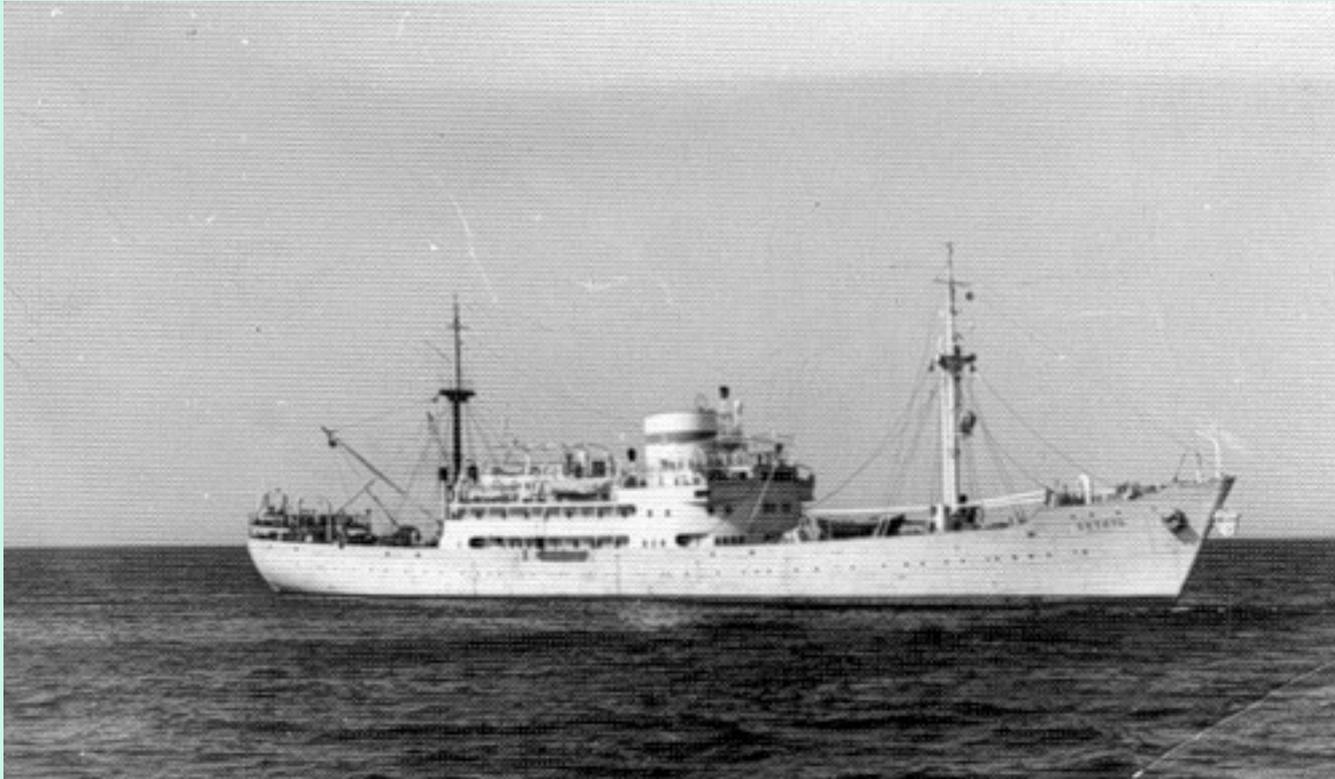


Экология бентоса

Вадим Олегович Мокиевский

Лаборатория экологии прибрежных донных
сообществ ИО РАН

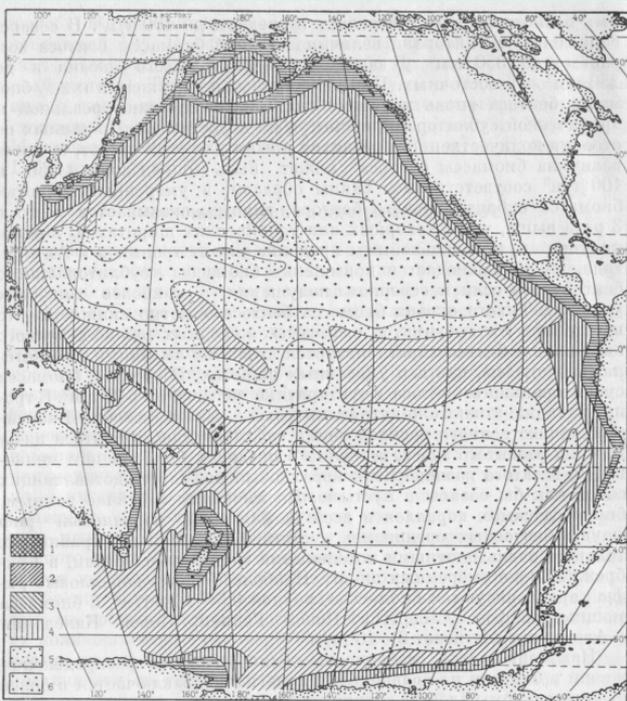
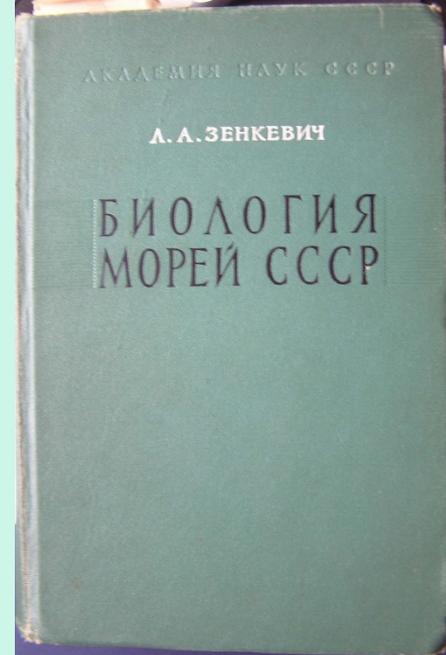
НИС «ВИТЯЗЬ» 1949 - 1979



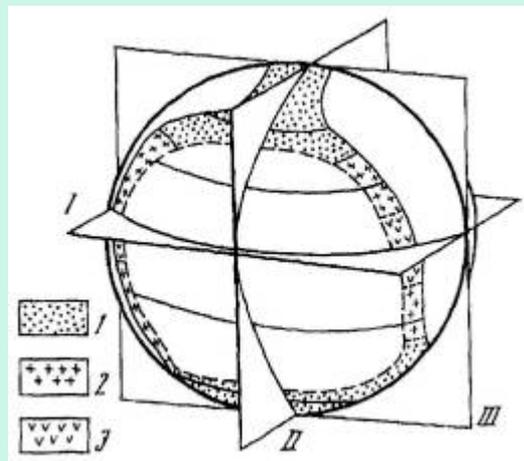


Л.А. Зенкевич.

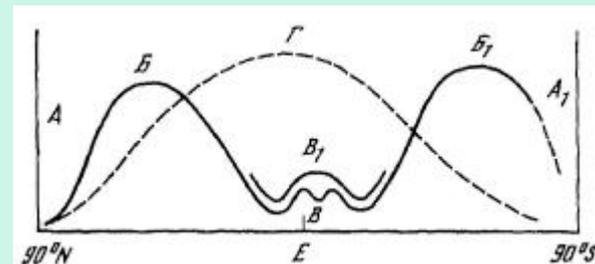
Биологическая структура Океана.
 Описание распределения жизни в океана.
 Эта работа завершена в 1960- 70х гг.
 Установлены основные закономерности
 количественного распределения жизни в
 Океане и краевых морях СССР



Распределение
 биомассы бентоса в
 Тихом океане



Плоскости симметрии: I —
 экваториальная, II и III —
 меридиональные. Природные зоны:
 1 — полярные, 2 — умеренные, 3 —
 экваториальная



A и A1 — зоны полярных
 минимумов; B и B1 — зоны
 биологических максимумов
 умеренных широт; B и B1 — зоны
 приэкваториальных повышений в
 экваториальном поясе
 биологических минимумов (B —
 восточная часть океана, B1 —
 западная часть океана), Г — видовое
 богатство фауны и флоры и P/V-
 коэффициент, E — экватор

От исследования структуры бентоса - к изучению тонкой организации сообществ

- Долговременные изменения сообществ
- Изучение межвидовых взаимодействий и взаимоотношений между группами видов
- Изучение биологии видов
- Изучение отдельных групп организмов (в т.ч. – мейобентоса)

Методология

- Долговременные наблюдения на постоянных полигонах
- Использование архивных данных
- Создание больших баз данных, метаанализ
- Эксперимент в природе и лаборатории
- Генетический анализ видов, популяций, особей

Методы

- Совершенствование методов пробоотбора, появление нового поколения приборов
- Широкое использование водолазного метода в прибрежных исследованиях
- применение фото- и видео- наблюдений, в том числе, другие виды дистанционных методов (ГЛБО, спутниковые и т.д.)

Бентос - размерно-экологические группы:

- Мейо-
- Макро-
- Мега-



Мейобентос

100 – 1000 мкм

Нематоды, гарпактициды....

1000 экз/10 см²



Мультикорер, бокс-корер



Бокс-корер, трал



Макробентос

0.5 – 5 см

Полихеты, моллюски, ракообразные...

100 – 500 экз/ 1м²



Трал, фото- и видеометоды



Мегабентос

>5 см

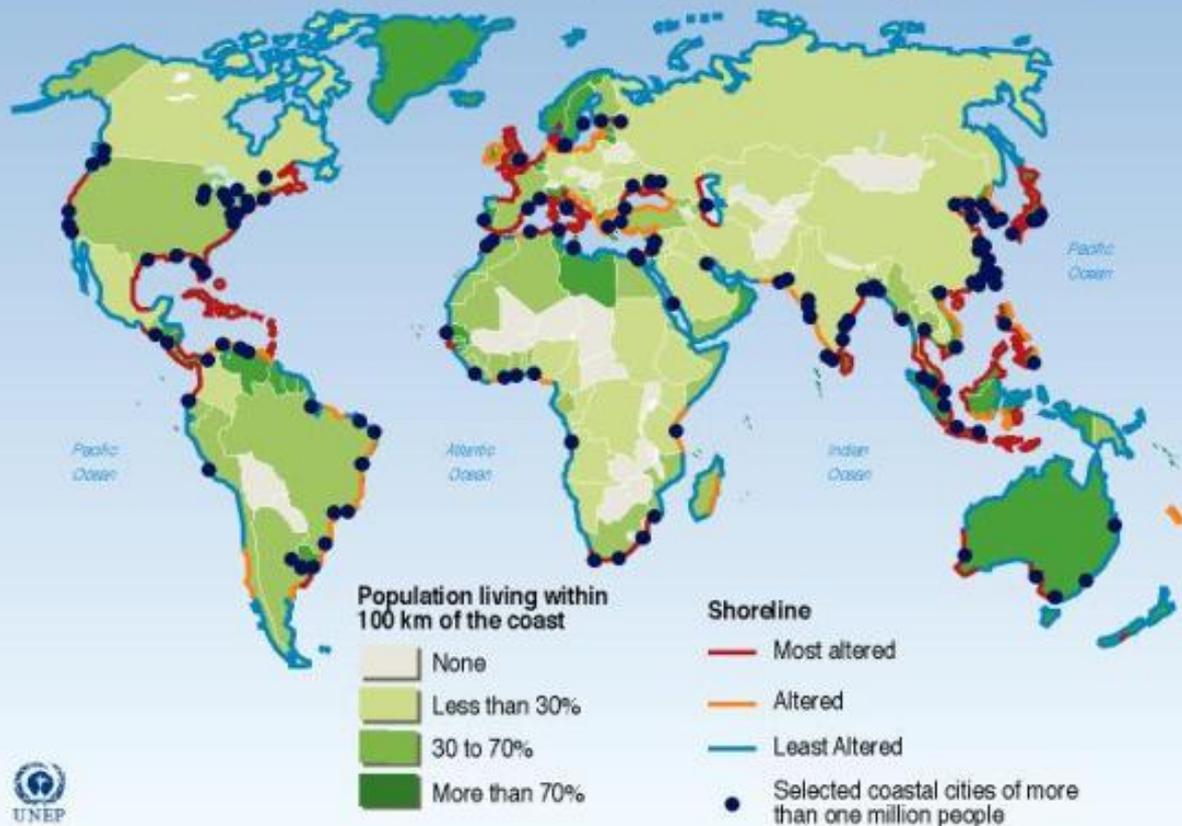
Иглокожие, ракообразные...

100 экз / га

Литораль – зона самого интенсивного контакта человека с морем



Coastal Populations and Shoreline Degradation



Source: Burke et al., World Resources Institute, Washington DC, 2001; Paul Harrison, Fred Pearce, *AAAS Atlas of Population and Environment 2001*, American Association for the Advancement of Science, University of California Press, Berkeley.

Под наибольшей угрозой находится литораль тропического пояса, в первую очередь - мангры



Мангры



Изменение гидродинамики придонного слоя и условий седиментации

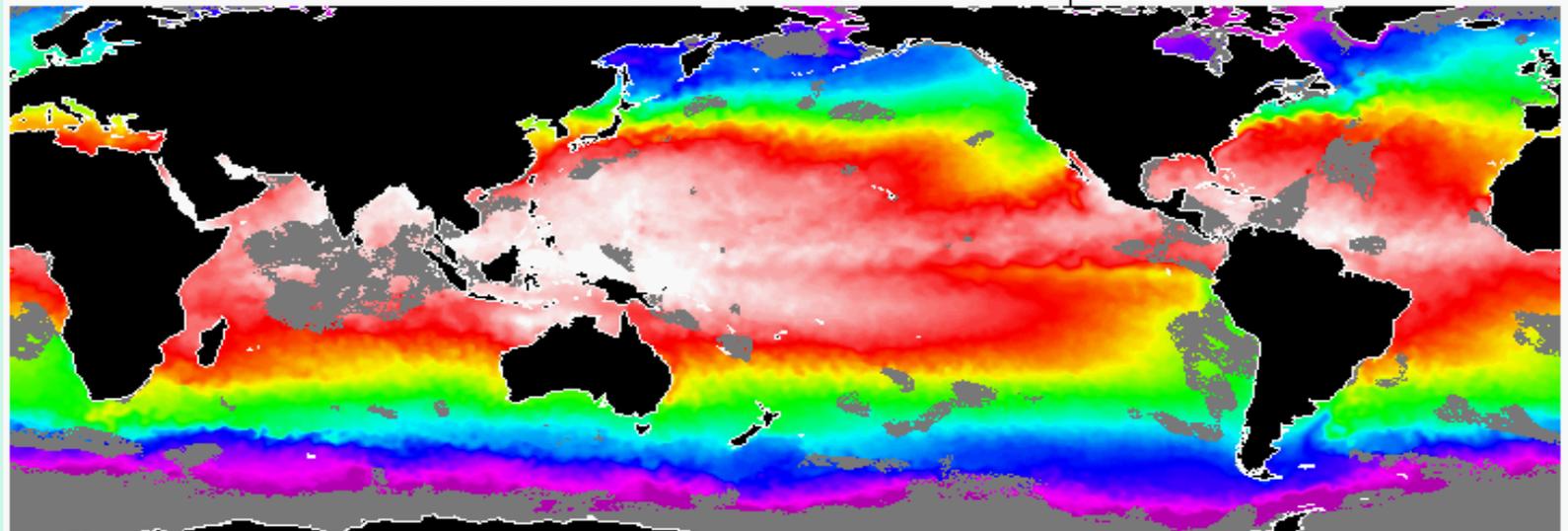




Распространение мангров

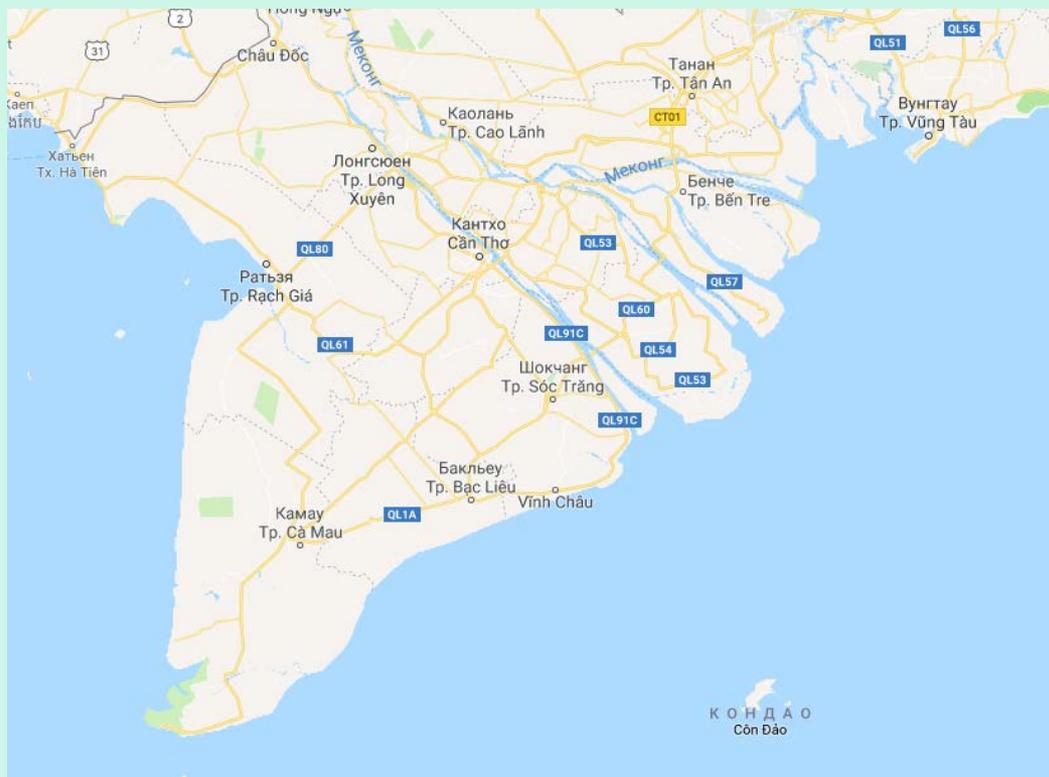


NAVOCEANO MCSST NOAA-17 Sea Surface Temperature

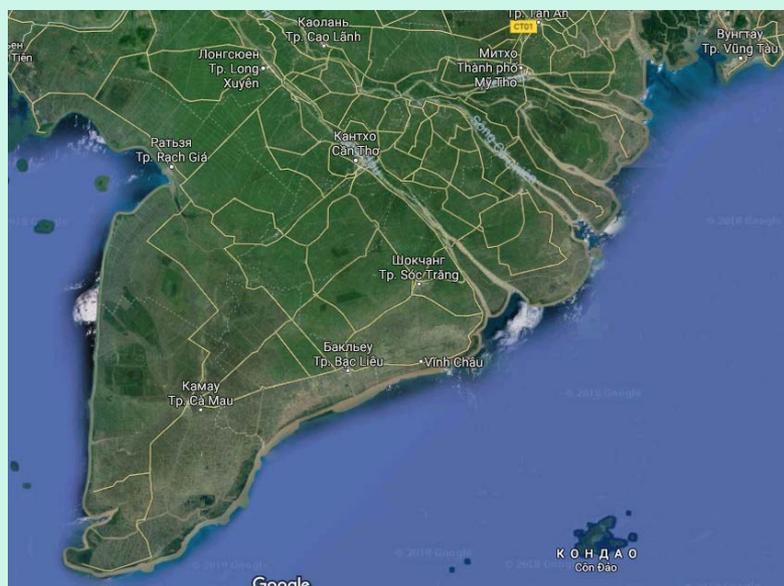


Sea Surface Temperature (deg. Celsius)





Дельта Меконга занимает площадь около 40 000 км². Площадь мангровых лесов в дельте оценивается (по данным на 2016 г) в 180 000 га, что составляет около 70% всех мангровых зарослей Вьетнама. Полуостров Ка Мау расположен на южной оконечности дельты. Он имеет самую большую площадь мангровых лесов в дельте Меконга, 65469 га в 2014 году, что составляет 71,6% общей площади мангровых лесов в этом районе.

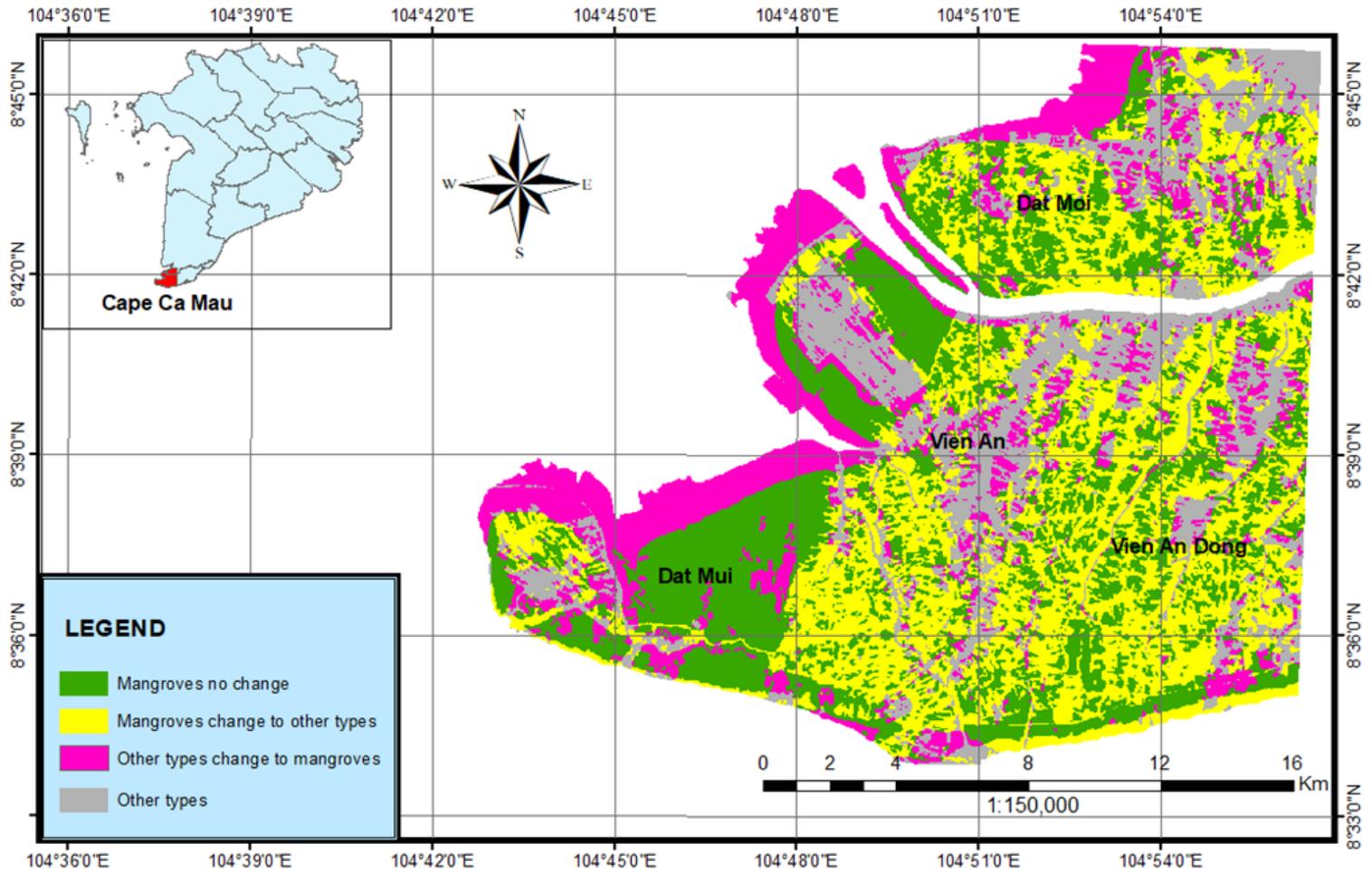


Район мыса Ка Мау (Са Мау) был использован для отработки методов выделения мангровой растительности на спутниковых снимках и подходов для анализа изменений площади мангровых лесов.

Тон Шон, Добрынин Д.В., Мокиевский В.О.

Динамика мангровой растительности дельты Меконга (Вьетнам) по данным спутниковой съемки 2019. Труды VII Международной научно-практической конференции "Морские исследования и образование (MARESEDU-2018)" Том III. С. 447-449

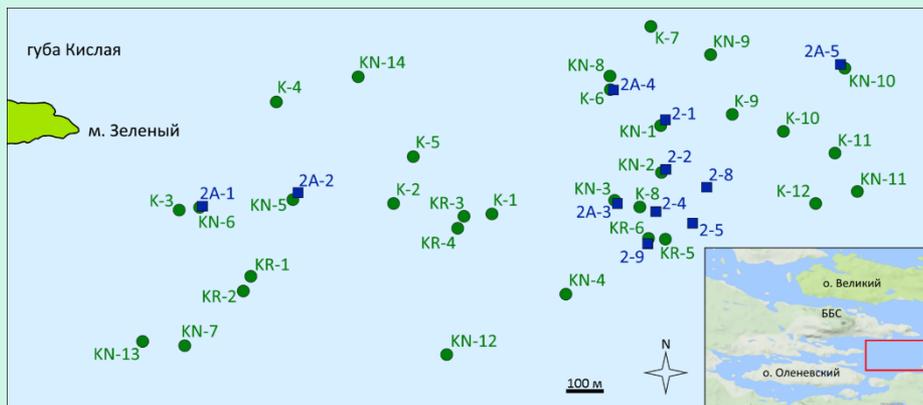
MANGROVE FOREST CHANGES ON CAPE CA MAU IN PERIOD 1988-2018



Editor: Ton Son

Многолетние изменения в сообществах бентоса сублиторали Белого моря

Сравнение съемок 2003-2005 гг. и 2016 г.

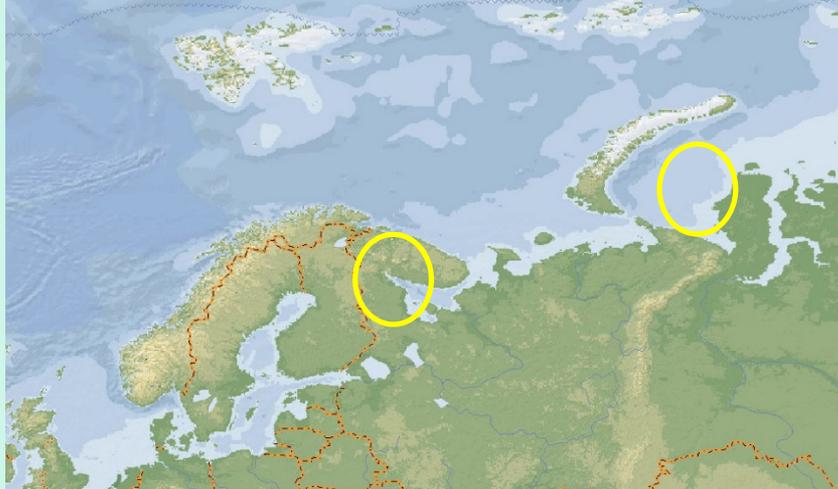


Станции: ● – 2003-2005 гг.; ■ – 2016 г.

Изменение биомассы руководящих видов, статистически достоверные изменения выделены

Вид	Изменение биомассы	Вид	Изменение биомассы
<i>Astarte elliptica</i>	↓	<i>Mya truncata</i>	↓
<i>Chaetozone setosa</i>	↓	<i>Nephtys ciliata</i>	↑
<i>Chiridota laevis</i>	↑	<i>Nuculana pernula</i>	↓
<i>Cistenides hyperborea</i>	↑	<i>Portlandia arctica</i>	↓
<i>Ennucula tenuis</i>	↓	<i>Praxillella praetermissa</i>	↑
<i>Galathowenia oculata</i>	↑	<i>Scoletoma fragilis</i>	↓
<i>Macoma calcarea</i>	↓	<i>Yoldia hyperborea</i>	↓

- Сообщества бентоса прибрежных зон Арктики характеризуются стабильностью во времени (Козловский и др. 2009)
- Однако, повторные съемки в одних и тех же точках через значительные промежутки времени (от 10 до 60 лет) показывают изменения в видовом составе и количественных характеристика видов
- Так, повторные съемки в Великой Салме с интервалом в 10 лет выявили изменения обилии некоторых массовых видов
- Выделение долговременной составляющей из общей вариации данных – сложная теоретическая задача. А.И. Азовским (2018) проанализированы основные источники вариации данных: разномасштабная временная динамика, пространственная неоднородность, методические и статистические причины.



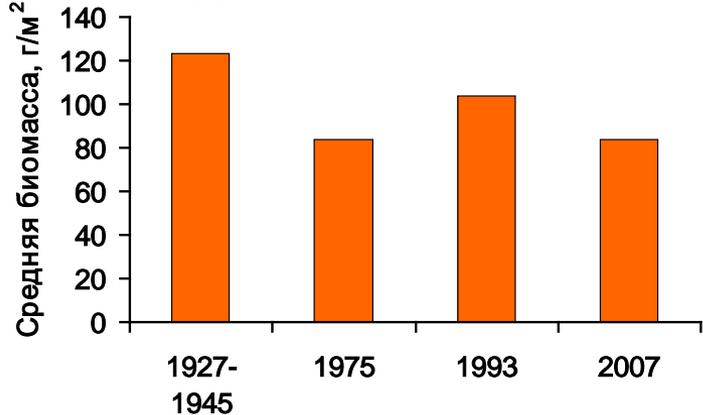
Карское море:

Стабильность биоценоза

Astarte borealis - *Serripes groenlandicus*



Биомасса сообщества и набор доминирующих видов постоянны



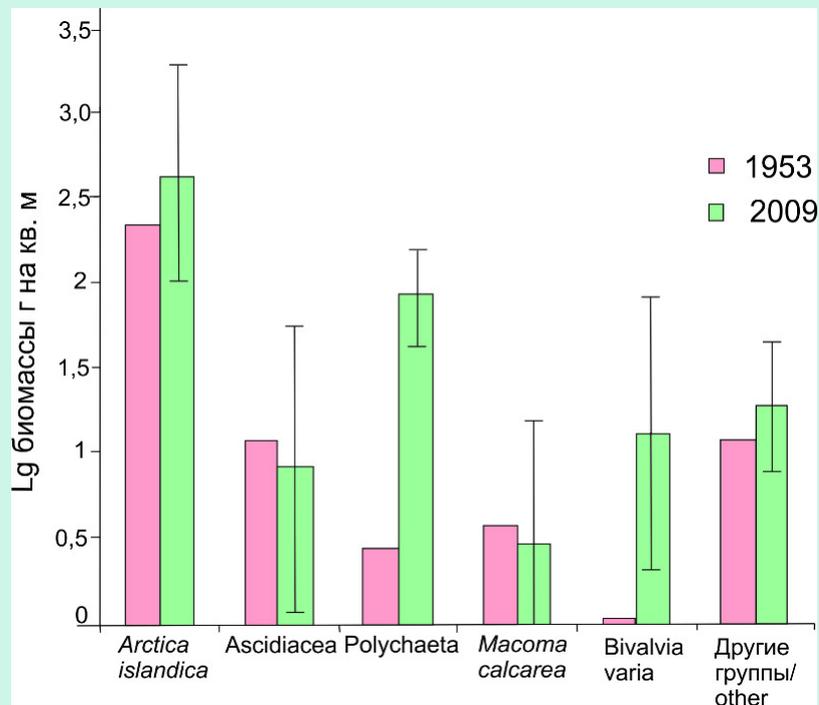
Белое море:

Стабильность биоценоза

Arctica islandica



Обилие доминирующего вида не изменилось

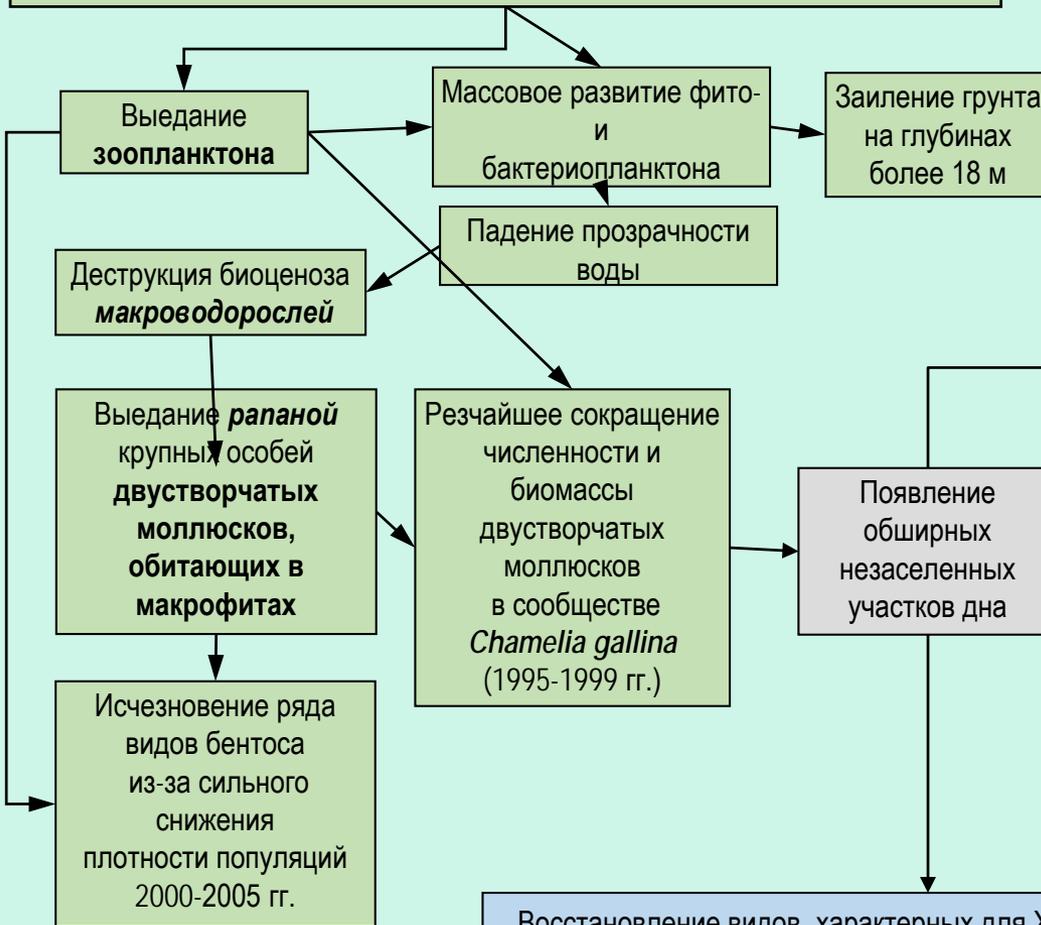


Козловский, В. В., Чикина, М. В., Кучерук, Н. В., Басин, А. Б. (2011). Структура сообществ макрозообентоса юго-западной части Карского моря. Океанология, 51(6), 1072-1072.

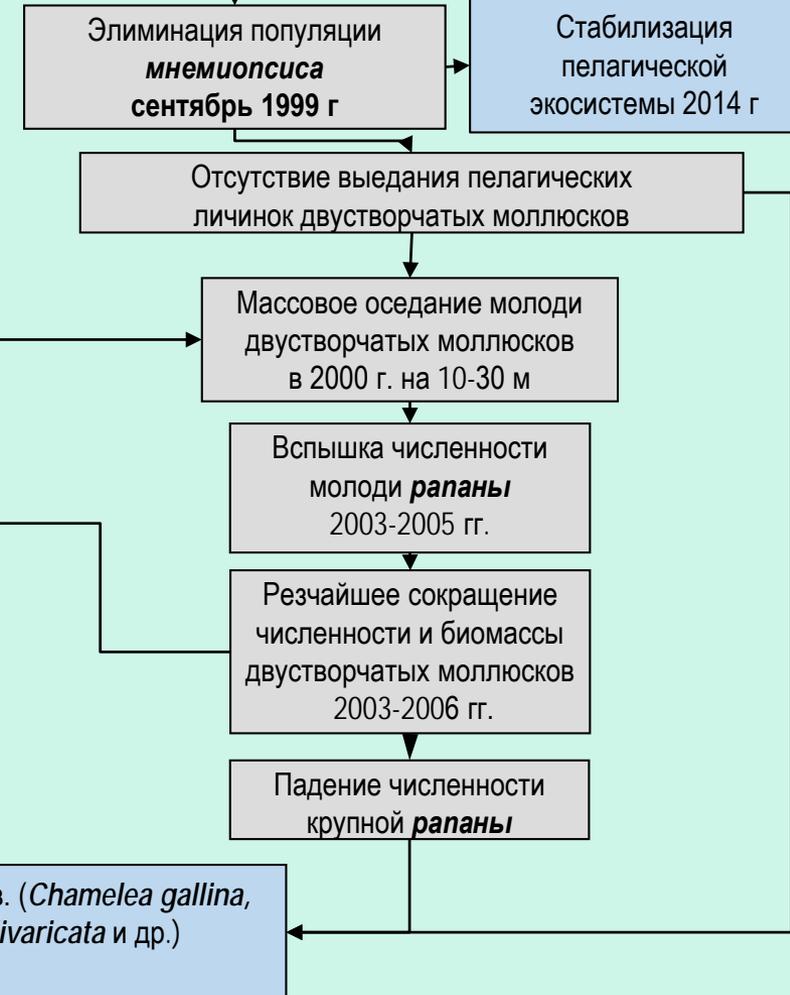
Biomass, commonly occurring and dominant species of macrobenthos in Onega Bay (White Sea, Russia): data from three different decades
Katya Solyanko¹, Vassily Spiridonov² & Andrew Naumov³

Динамика Черноморской экосистемы в конце XX – начале XXI века

Вселение *мнемиопсиса* 1980-е гг



Вселение *берое* 1997 г



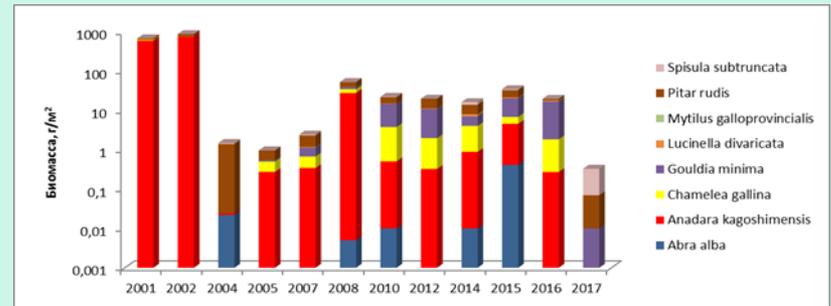
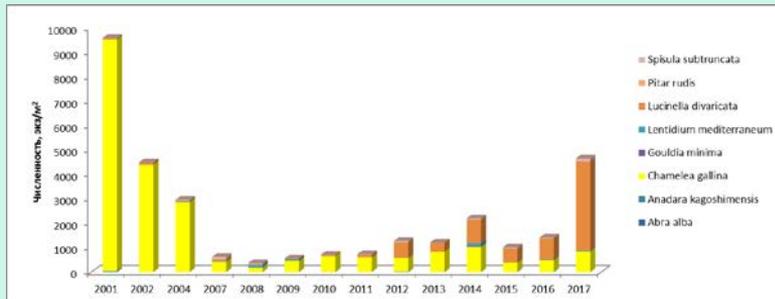
Новое стационарное состояние в 2007-2017 гг. - возвращение к состоянию начала-середины XX в.

Кучерук и др., 2012
Арашкевич и др., 2015
Колючкина и др., в печати

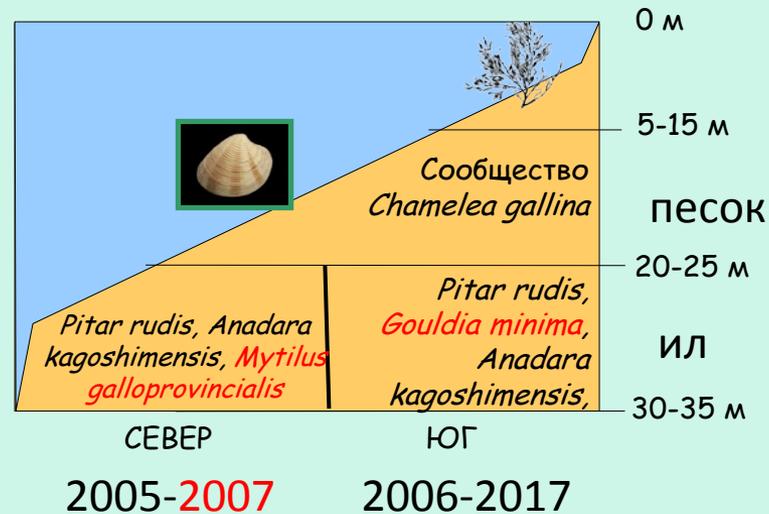
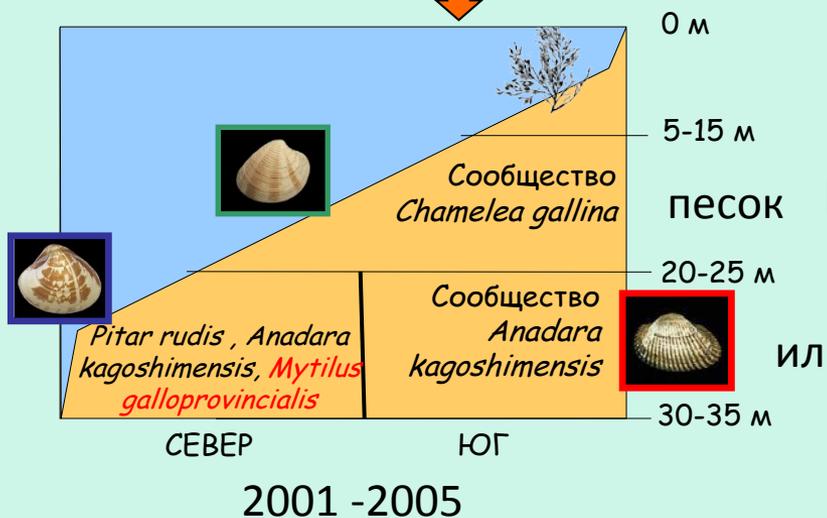
Наиболее длинный ряд наблюдений – бух. Инал

10 м

25 м



Динамика пространственных различий



?

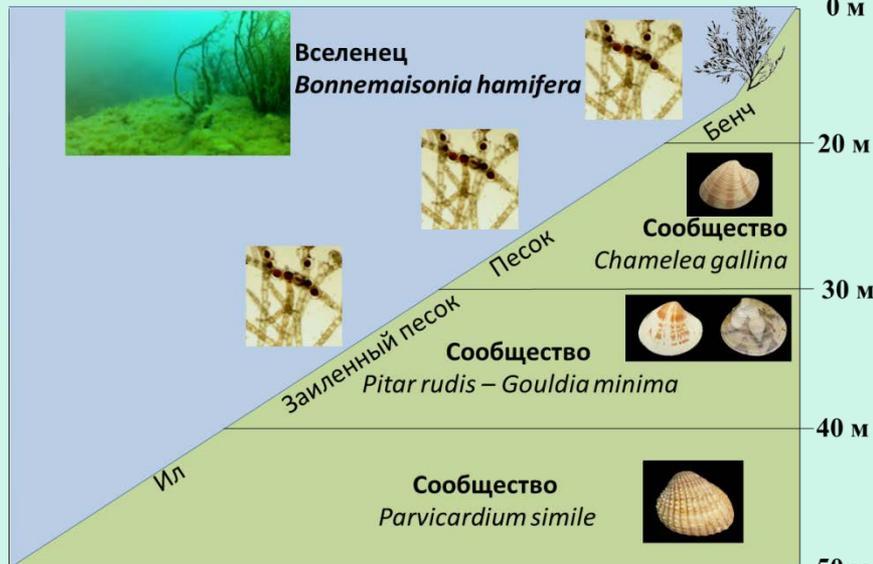
Чикина, 2009
Козловский и др., 2008
Chikina et al., 2014
Колючкина и др., 2017

- Оценка локальных воздействий на окружающую среду не может быть правильно интерпретирована вне контекста общей динамики экосистемы
- Результаты однократного исследования не позволяют выявить результат локального воздействия на фоне общих изменений сообществ
- Причины изменений также не могут быть поняты без изучения биологии участвующих в них видов
- Объектами специального исследования должны быть:
 - руководящие виды сообществ
 - виды-вселенцы, участвующие в трансформации сообществ
 - виды – потенциальные индикаторы воздействий разного рода

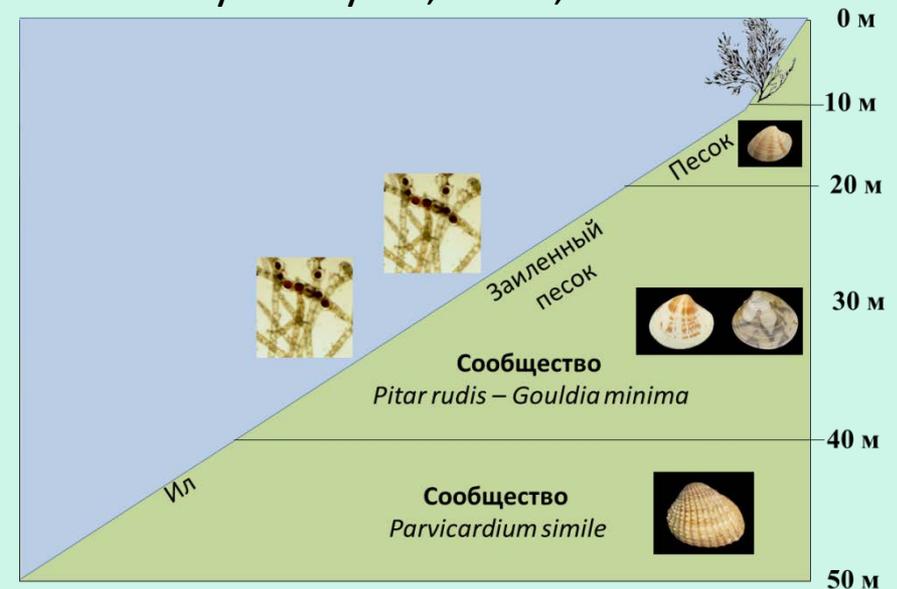
Репрезентативность бентоса Заповедника Утриш для северо-восточного побережья Черного моря (2016-2017 гг.)

- Новый разрез для многолетнего мониторинга
- Инвентаризация морской флоры и фауны заповедника
- 74 вида макрозообентоса, 33 вида макрофитобентоса, 17 видов мейобентоса
- Низкий уровень заиления грунтов глубин 20-40 м
- Слабо загрязненный район – референтный по отношению к побережью южнее Новороссийска
- Благоприятная зона для существования *Cystoseira* spp.– минимум до 12 м
- Высокая степень репрезентативности биотопов, сообществ макрофито- и макрозообентоса

Заповедник Утриш

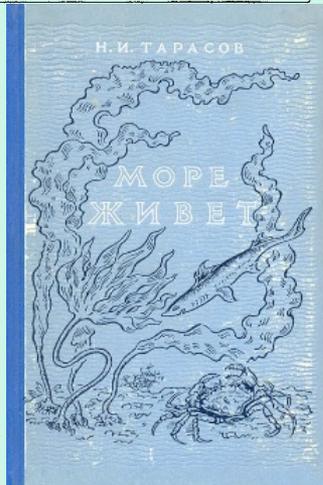
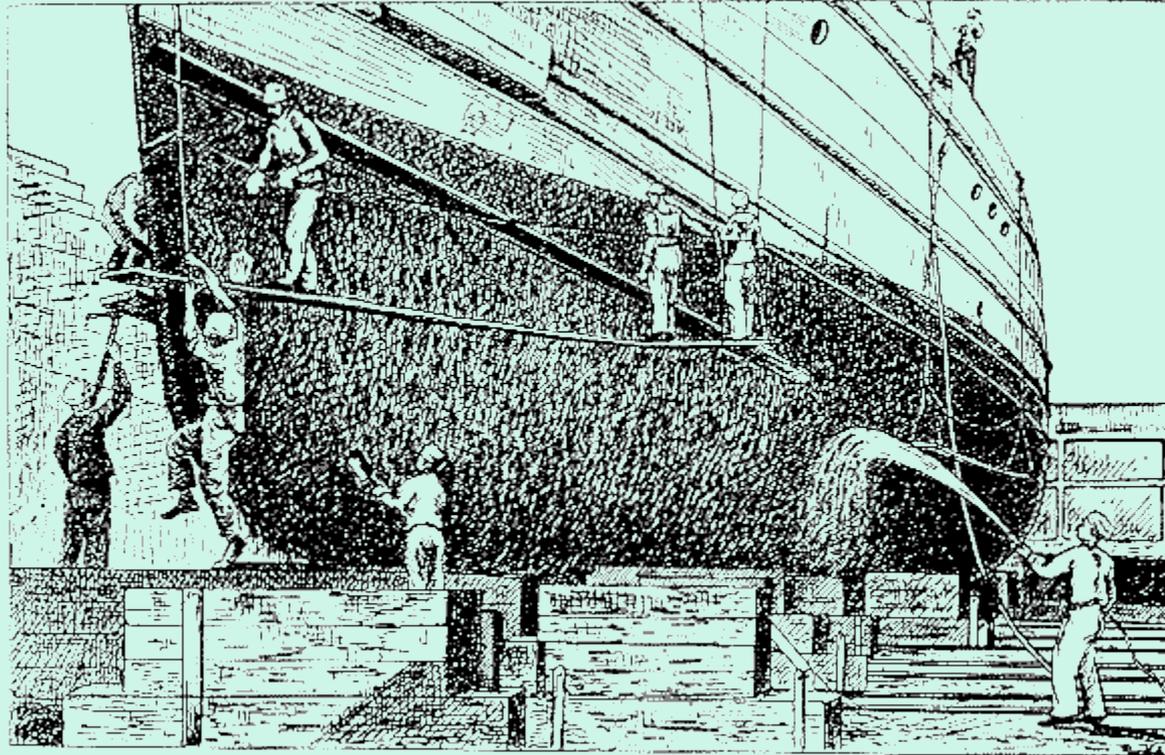
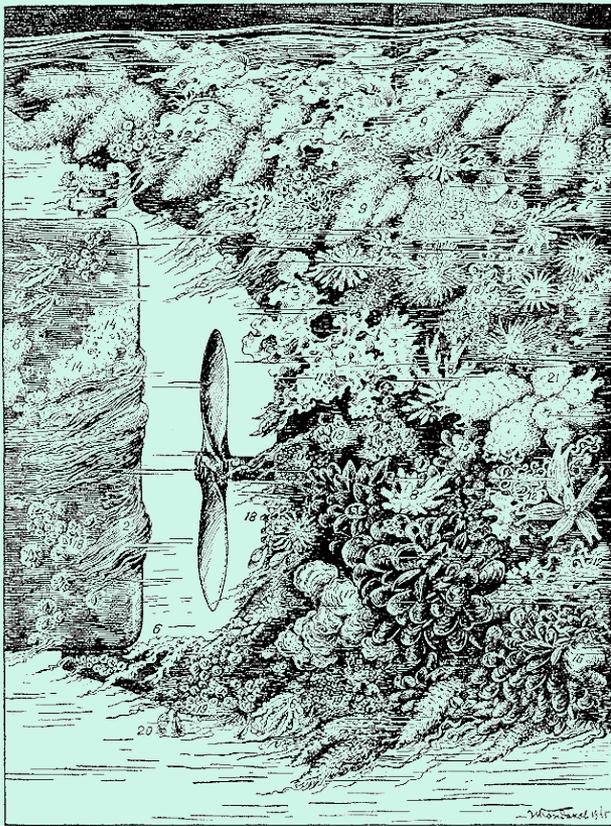


Голубая бухта, Инал, Шепси



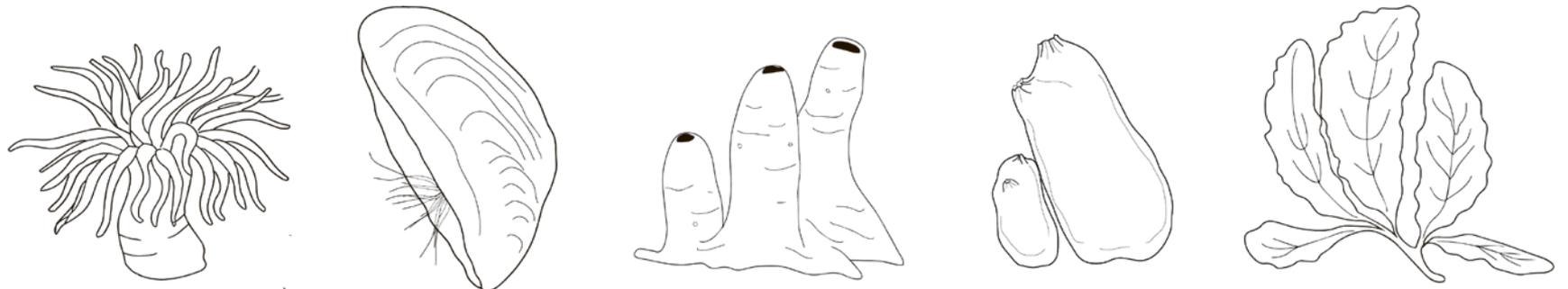
Kolyuchkina, G. A., Syomin, V. L., Simakova, U. V., & Mokievsky, V. O. (2018). REPRESENTABILITY OF THE UTRISH NATURE RESERVE'S BENTHIC COMMUNITIES FOR THE NORTH CAUCASIAN BLACK SEA COAST. NATURE CONSERVATION RESEARCH, 3(4), 1-16.

Обрастания – сообщества живых организмов на искусственных сооружениях, конструкциях судах



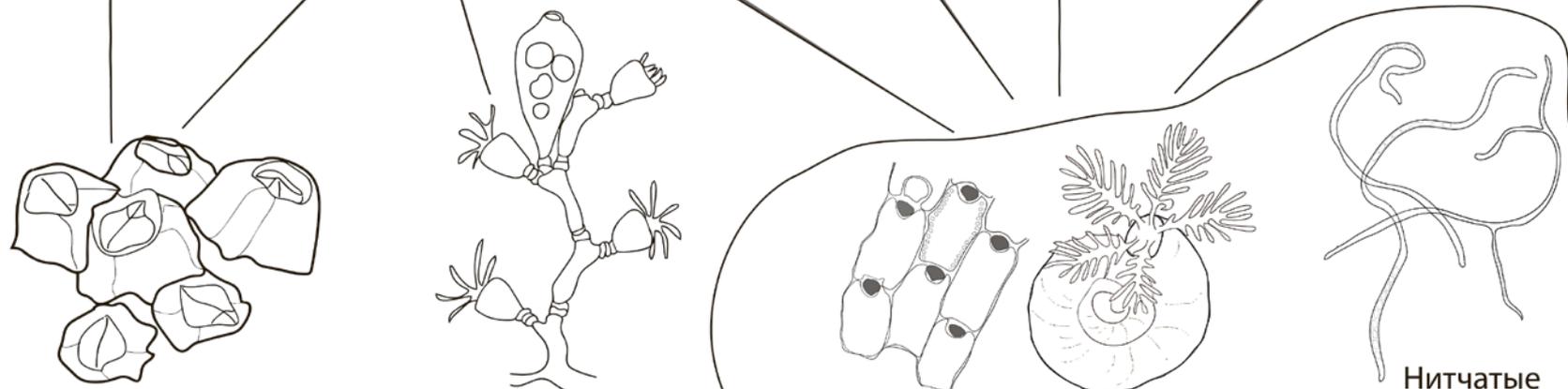
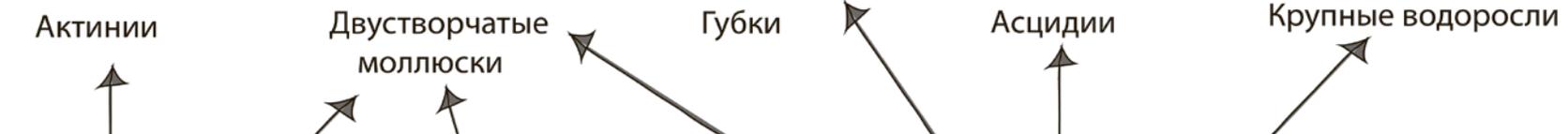
Н.И. Тарасов.
Море живет. М. 1949

Основные направления сукцессии сообществ обрастания

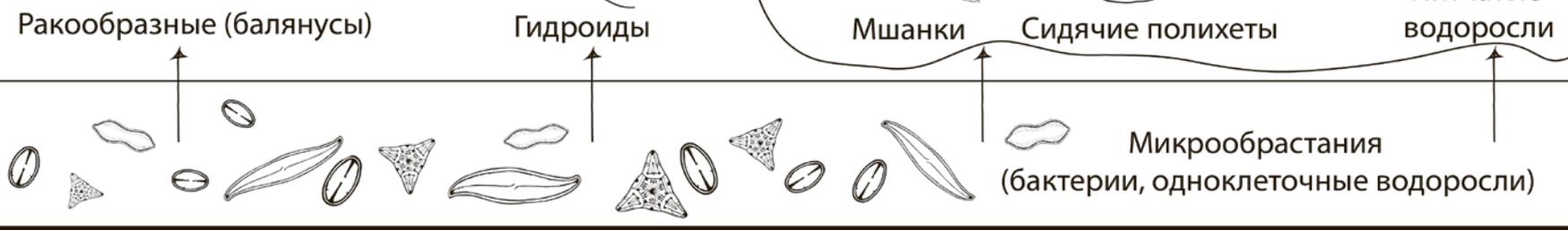


Десятки лет

Время



1-3 года



часы-дни

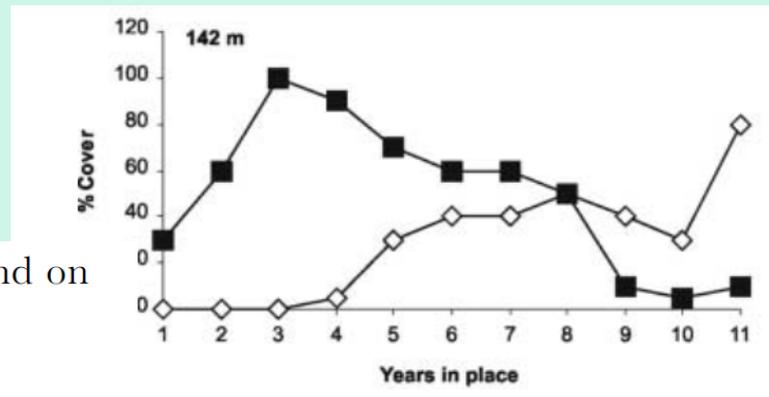
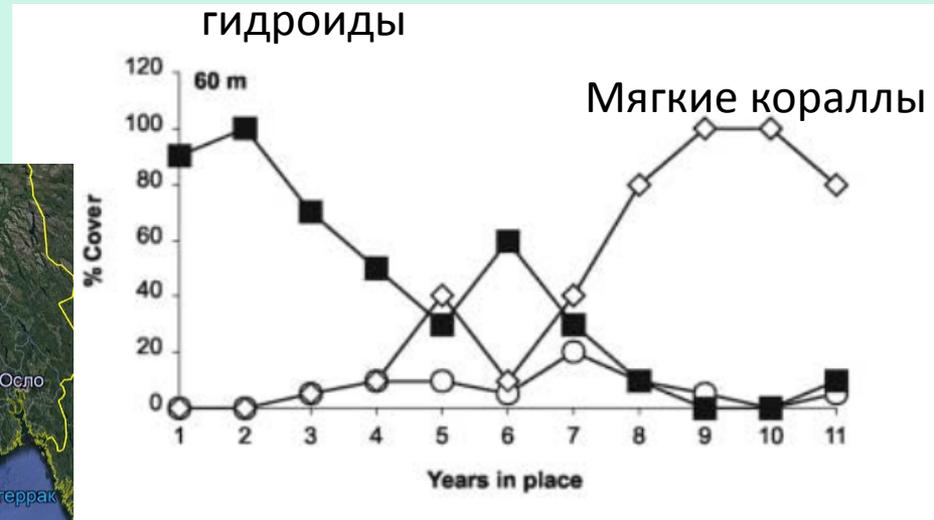
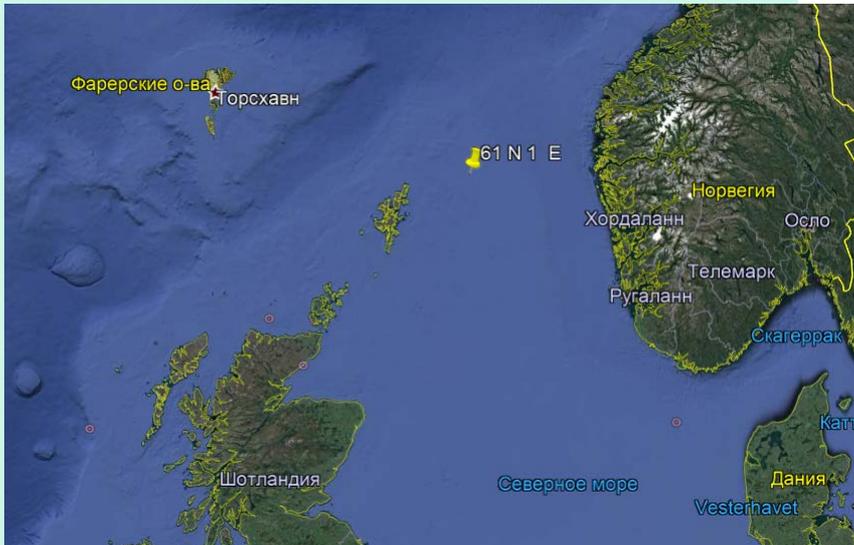
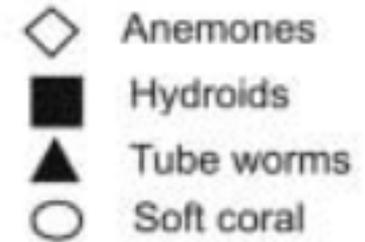
Свободная поверхность

Индекс 70707

- Предельной глубины для развития обрастаний не существует. Твердый субстрат на любой глубине служит местом обитания для прикрепленных организмов.

Г.М.Виноградов 1999. Как быстро растут глубоководные кораллы? «Природа» № 6 (фото: Горгонария на носу "Титаника", осень 1998 г. Фото Ю.Володина (лаборатория подводных аппаратов Института океанологии РАН).

Обрастание на больших глубинах



Long-term dynamics of fouling communities found on offshore installations in the North Sea

P. Whomersley*[‡] and G.B. Picken[†]

J. Mar. Biol. Ass. U.K. (2003), **83**, 897–901

Printed in the United Kingdom

Table of historical and biological site information

Site	Depth	Site Boundary From Center of Wreck	Date In Service	Type	Cargo	Biological Information
Virginia	87 m	79 m	1941 to 1942	Tanker	180,000 barrels gasoline	Fish and invertebrate count incomplete due to poor visibility; vermilion snapper predominant fish species observed; various corals observed
Halo	143 m	82 m	1920 to 1942	Tanker	63,000 barrels crude oil	Few brown rusticles; scleractinian and gorgonian corals observed; diverse invertebrates; reef fishes observed; Anthiinae basses predominant fish species observed
Gulfpenn	554 m	231 m	1921 to 1942	Tanker	90,000 barrels gasoline	Some microbial concretions; abundant <i>Lophelia pertusa</i> and high invertebrate diversity; reef fishes observed
U-166	1,256 m	308 m	1942 to 1942	U-boat	Mines & torpedoes	Brown and white rusticles, Venus flytrap anemones, abundant red deep-sea crab, and squat lobsters; other typical deep-water demersal species
Robert E. Lee	1,490 m	359 m	1924 to 1942	Passenger Freighter	Passengers	Abundant brown rusticles, Venus flytrap anemones, red deep-sea crab, and squat lobsters; other typical deep-water demersal species
Alcoa Puritan	1,964 m	506 m	1941 to 1942	Cargo Freighter	10,000 tons bauxite	Greatest density of rusticle formations; predominant invertebrate was red deep-sea crab; other typical deep-water demersal species

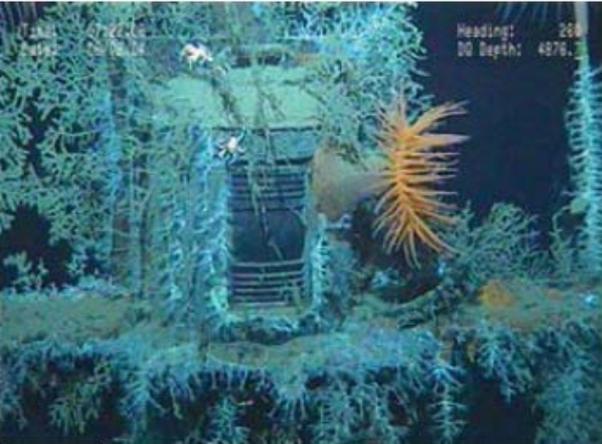


Figure 4. Robert E. Lee's stern light covered with hydrozoans, a Venus flytrap anemone (*Actinoscyphia* sp.), and squat lobsters (*Munidopsis* sp.).

Figure 5. One of Robert Lee's engine-order tel graphs standing upright on the seafloor.



Figure 6.7. Top of *Gulfpenn*'s superstructure showing the bridge telegraph lying across the exposed deck frame supports.

CITATION

Church, R.A., D.J. Warren, and J.B. Irion. 2009. Analysis of deepwater shipwrecks in the Gulf of Mexico: Artificial reef effect of Six World War II shipwrecks. *Oceanography* 22(2):50–63, doi:10.5670/oceanog.2009.38.

Разнообразие в сообществах обрастаний на градиенте глубин

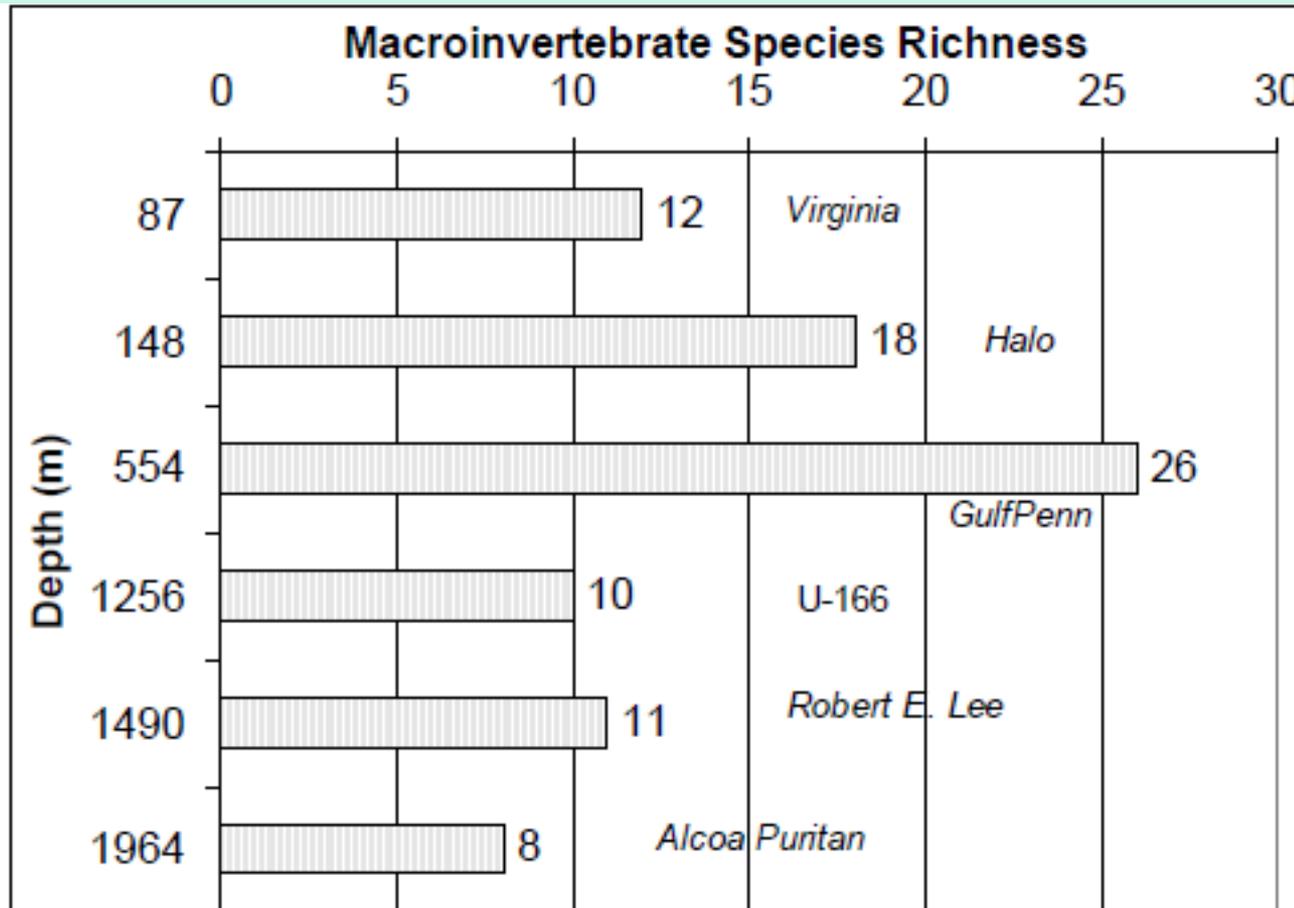


Figure 13.2. Changes in species richness with depth (meter) among the wreck sites.

CITATION

Church, R.A., D.J. Warren, and J.B. Irion. 2009. Analysis of deepwater shipwrecks in the Gulf of Mexico: Artificial reef effect of Six World War II shipwrecks. *Oceanography* 22(2):50-63, doi:10.5670/oceanog.2009.38.

Разнообразие невидимой жизни



Фото Н.В.Кучерука

]



Фото Н.В.Кучерука



**Мейобентос –
микроскопические
многоклеточные,
размером от 1 мм
до 100 мкм
(М. Mare, 1942)**

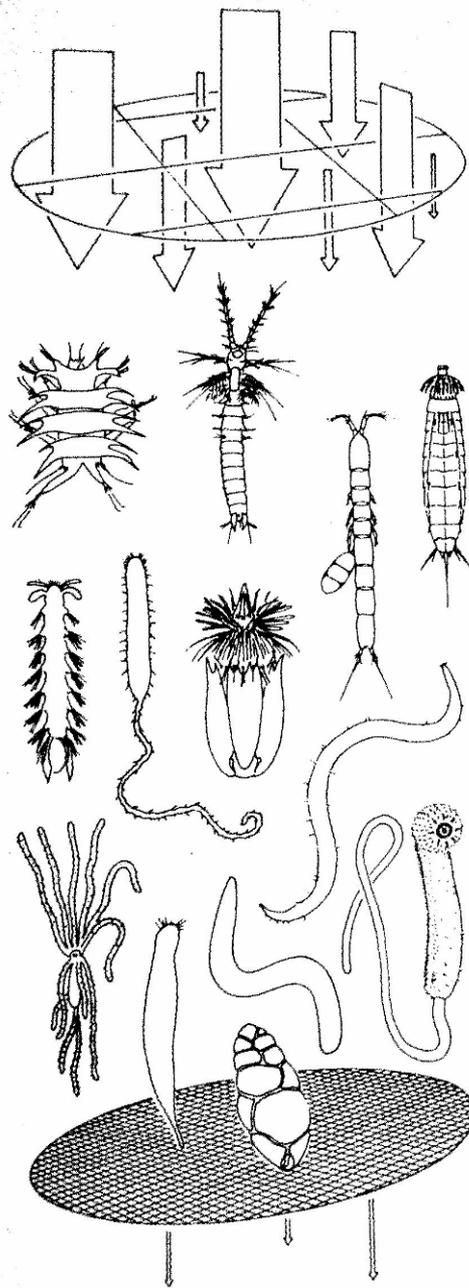
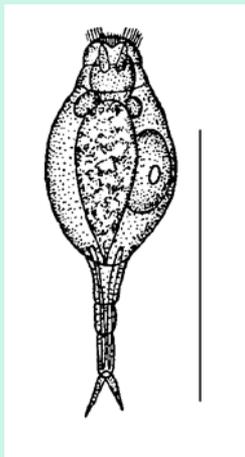


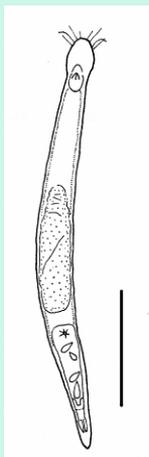
Рис. – Р.Хиггинс

К мейобентосу относятся представители 17 типов Metazoa из 31.

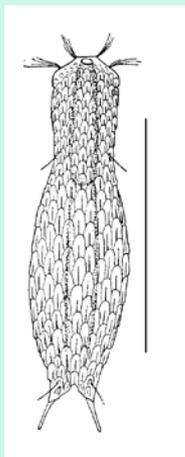
5 типов представлены исключительно мейобентосными организмами:



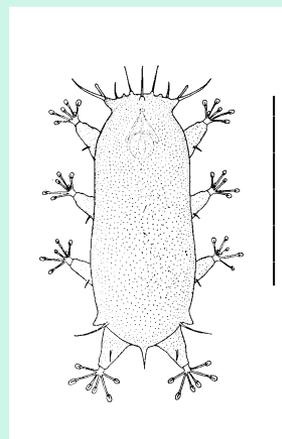
Коловратки



Гнатостомулиды



Гастротрихи



Тихоходки



Нематоды

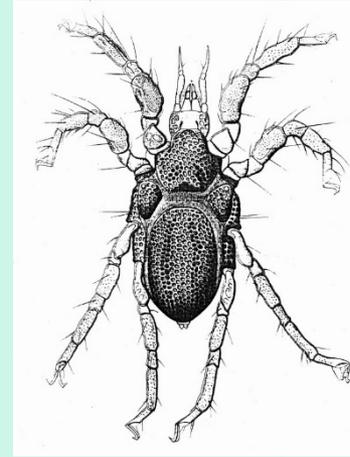
Шкала – 100 мкм

Все мейобентосные организмы обладают общими биологическими особенностями:

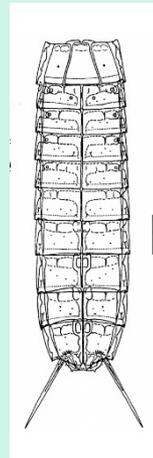
- Червеобразная форма тела
- Подвижность
- Развитые прикрепительные органы (щетинки, крючки, секреторные железы)
- Прямое развитие без пелагической личинки
- Расселение, преимущественно, взрослыми особями
- Небольшое количество яиц, часто - живорождение
- Короткие жизненные циклы

Видовое разнообразие

- Нематоды – около 5 000 видов
- Гарпактициды – около 2 400 видов
- Киноринхи – около 300 видов
- Клещи-галакариды - 1018 видов
- Тихоходки – 163 морских вида
- Лорициферы – 10 видов, не описано - 70



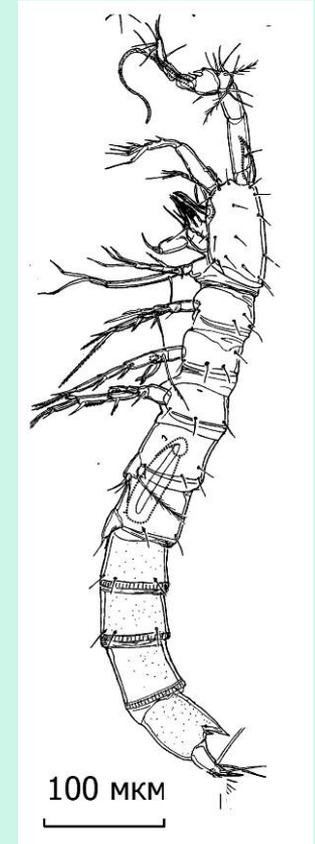
Halacarida



Kinorhyncha



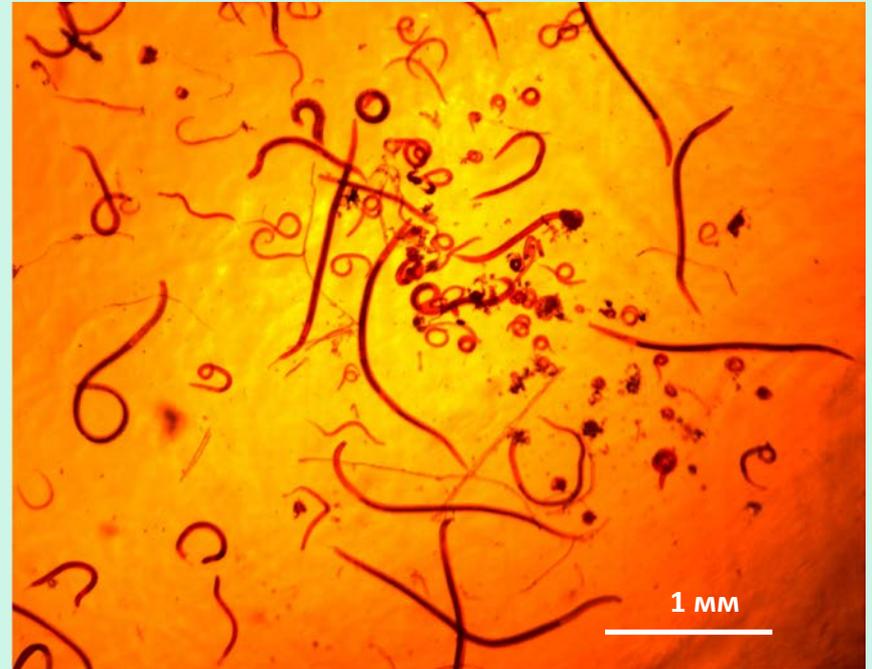
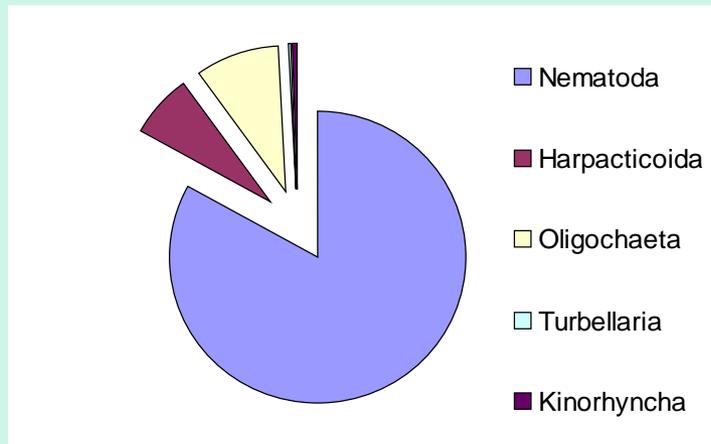
Loricifera



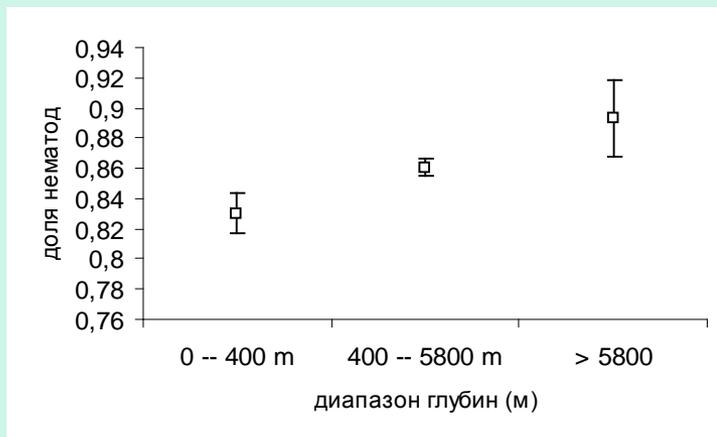
Harpacticoida

Локальное разнообразие

Соотношение групп мейобентоса на литорали Вьетнама
(по числу особей)



С глубиной доля нематод возрастает



Число видов:

Нематоды – 40-50

Гарпактициды – 8-10

Олигохеты – 2-3

Киноринхи – 2

Турбеллярии - ??

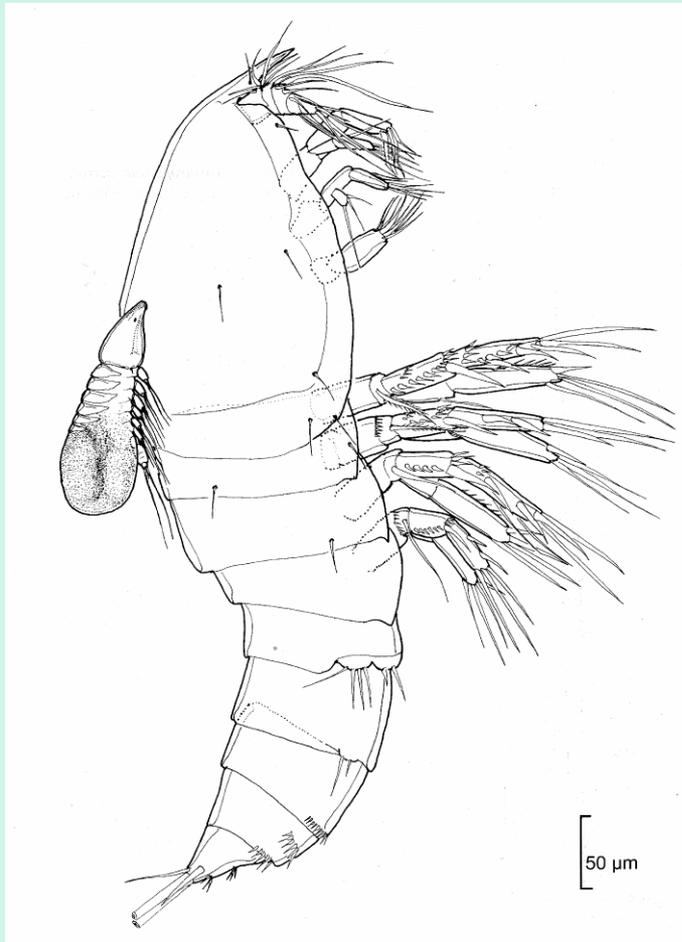
Межвидовые взаимодействия: Хищничество

Хищные нематоды, поедающие других нематод, составляют 2 – 10% всех особей в таксоценозе



Fig. 3. *Sphaerolaimus hirsutus* ingesting an *Oncholaimellus calvadosicus* head-first (scale bar = 100 μ m)

Тантулокариды – паразиты мейобентосных животных



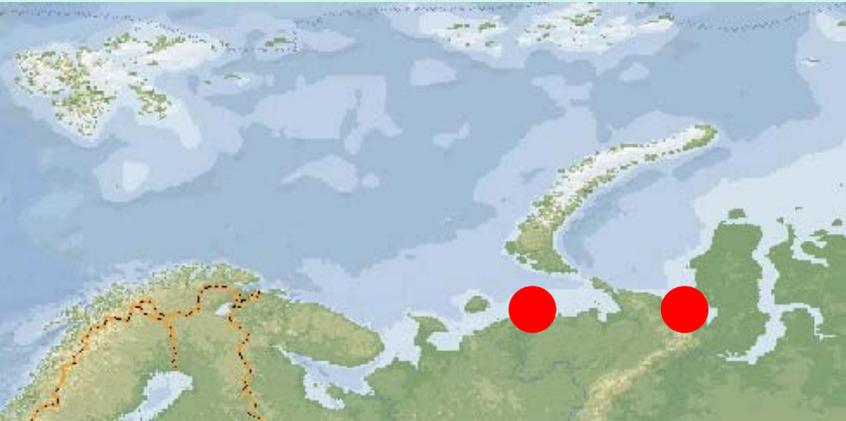
самец тантулокариды
Arcticotantalus pertzovi,
прикрепившийся к хозяину –
гарпактициде *Pseudobradya* sp.
Белое море (По Kornev et al., 2004)

Под микроскопом он открыл, что на блохе
Живёт блоху кусающая блошка;
На блошке той блошинка-крошка,
В блошинку же вонзает зуб сердито
Блошиночка, и так *ad infinitum*.

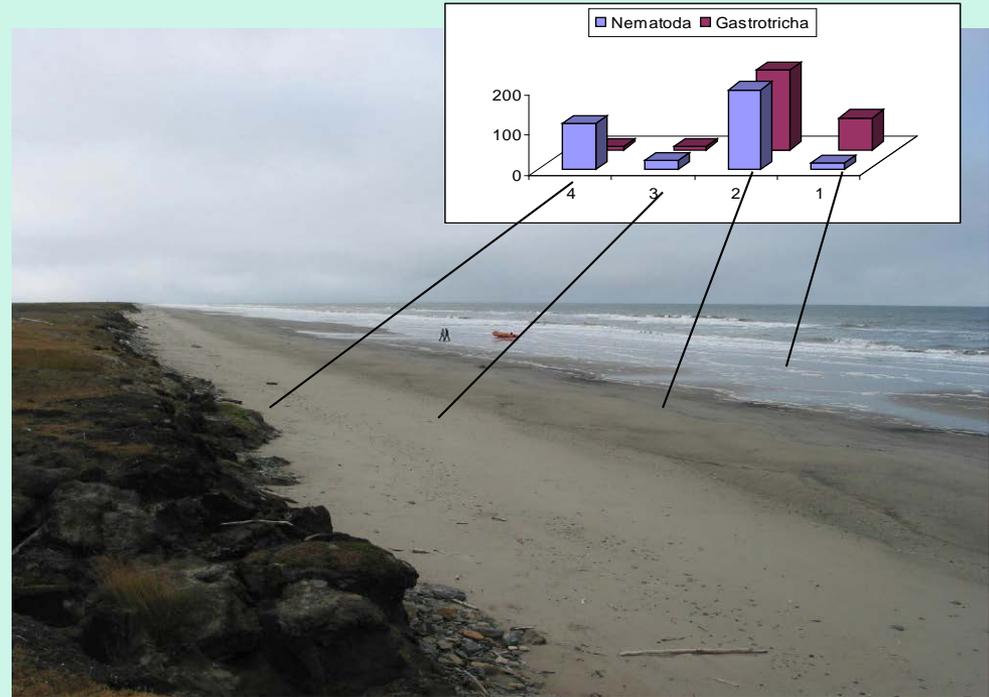
Д.Свифт, перевод Н.А. Холодковского

Прибойная литораль высоких широт

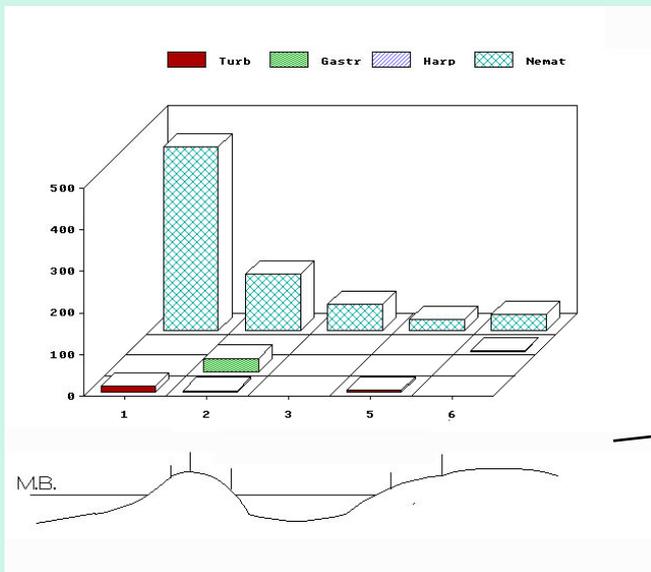
Макробентос отсутствует,
Мейобентос обилен и разнообразен



Печорское море



Байдарацкая губа

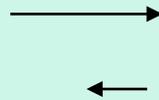


Изменение механических свойств осадка («биоинженерная деятельность»)

Нематоды



Выделение слизистого секрета
Консолидация осадка



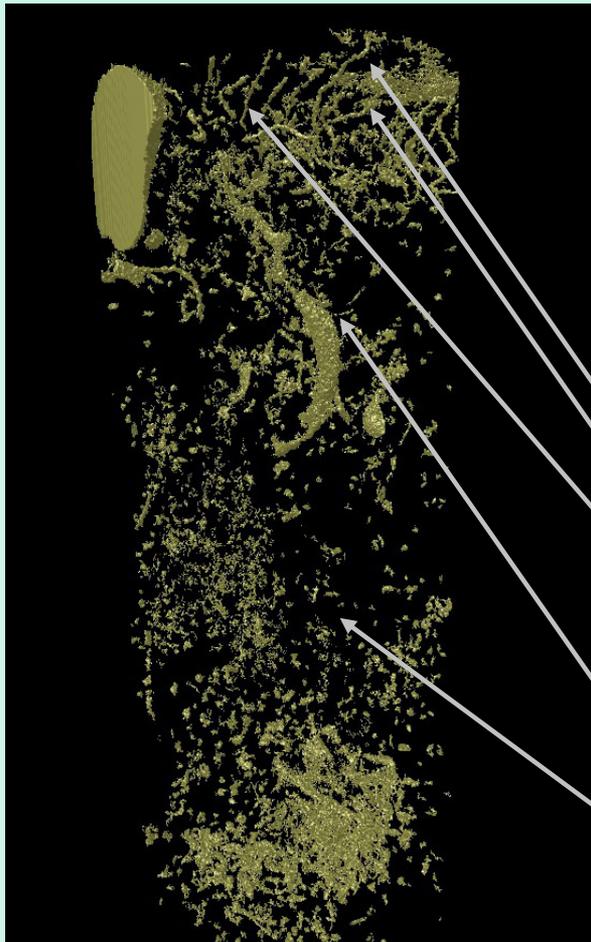
Гарпактициды
Остракоды



Разрыхление осадка

Биогенные структуры в осадке

2 см

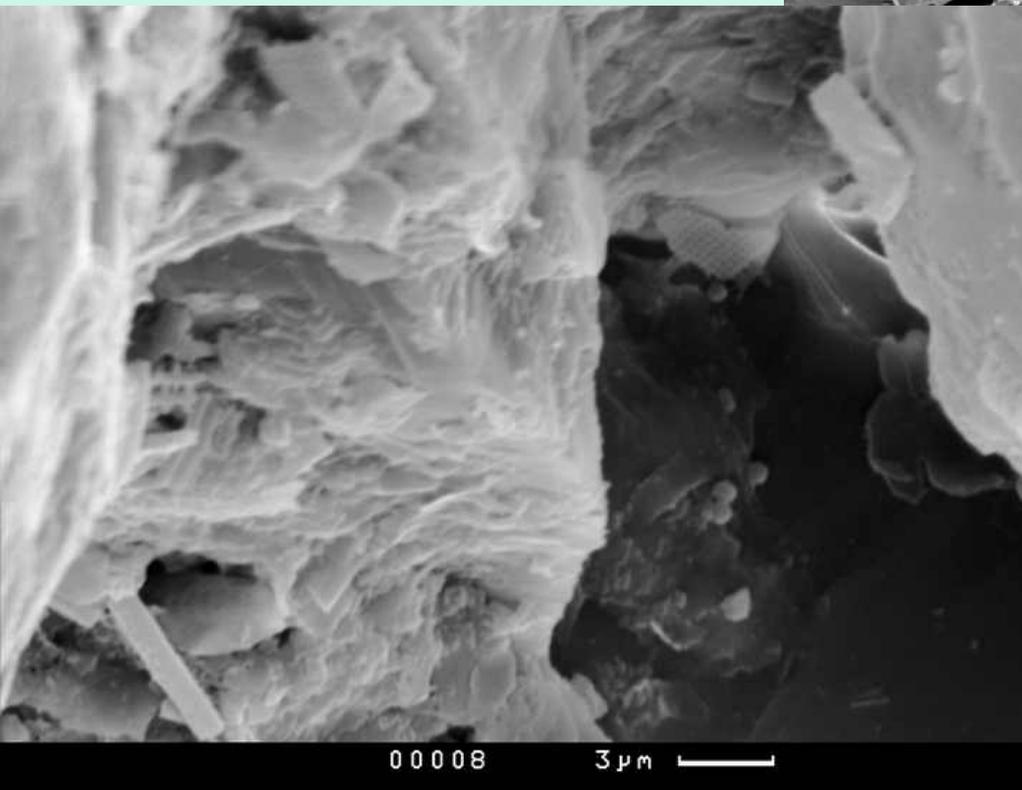
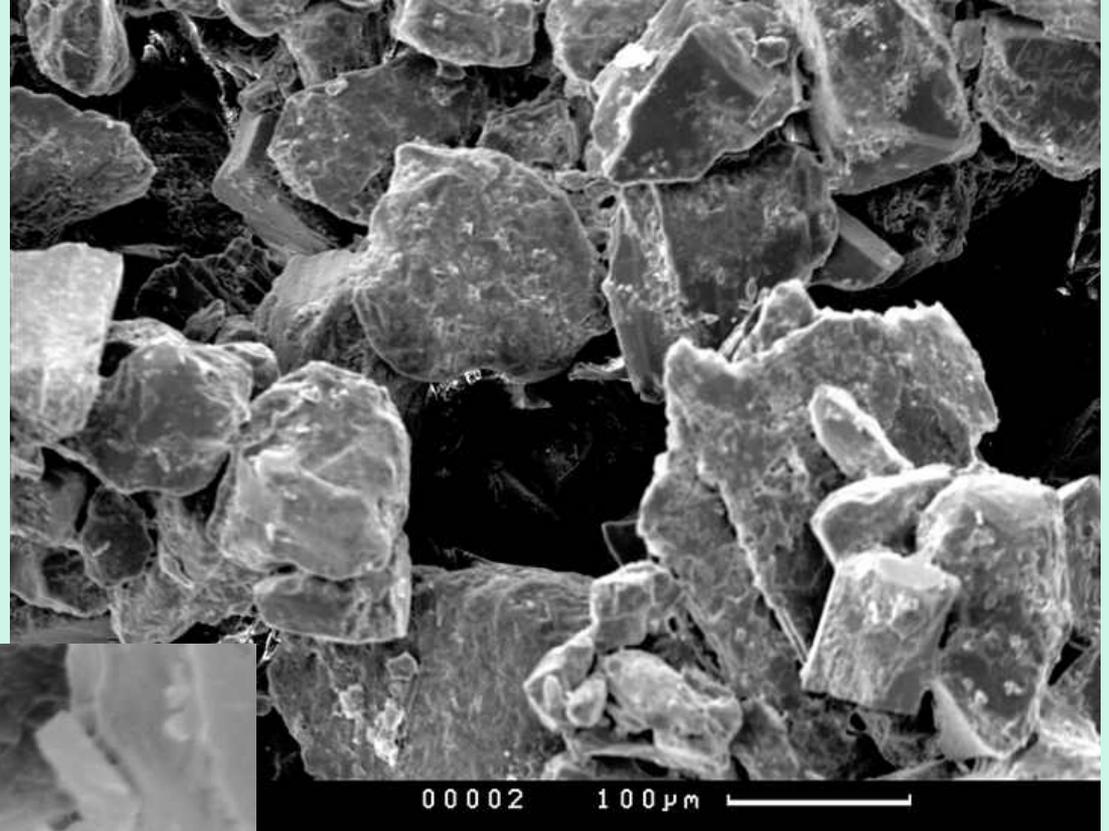
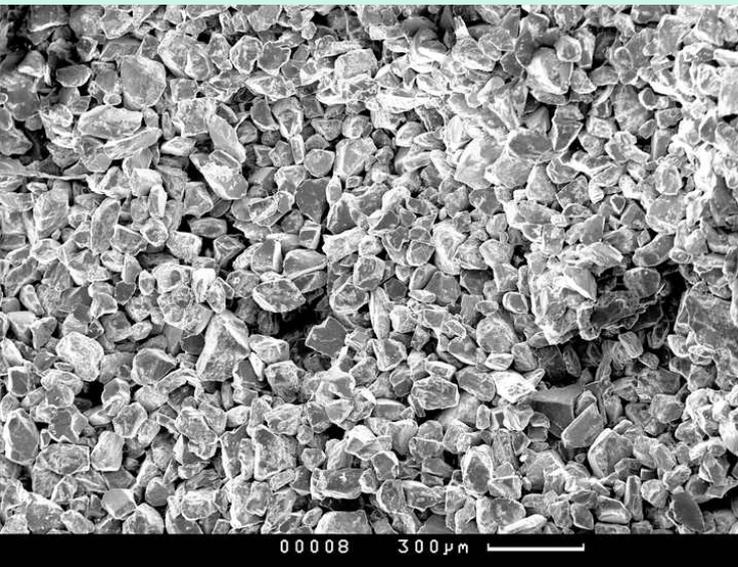


Трубки 100-200 мкм – нематоды

Трубки (ходы) 1 мм – полихеты

Частицы детрита (50 -100 мкм)

Работа на томографе – Д.Корост (МГУ)



- ТОТ ЖЕ ОБРАЗЕЦ ПОД СКАНИРУЮЩИМ МИКРОСКОПОМ