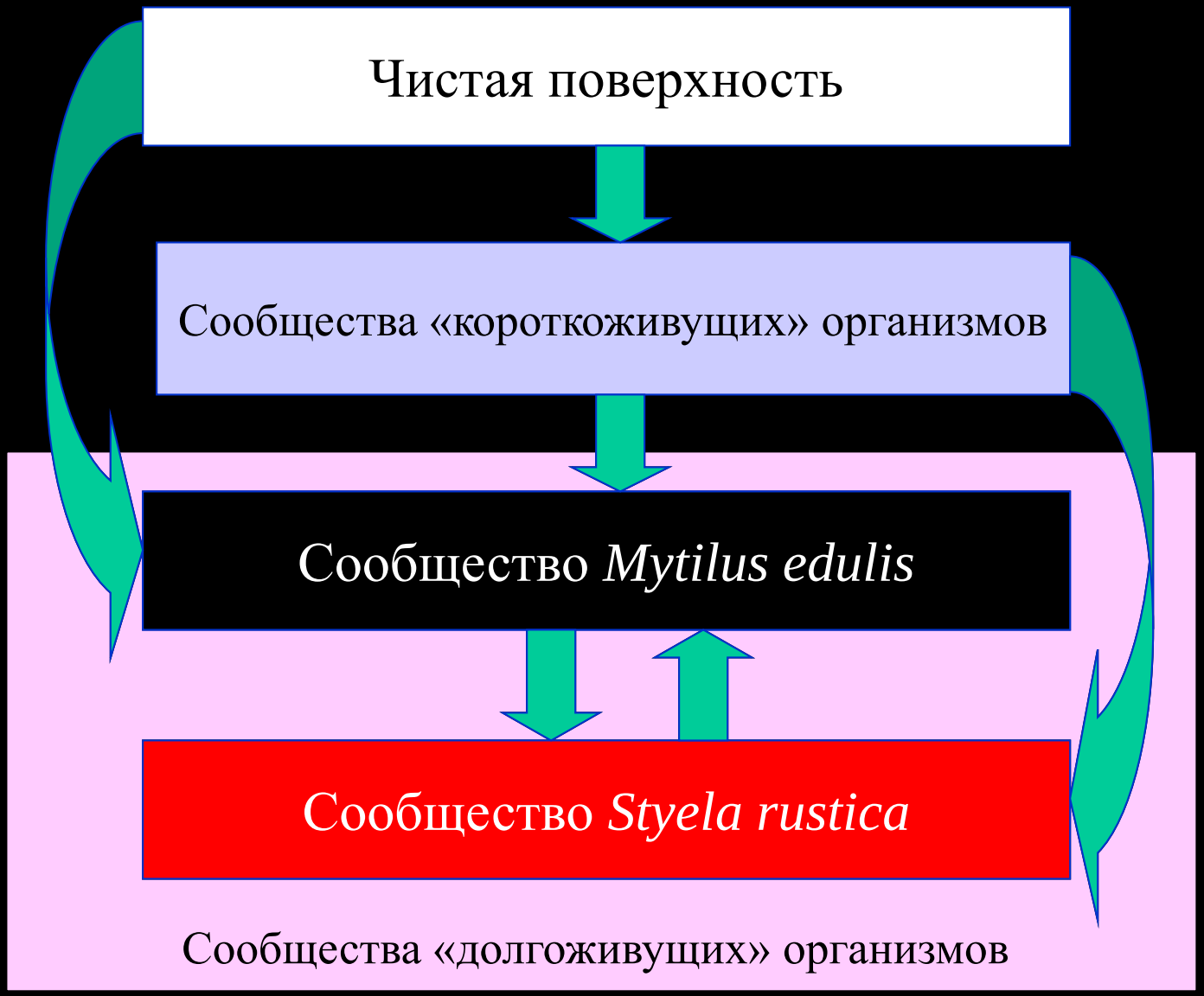


Схема развития обрастания в Белом море



Принципиальная схема развития сообществ обрастания

Чистая поверхность

«Короткоживущие»

a b c d …

«Долгоживущие»

A B C D …

1 2 3 … N

В ходе сукцессии происходит замена короткоживущих видов организмами, обладающими большей продолжительностью жизни. Более оппортунистические виды заменяются менее оппортунистическими.

a b c d

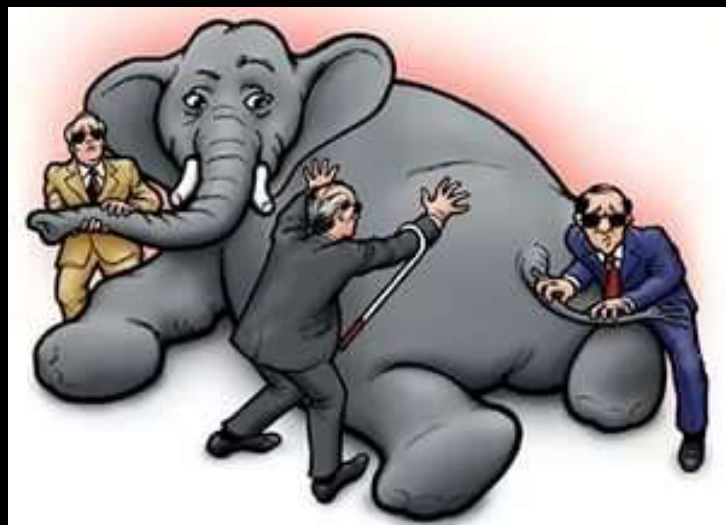
A A B D

Основные закономерности сукцессии сообществ обрастания

1. Развитие сообществ обрастания представляет собой смену «короткоживущих» видов более «долгоживущими».
2. Каждая фаза «короткоживущих» и «долгоживущих» видов может иметь от одного до нескольких вариантов.
3. Развитие может нарушаться действием внешних катастрофических факторов (хищничество, волновое воздействие, периодическое распреснение и т.п.) с возвратом на более раннюю фазу.

Гипотеза о множестве стабильных состояний применима в пределах одной фазы (короткоживущих или долгоживущих организмов), тогда как сукцессионная теория описывает переход между разными фазами

Приверженцы сукцессионного и стохастического характера развития обрастания рассматривают этот процесс на разных его уровнях



Обрастание – удобная модель для исследования того как развиваются биологические сообщества

- Обрастания, как правило. несколько проще устроены и обладают меньшим видовым составом, чем население естественных твердых грунтов.
- Шансов разобраться в том как функционирует более простая модель больше.

Сообщества обрастания – модель удобная методически

Твердыми субстратами, на которых обрастания развиваются, а потому и самими обрастаниями, манипулировать относительно легко.

Можно:

- Помещать субстраты в необходимые условия или изменять эти условия в ходе эксперимента.
- Задавать время начала колонизации субстрата и продолжительность его экспозиции.
- Использовать субстраты с разными заданными физическими и химическими свойствами.
- Удалять или внедрять в сообщество те или иные организмы.

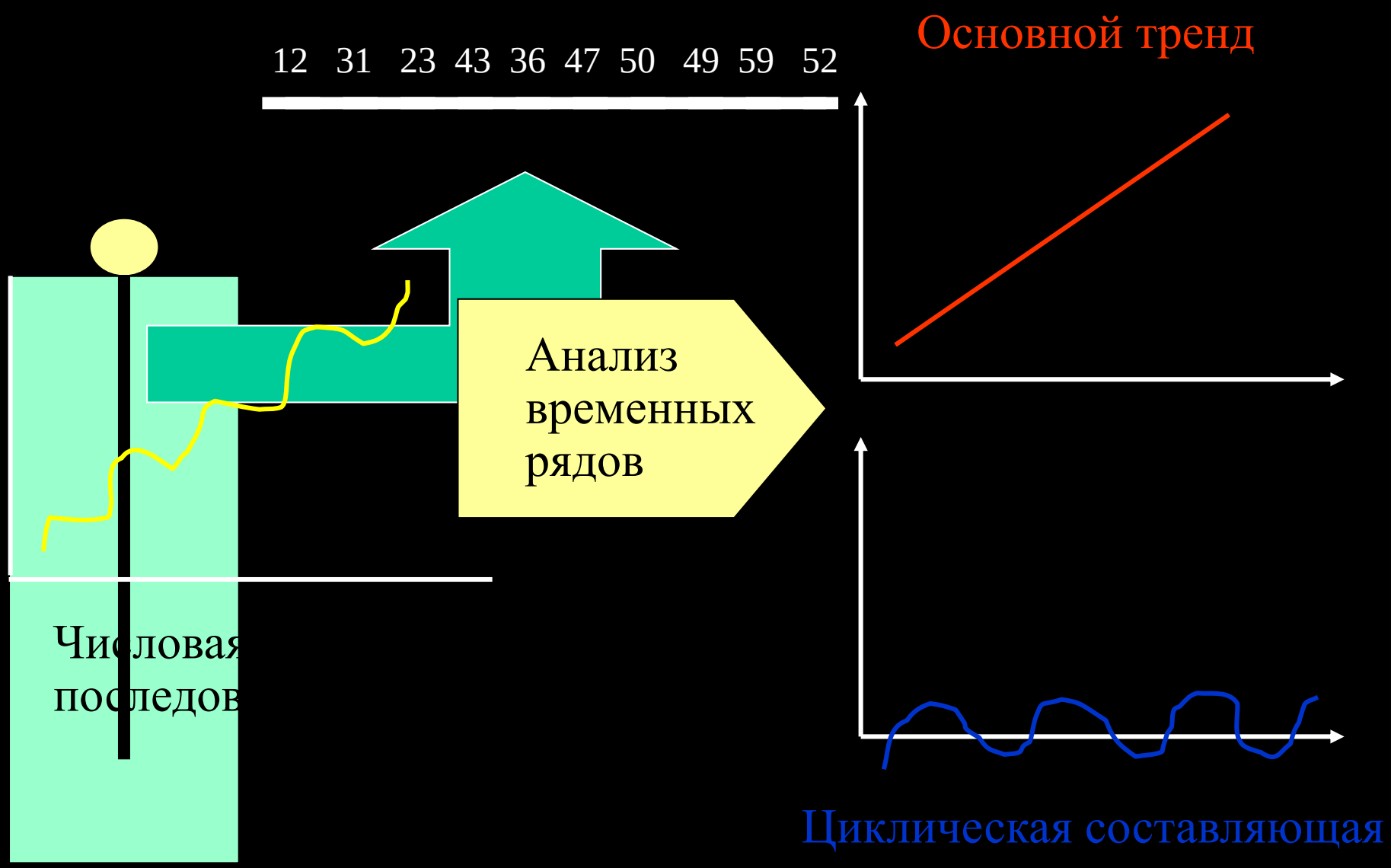
Сообщества обрастания – модель удобная методически

- Отсутствует необходимость водолазных работ при проведении наблюдений и экспериментов.

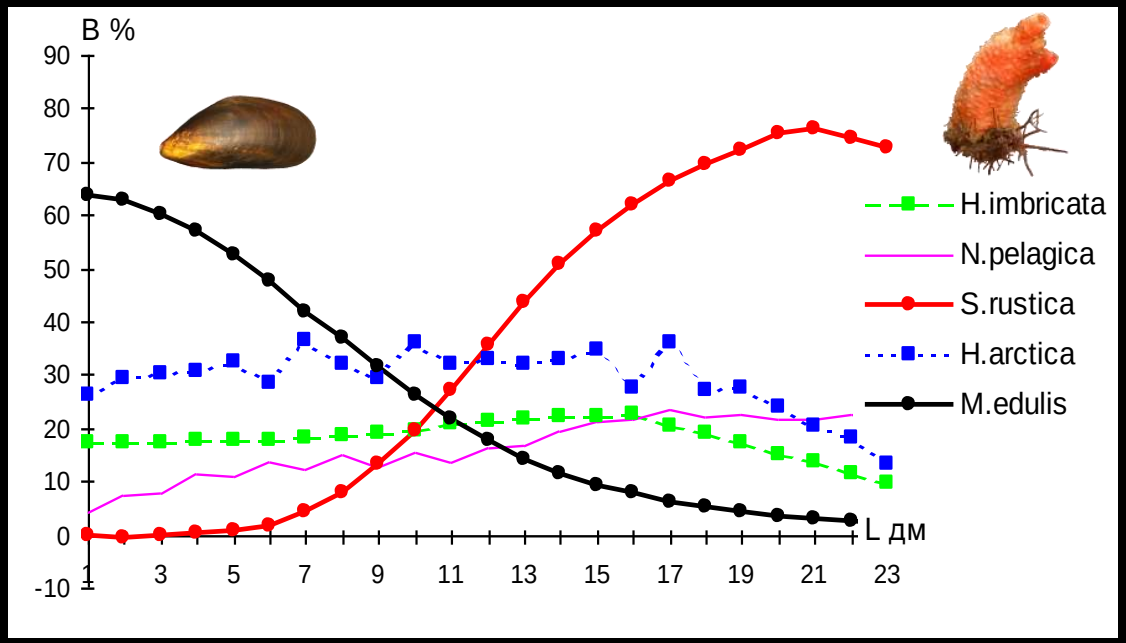
Экспериментальный полигон в бухте Круглая около ББС ЗИН РАН

Взаимоотношения между седентарными организмами, составляющими основу обрастания, и ассоциированной с ними фауной

Методика анализа



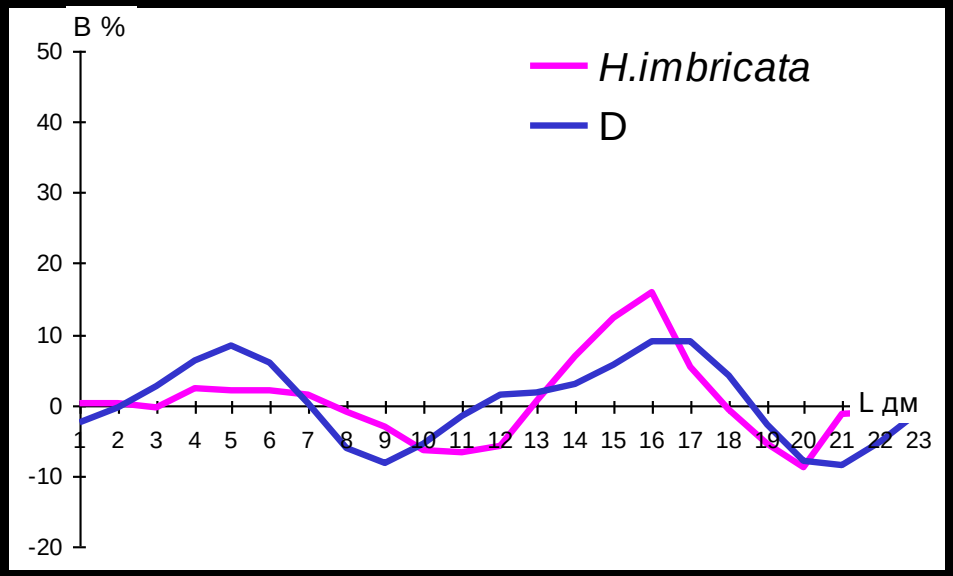
Взаимоотношения между седентарными организмами, и ассоциированной фауной



Обилие большинства представителей ассоциированной фауны не зависит от видовой принадлежности доминирующего седентарного животного (мидии или асцидии)

НО…

Взаимоотношения между седентарными организмами, и ассоциированной фауной



…связано с физическими параметрами оброста, образованного седентарными животными.

Для полихеты *Harmothoe imbricata* это размер (диаметр) друз мидий или асцидий.

Harmothoe imbricata

Взаимоотношения между седентарными организмами, и ассоциированной фауной

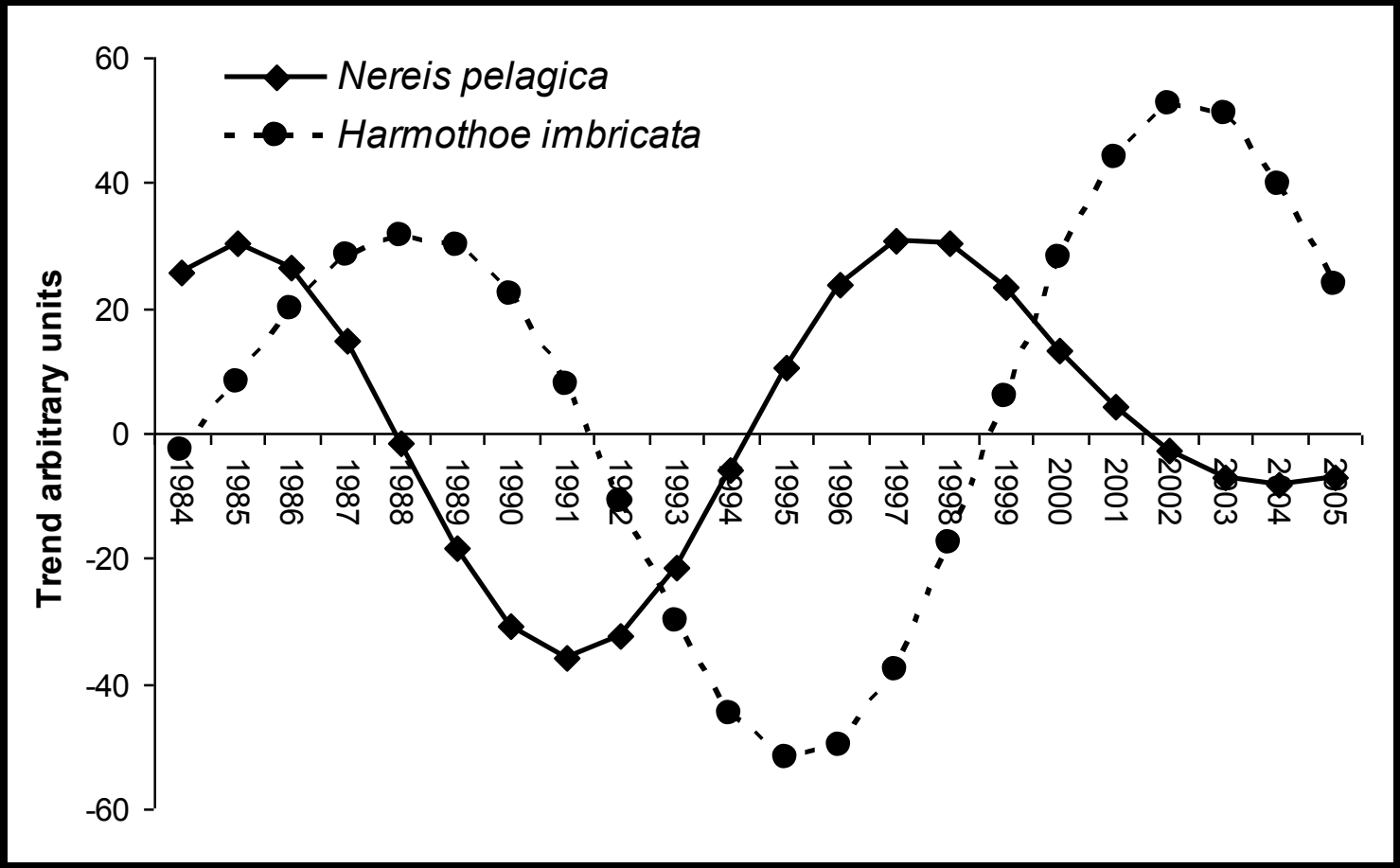
Однако есть и исключения!

Офиура *Ophiopholis aculeata* встречается только там, где присутствует губка *Halichondria panicea*. Характер взаимоотношений этих видов остается невыясненным.

Долговременные изменения численности в популяциях ассоциированной фауны

Средние циклы с периодом 11–14 лет

Nereis pelagica

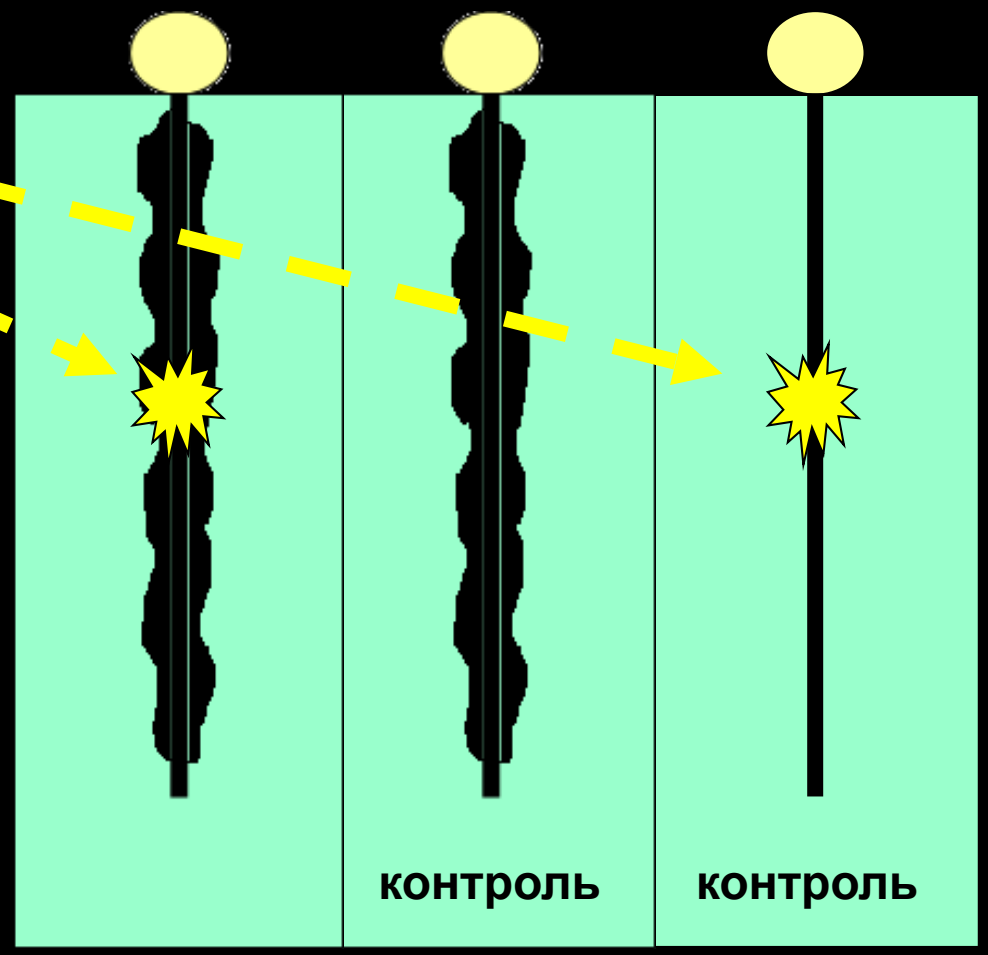


Harmothoe imbricata

Конкурентные взаимоотношения между седентарными организмами (полевые эксперименты)

Схема эксперимента «губка против мидии»

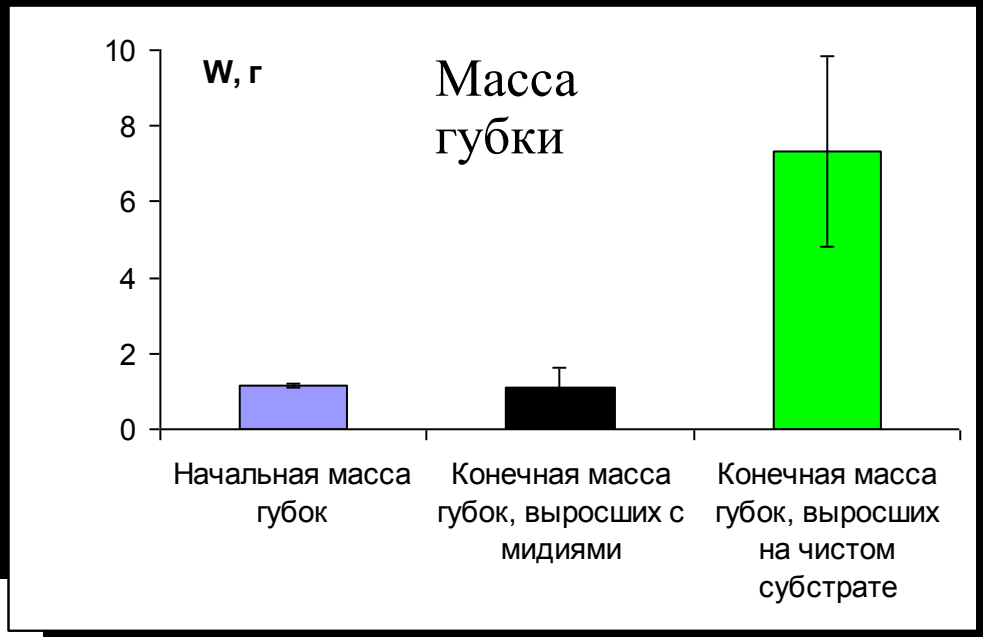
Halichondria panicea

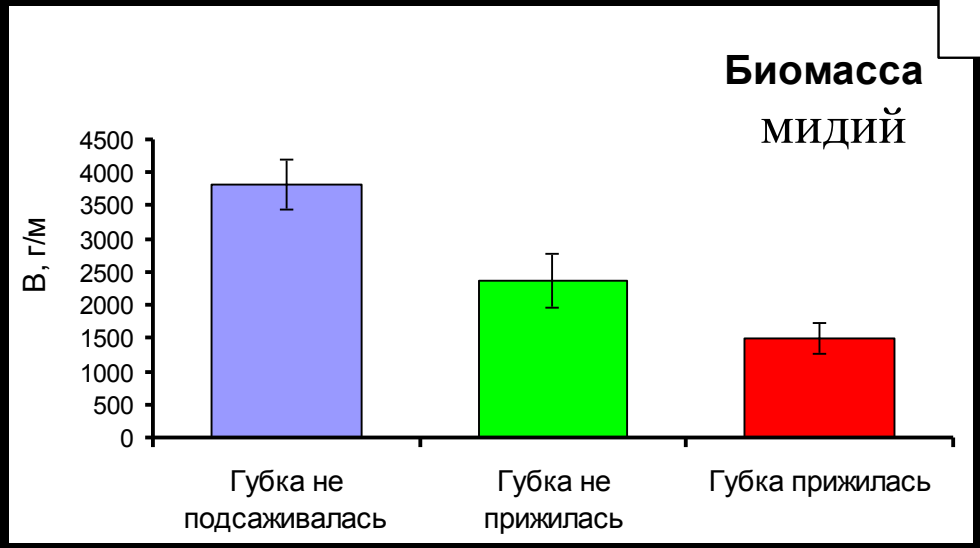


После подсадки губок субстраты экспонировались 1 год

Конкурентные взаимоотношения между седентарными организмами

- Поселение молодых мидий может успешно сдерживать рост губки *Halichondria panicea*. Однако «платой за победу» над губкой служит снижение скорости роста, плотности поселения и биомассы мидий (Халаман и др., 2016).





Halichondria panicea на *Mytilus edulis*

Механизмы конкуренции
Аллелопатия
(лабораторные эксперименты)

Влияние ЭСП организмов-обрастателей на личинок своего и конкурирующих видов

Двустворчатые моллюски:

Mytilus edulis

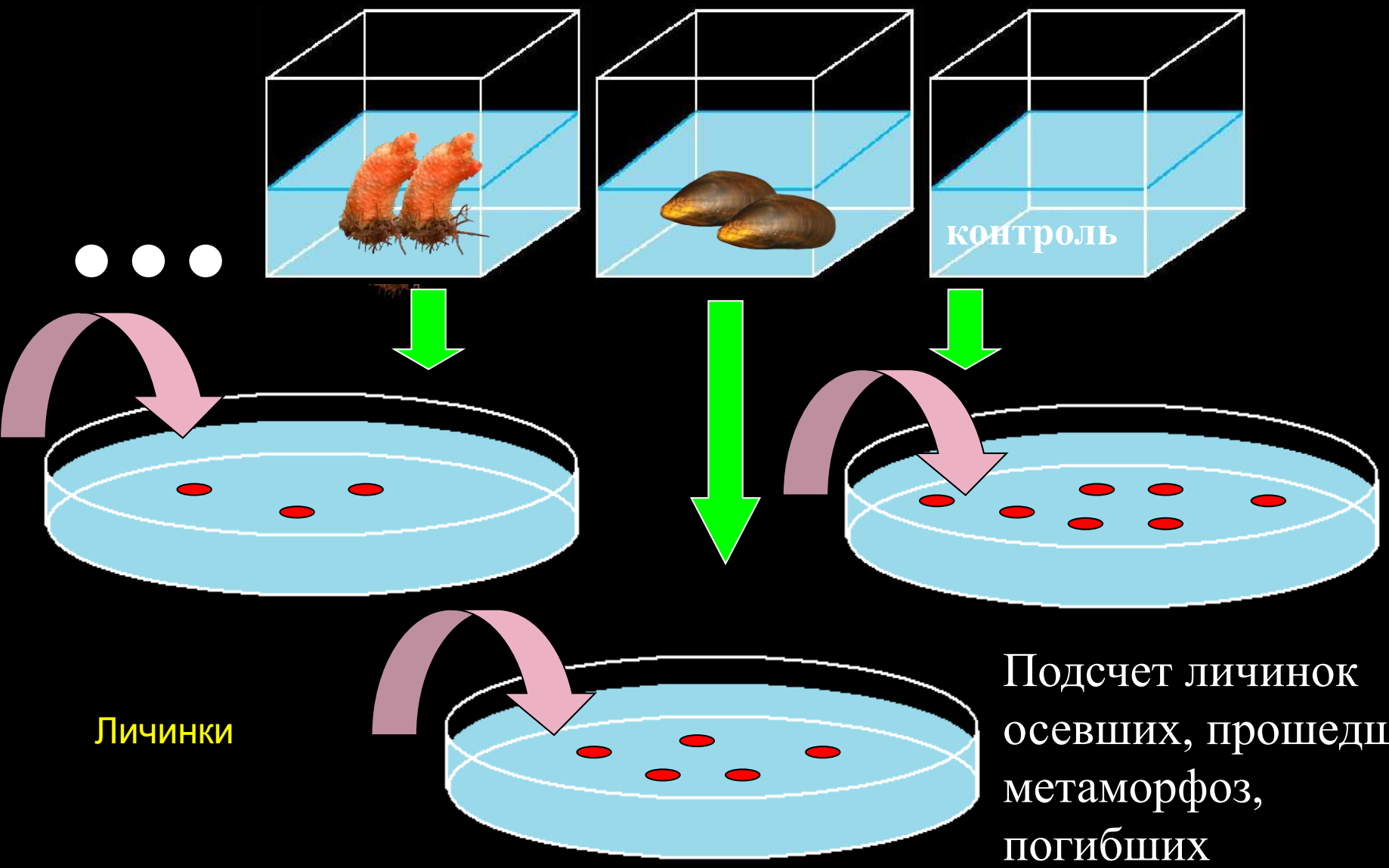
Hiatella arctica

Губка:
Halichondria panicea

Асцидии:
Styela rustica

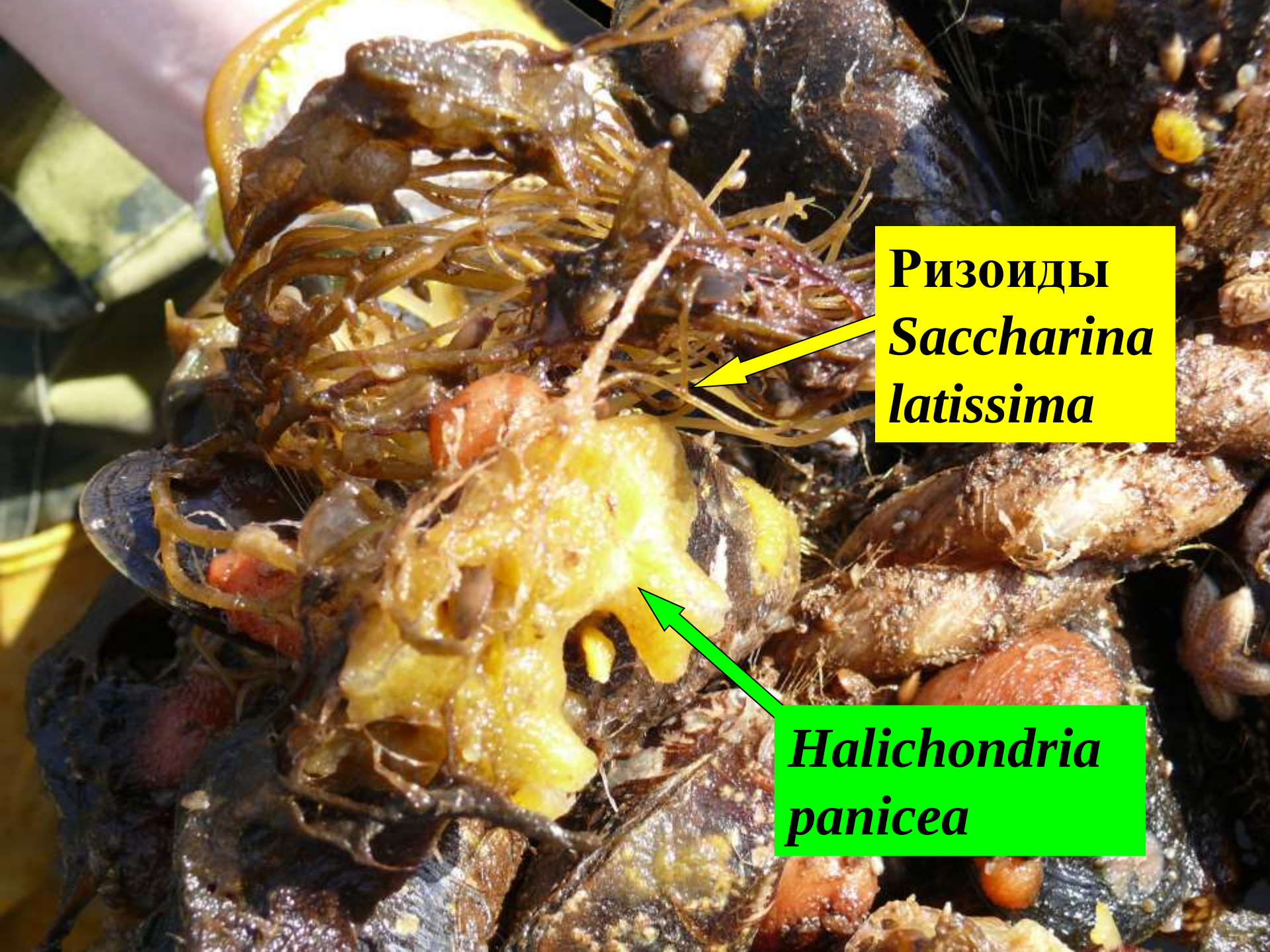
Molgula citrina

Схема эксперимента



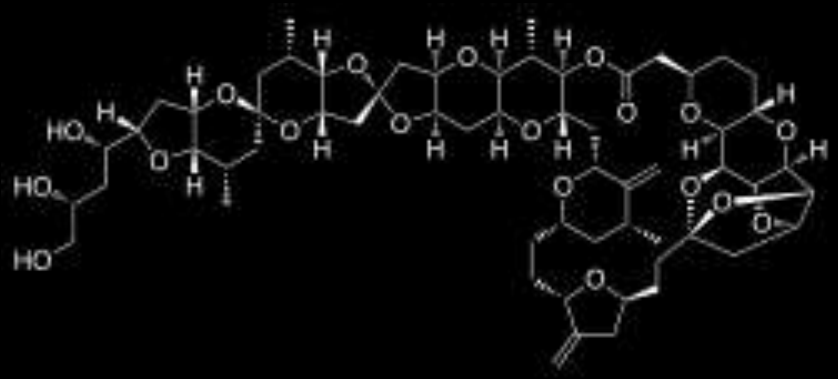
Подсчет личинок осевших, прошедших метаморфоз, погибших

Влияние ЭСП на оседание и метаморфоз личинок


Ризоиды
Saccharina latissima
Halichondria panicea

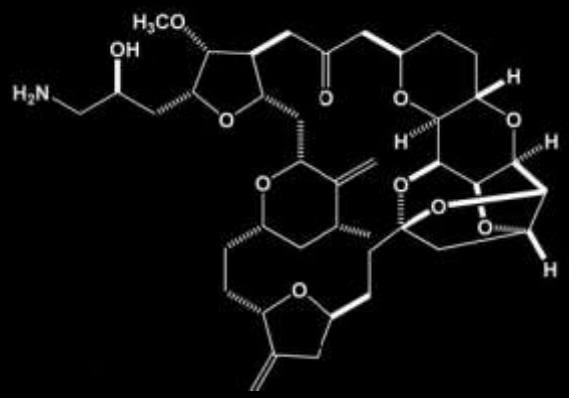
Пример возможных перспектив

- В 1986 г. из дальневосточной губки *Halichondria okadai* было выделено вещество «халихондрин». Соединение способно ингибировать деление раковых клеток. Наиболее эффектиным халихондрин оказался для лечения рака молочной железы.



Халихондрин В

- Синтетический аналог халихондрина – эрибулин в настоящее время выпускается под торговым названием Halaven.
- Одобрен американским Управлением по контролю за продуктами и лекарствами. Проходит сертификацию в странах ЕС, Японии, Швейцарии.



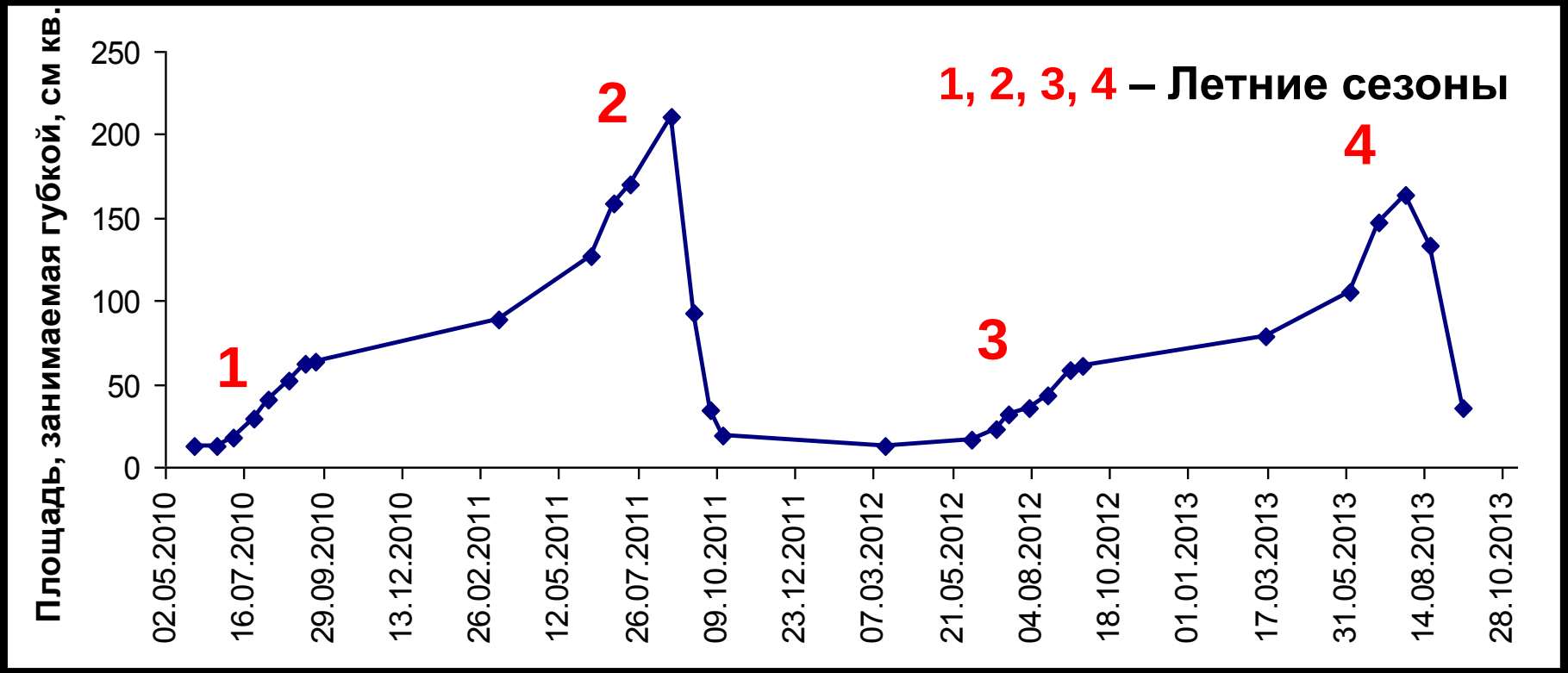
Эрибулин

Аутэкологические исследования (полевые эксперименты)

- Сведения о продолжительности жизни, спектре питания, поведении и т.п. большинства морских беспозвоночных животных весьма скудны или отсутствуют вовсе. Более или менее подробно исследованы только наиболее массовые представители, как правило, имеющие то или иное практическое значение.

Аутэкологические исследования

Были описаны чередующиеся периоды роста и деградации у губки *Halichondria panicea*



Динамика *H. panicea*

Изначальное состояние
1-й сезон роста

Максимальные размеры,
2-й сезон роста

Деградация губки,
2-й сезон роста

Динамика *H. panicea*

Восстановившаяся губка,
4-й сезон роста

Вторичная деградация
губки, 4-й сезон роста

СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ

E-mail: VKhalaman@gmail.com

Phone: +7 921 227 68 03