

*Вторая научная школа  
по рыбному хозяйству и экологии  
ВНИРО, Отделение биологических наук РАН  
Москва-Звенигород, 19-25 апреля 2015 г.*

# **Экология морских местообитаний: теоретические и прикладные аспекты**

***Сергей Оленин***  
*sergej.olenin@jmtc.ku.lt*

Центр морских наук и технологий  
Клайпедский Университет, Литва



# Я опущусь на дно морское...

(М.Ю. Лермонтов, «Демон»)



Арктика, Шпицберген



Белое море



Адриатика



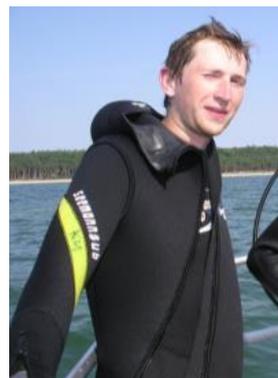
Дарюс Даунис  
(PhD, 2001)



Анастасия Зайко  
(PhD, 2009)



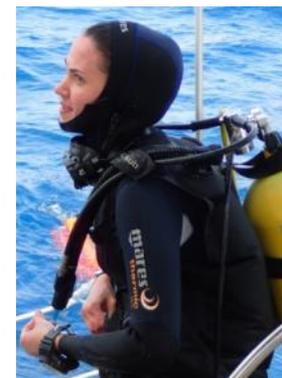
Мартинас Бучас  
(PhD, 2009)



Андрюс Шяулис  
(PhD, 2013)



Алексей Шашков  
(PhD, 2014)



Мартина Марич  
(PhD, 2016\*)

# Содержание

- Морское местообитание  
- что это такое?
- Как картируют  
местообитания?
- Зачем их картировать?
- „Мечты морского  
биолога”



# Морское местообитание - что это такое?



# Морские местообитания

## в русскоязычной литературе

- **Зернов С.А.** 1913. К вопросу об изучении жизни Черного моря // Записки Императорской Акад. Наук, Физ.-мат. отд.
- **Гурьянова Е.Ф., Закс, Н., Ушаков П.В.** 1925. Сравнительный обзор литорали русских северных морей // Работы Мурманской биологической станции.
- **Турпаева Е.П.** 1954. Типы морских донных биоценозов и зависимость их распределения от абиотических факторов среды // Тр. Ин-та океанологии.
- **Беклемишев К. В.** 1973. Биотопы морских биоценозов // Проблемы биогеоценологии. М.: Наука.
- **П.А Моисеев (ред.).** 1986. Биотопическая основа распределения морских организмов. М.: Наука.
- **Бек Т.А.** 1997. Биотопическая основа распределения прибрежного макробентоса Белого моря // Океанология.

- **Петров К.М.** 1989. Подводные ландшафты: теория, методы исследования. Л.: Наука.
- **Петров К.М.** 1999. Биогеография океана. Биологическая структура Мирового океана глазами географа: Изд-во СПб. Ун-та.

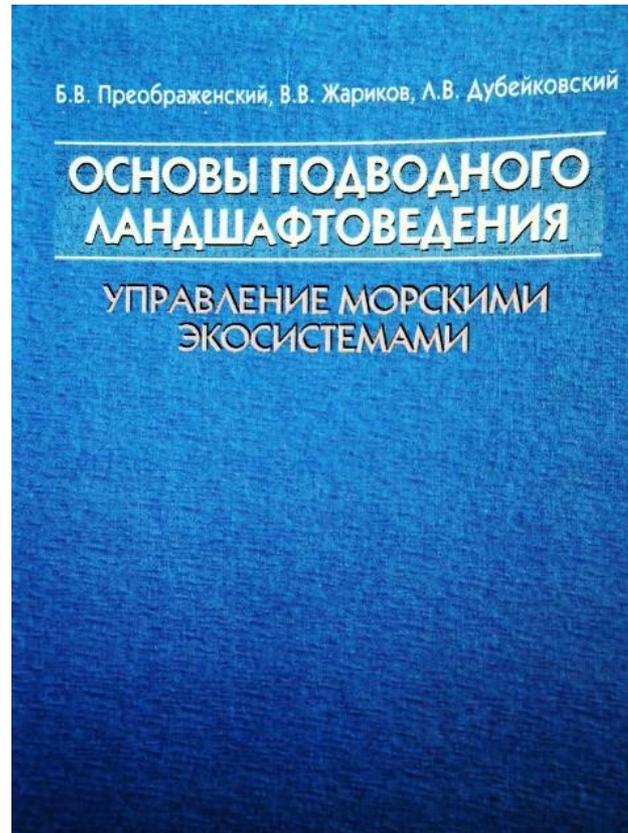


# Морское ландшафтоведение

## - дальневосточный подход



Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. 1990. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М.: Наука.



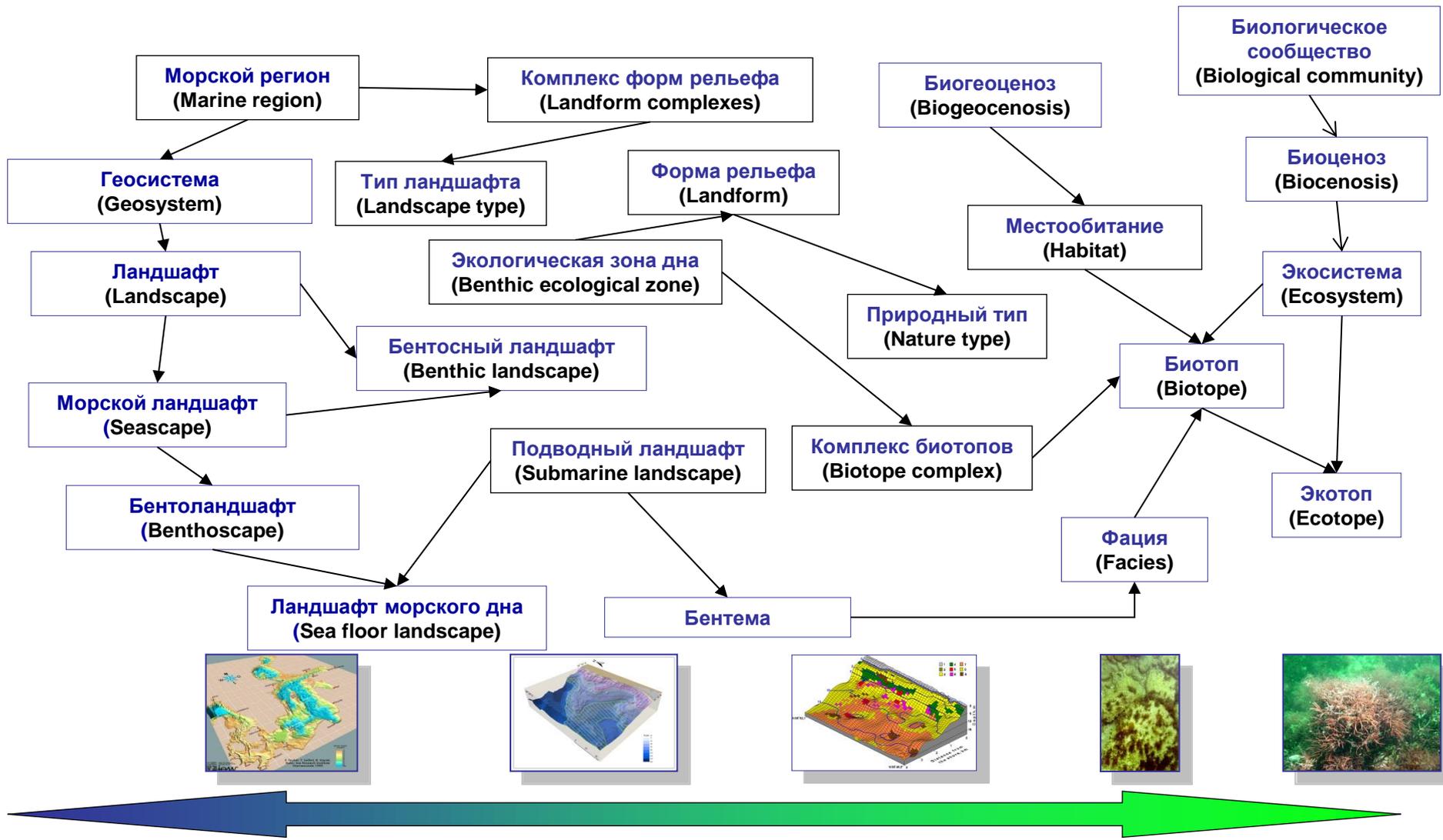
Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л. В. 2000. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука.

**«Бентема»**

**подводная  
(бентосная)  
геосистема  
любого ранга**

(производное от слов  
«бенталь» и «система»)

# В море концепций и определений



Геофизика и геология моря

Физическая океанография

Биологическая океанография

# Концепция «биотопа» в морской экологии

## История:

- 1877: Биоценоз (К. Möbius)
- 1908: Биотоп (F. Dahl)
- 1935: Экосистема (A. Tensly)
- 1939: Экотоп (A. Tensly)
- 1942: Биогеоценоз (В.Н. Сукачев)

- 1913: Фация (С.А. Зернов)  
*«Участок дна, однородный по природным условиям, занятый характерным сообществом морских организмов»*

**Экосистема = биоценоз + биотоп**

**Биотоп = местообитание + сообщество**

(Connor *et al.*, 1995; Hiscock, 1995)

Работы по выделению, классификации и картографированию литоральных и сублиторальных биотопов Британии и Ирландии)

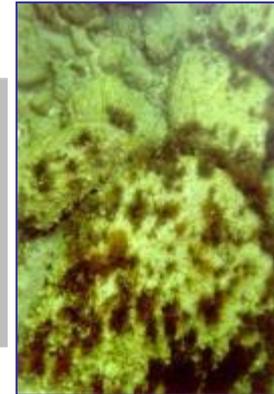
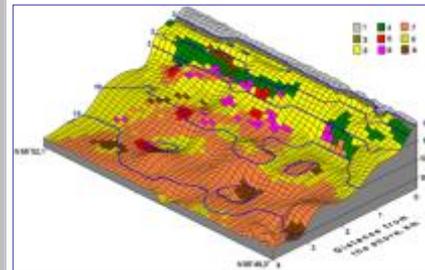
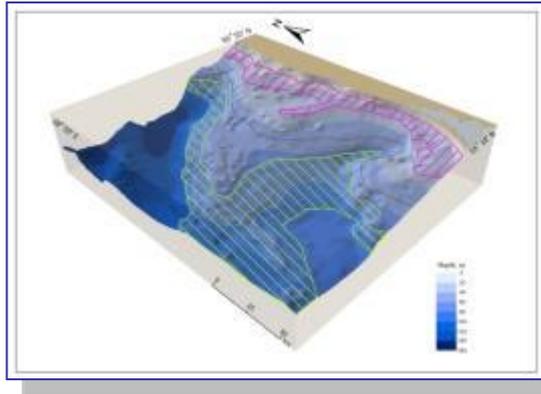
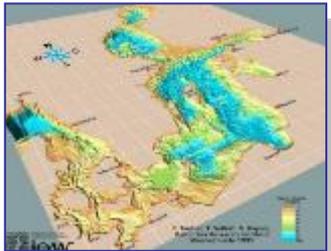
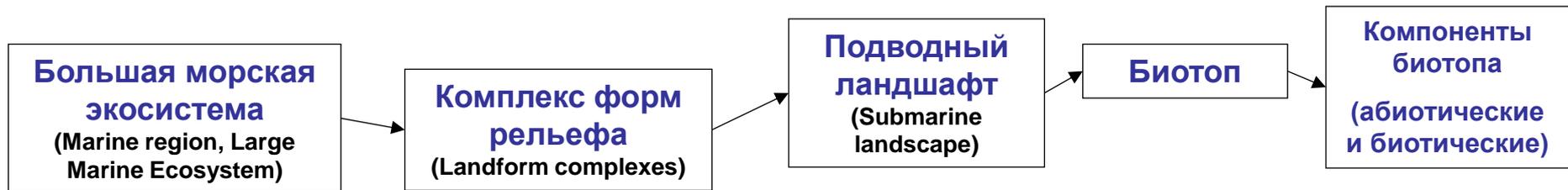
*«Естественное сочетание физических условий и сообщества характерных, легко определяемых донных организмов»*

Для удобства интерпретации терминов, используемых в директивах, законодательных актах и конвенциях, в некоторых документах “biotope” принимается за синоним слова “habitat”.

## Обзоры:

- Оленин С.Н. 2004. О новой трактовке понятия «биотоп» в морской экологии // Ч.М. Нигматуллин (ред.) Совр. проб. паразитологии, зоологии и экологии. Калининград. Изд-во КГТУ.
- Olenin S., Ducrotoy J. P. 2006. The concept of biotope in marine ecology and coastal management // Marine Pollution Bulletin.
- Dauvin J.-C. et al. 2008. The need for clear and comparable terminology in benthic ecology. Part I. Ecological concepts // Aquatic Conservation

# Иерархия геосистем: от морских регионов к ландшафтам и биотопам

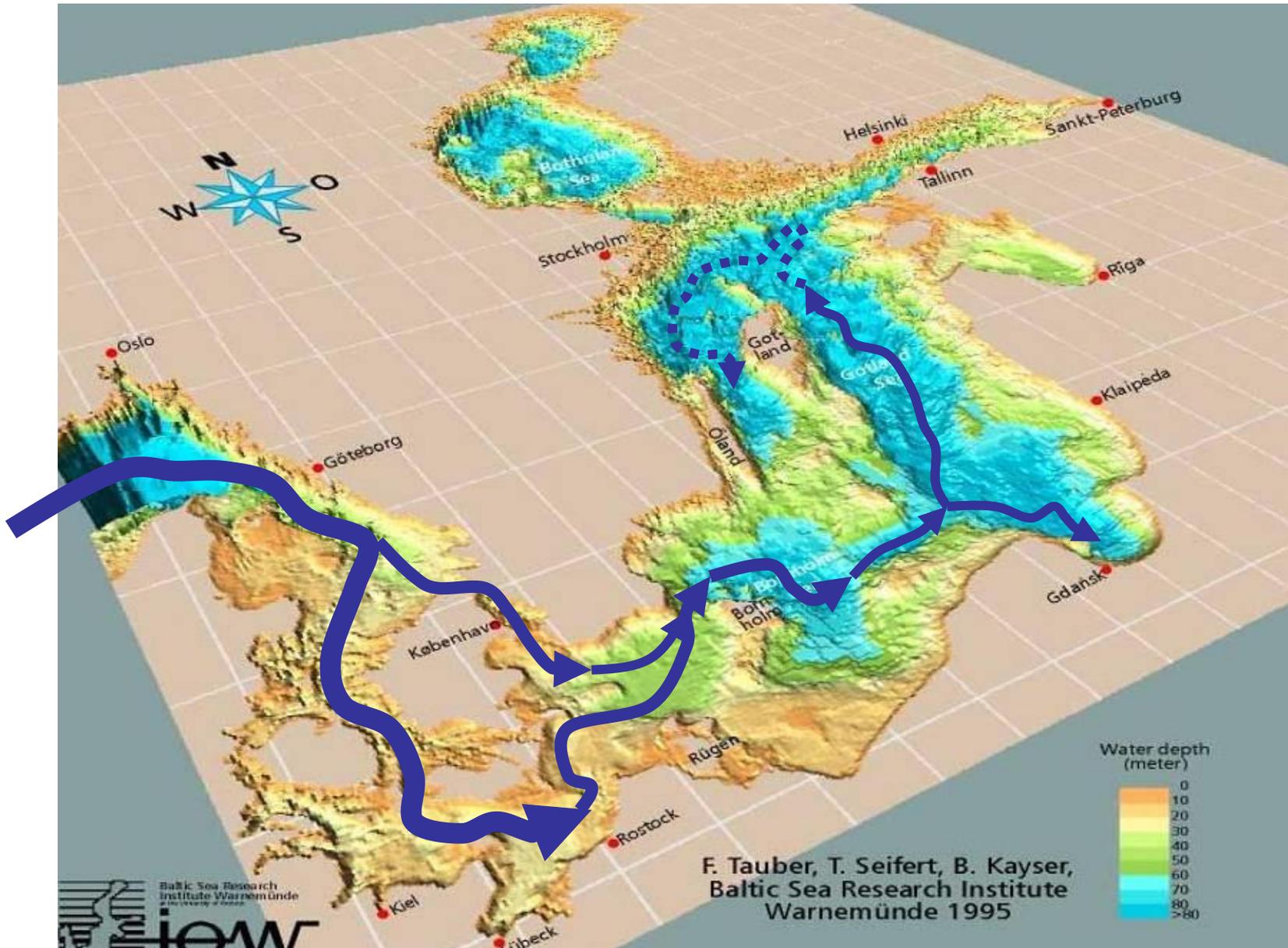


*Геофизика и геология моря*

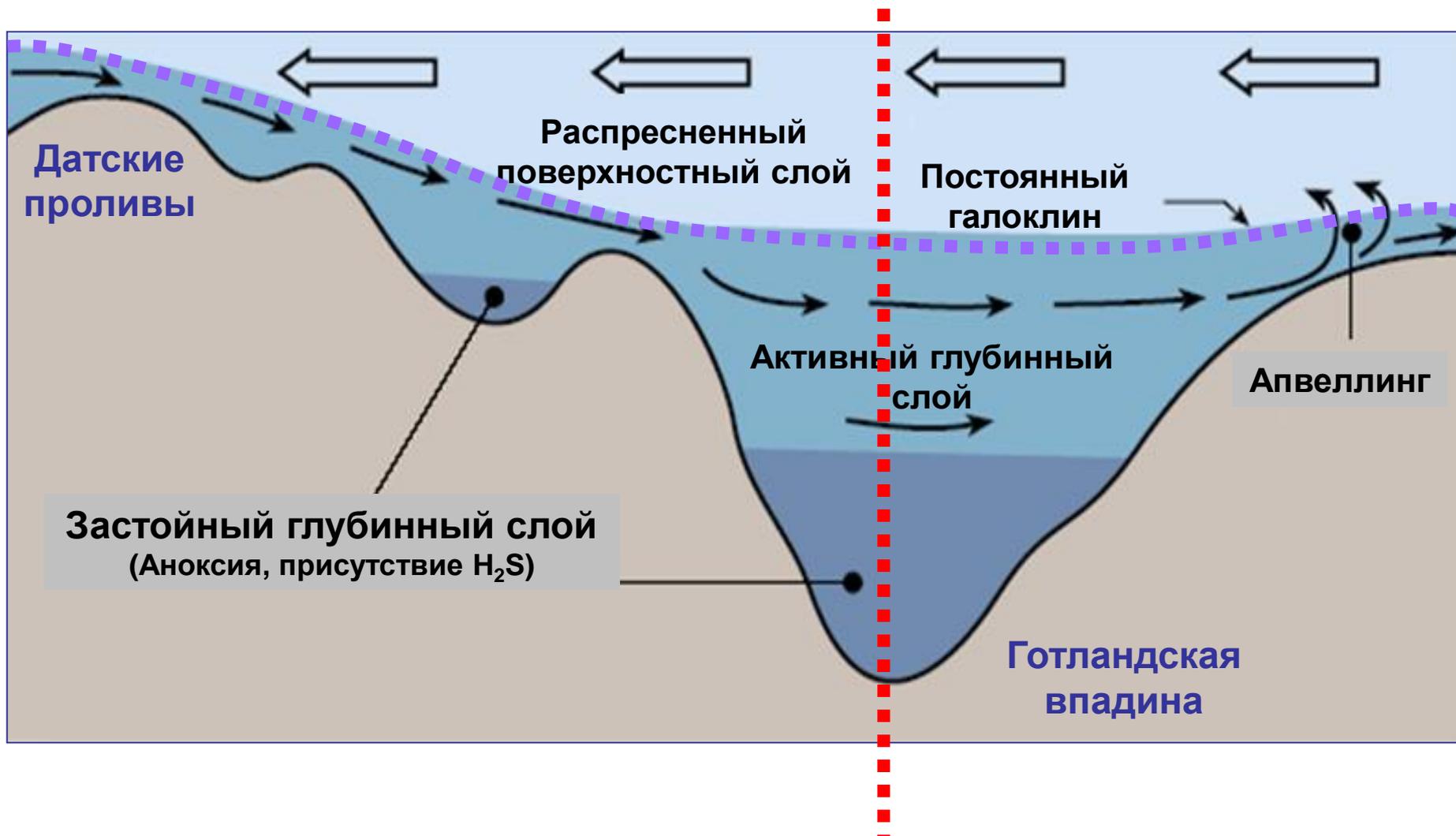
*Физическая океанография*

*Биологическая океанография*

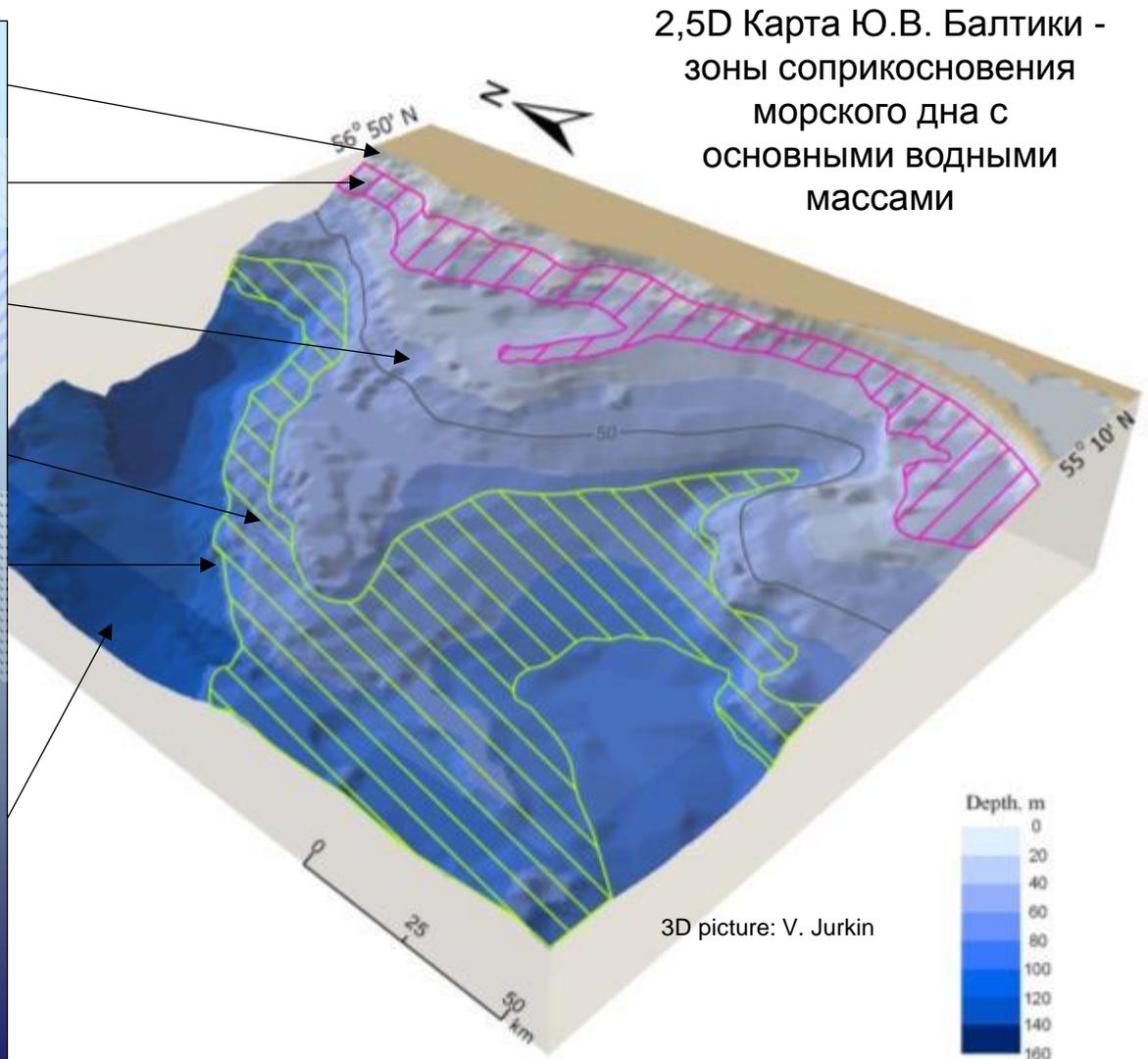
# Путь притока соленой воды в Балтийское море



# Стратификация водной толщи Балтийского моря



# Водные массы определяют условия жизни донной биоты



(Olenin 1997)

# ГИС моделирование донных ландшафтов Балтийского моря: использованные слои

## Осадки

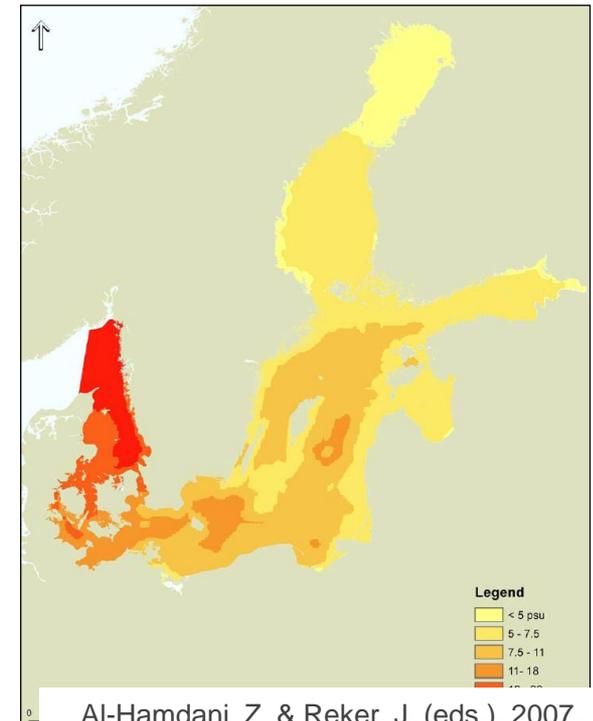
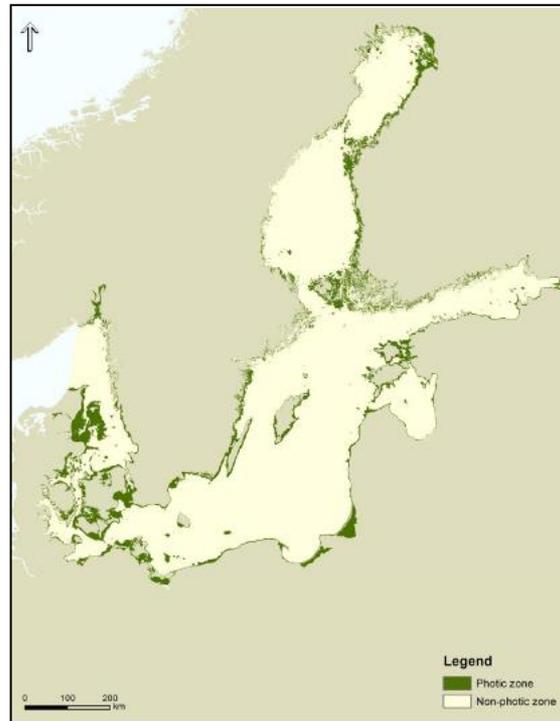
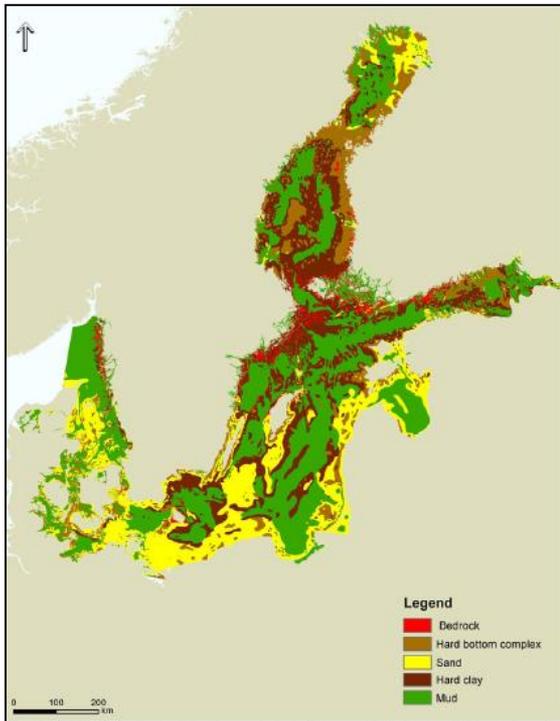
- I. Коренная порода
- II. Валуны
- III. Песок
- IV. Глина
- V. Ил

## Батиметрия

- I. Фотическая / афотическая глубина
- II. Глубина залегания галоклина

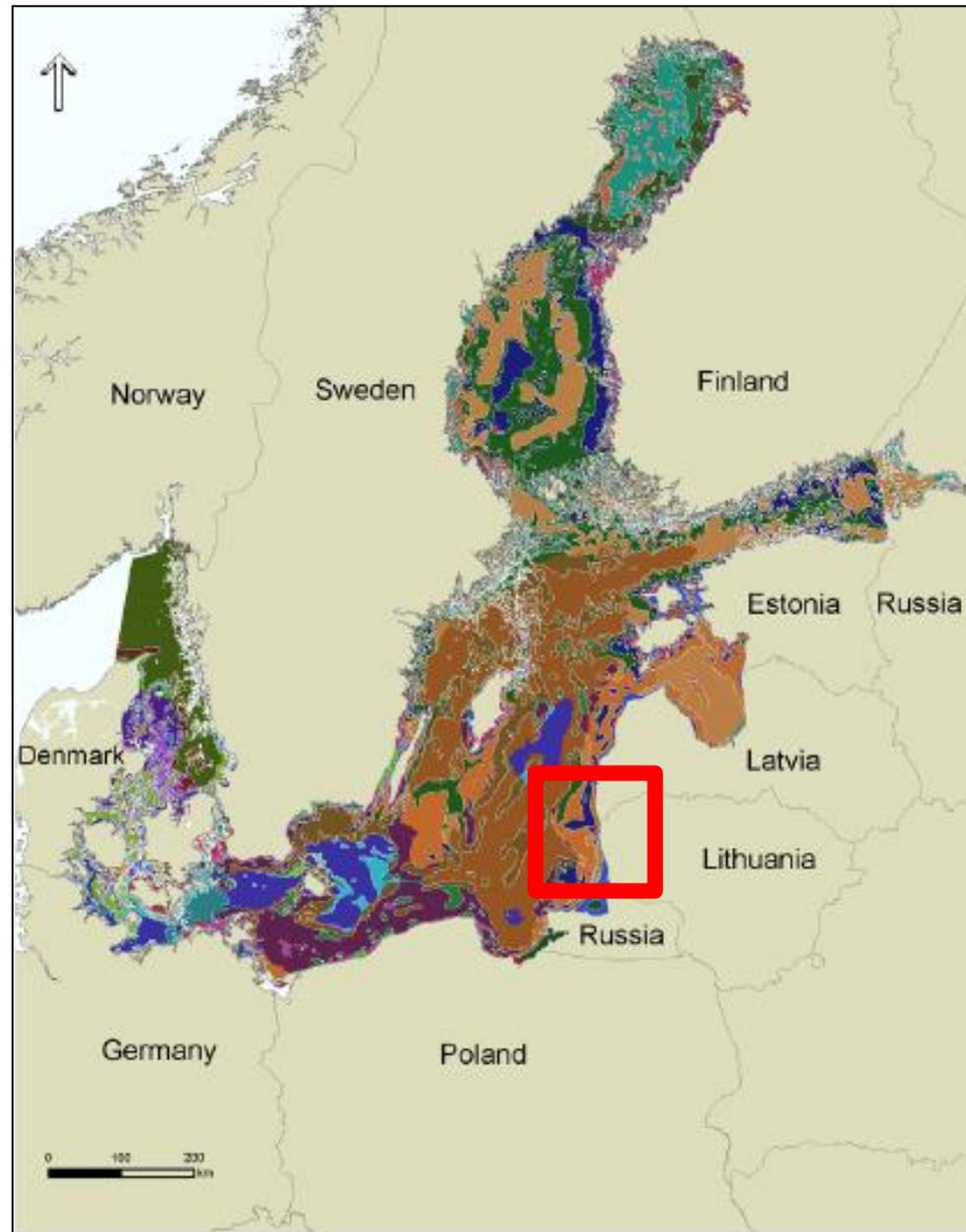
## Соленость

- I. Олигогалинная I (< 5 ‰).
- II. Олигогалинная II (5 – 7.5 ‰).
- III. Мезогалинная I (7.5 – 11 ‰).
- IV. Мезогалинная II (11 – 18 ‰).
- V. Полигалинная (18 – 30 ‰).
- VI. Морская (>30 ‰).

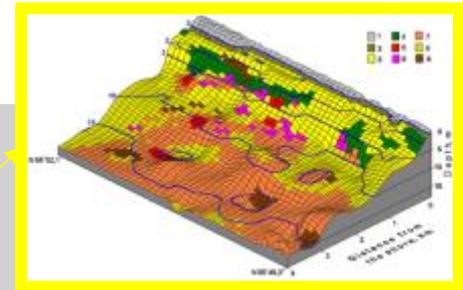
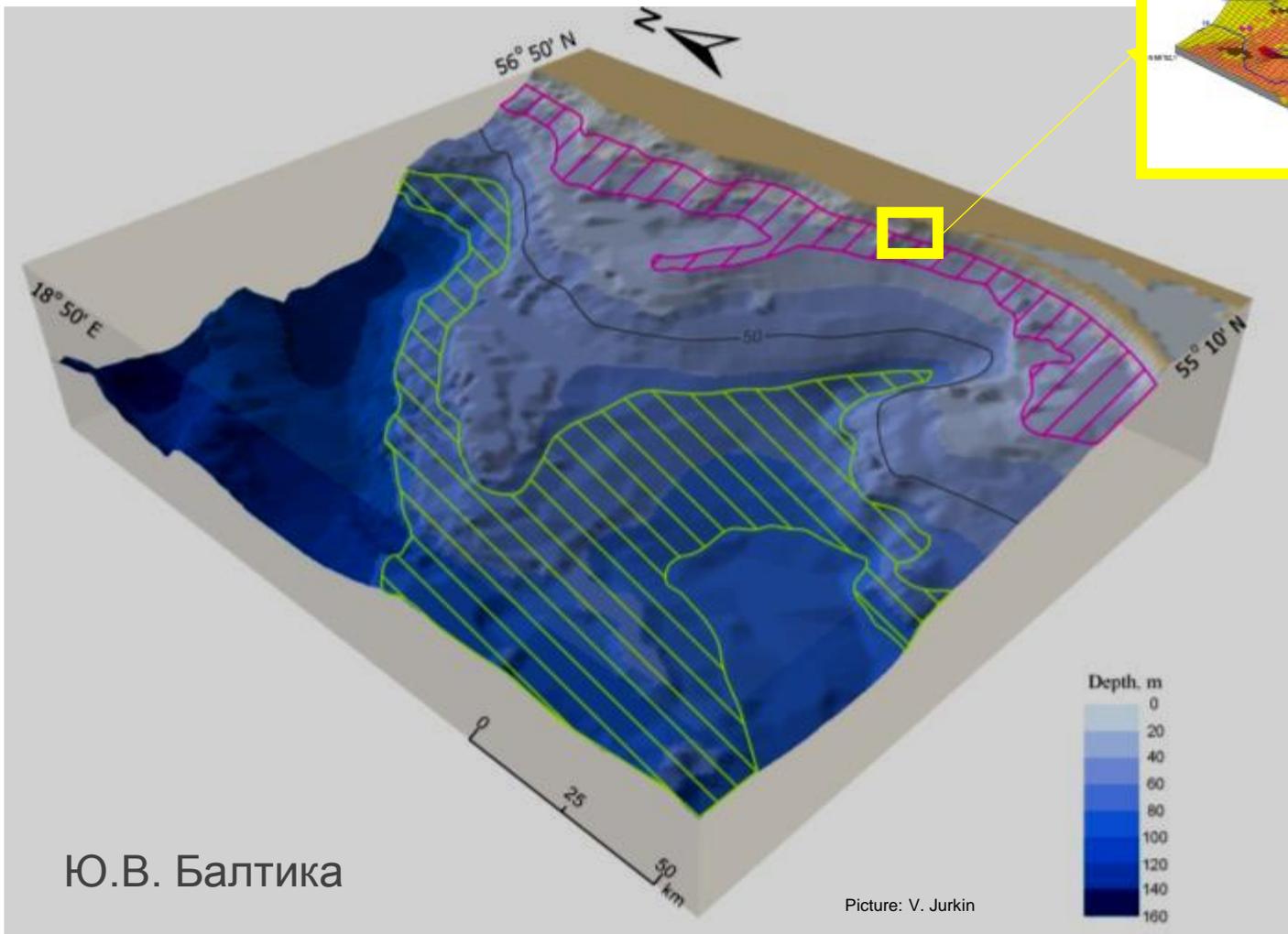


# Итоговая карта донных ландшафтов Балтийского моря

- Идентифицировано 60 морских донных ландшафтов на основе состава донных осадков, глубины фотического слоя и солёности
- Самый распространённый тип ландшафта (~14% площади дна): илистое дно с придонной солёностью 7,5 – 11 ‰).

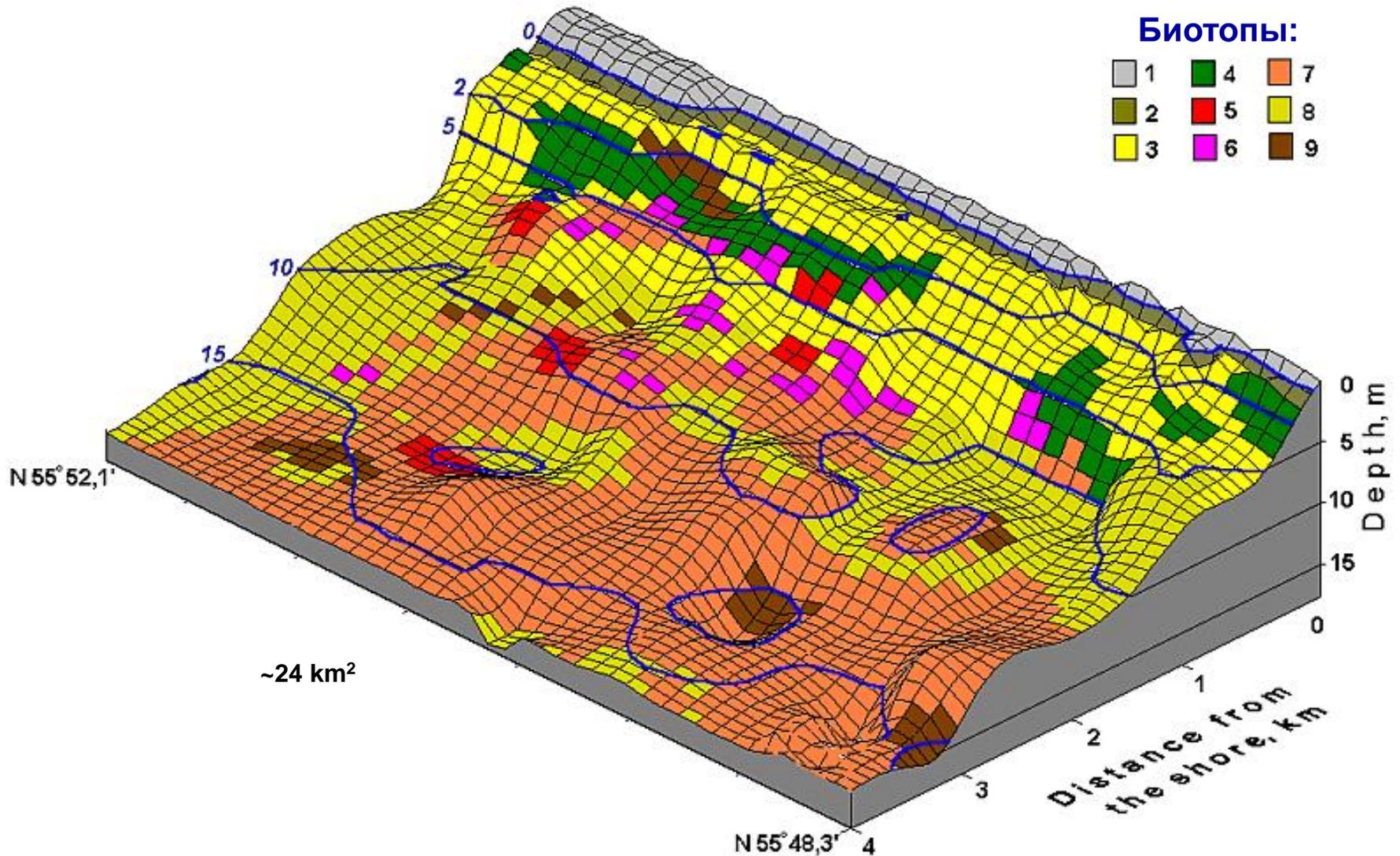


# Донные ландшафты > комплексы биотопов > биотопы



Комплекс биотопов

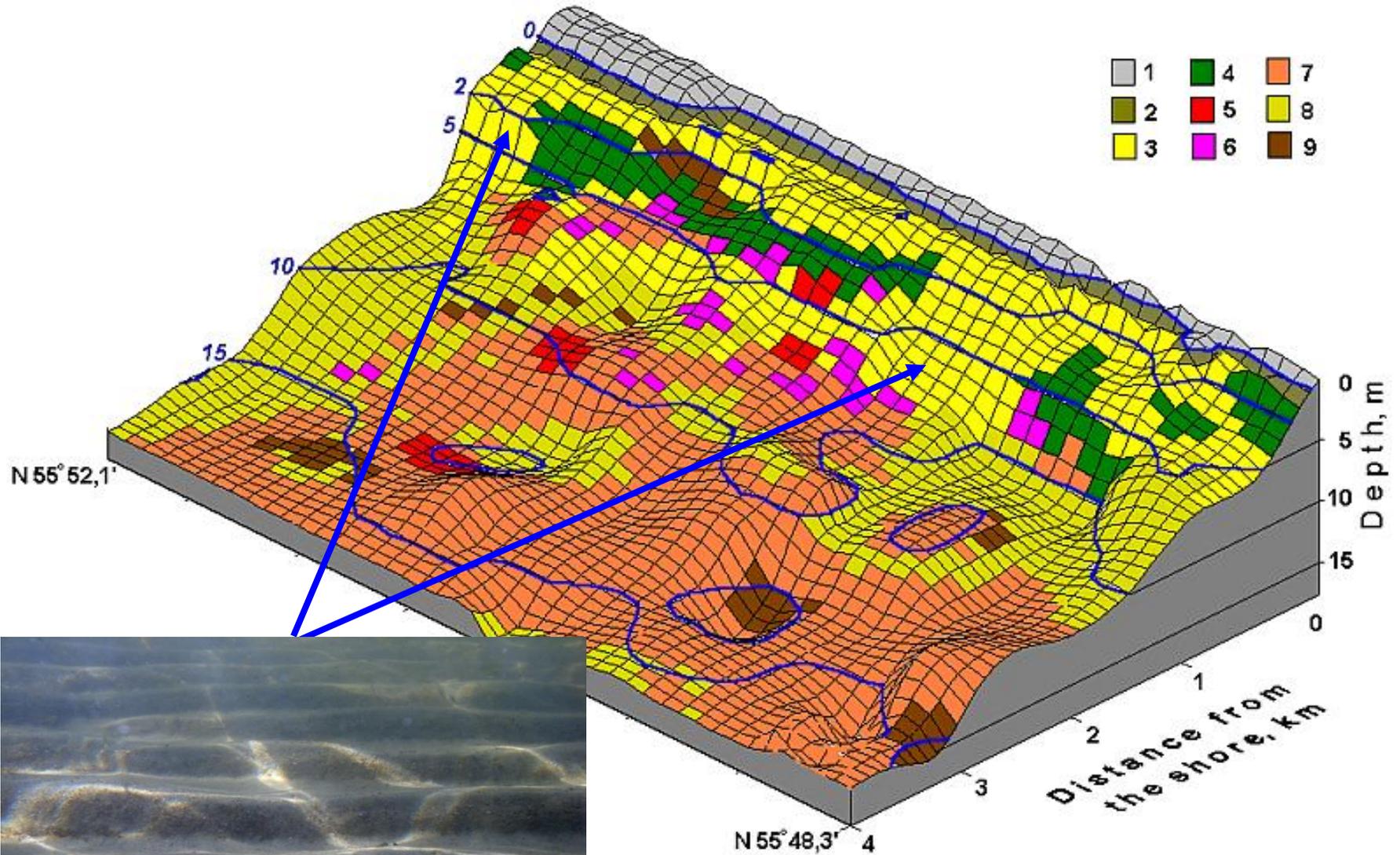
# Донный биотоп как «единица картирования»



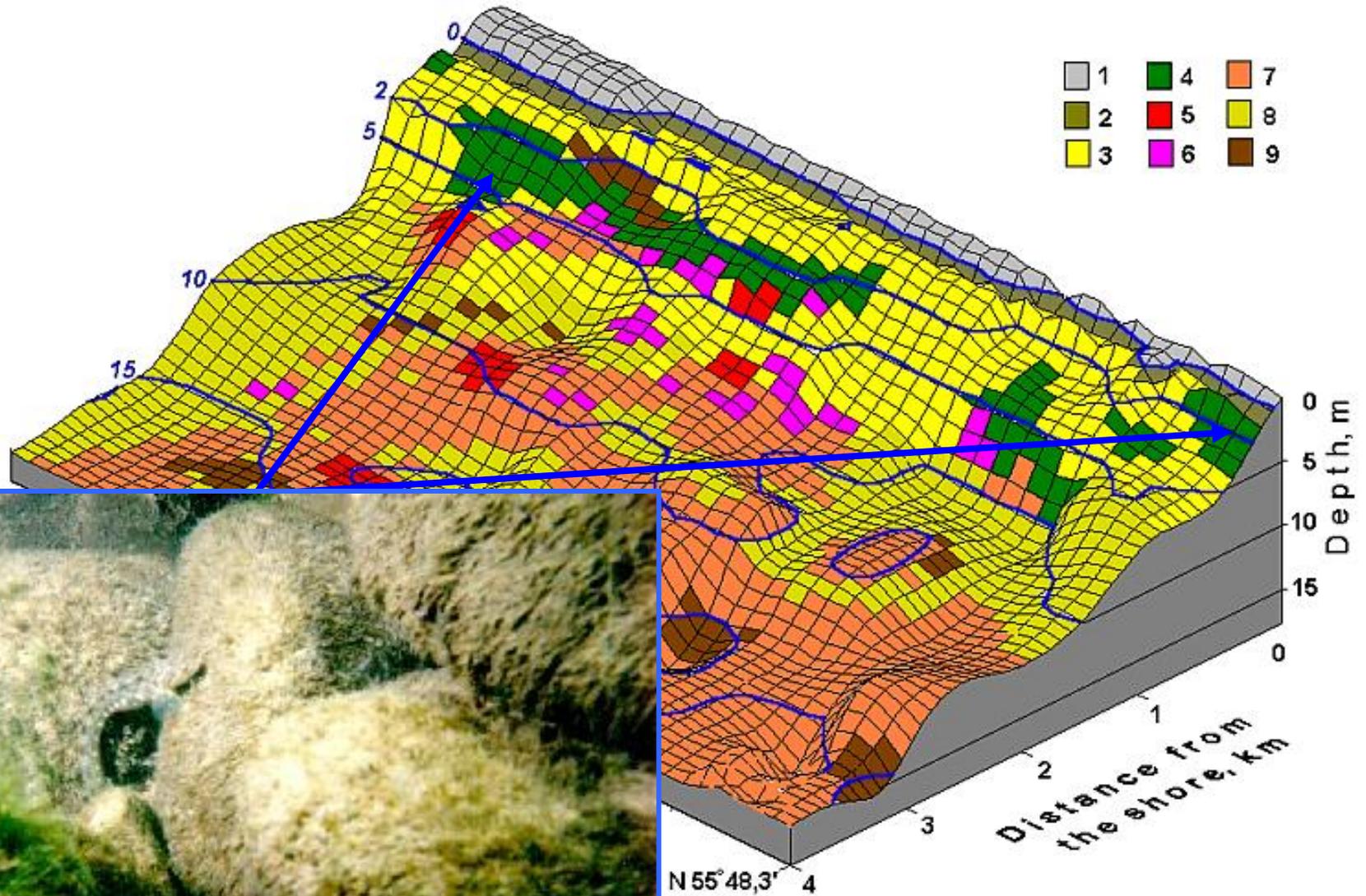
Комплекс биотопов верхней сублиторали побережья Литвы

Каждой ячейке присваивается определенный тип биотопа (здесь: ~ 400 x 400 м)

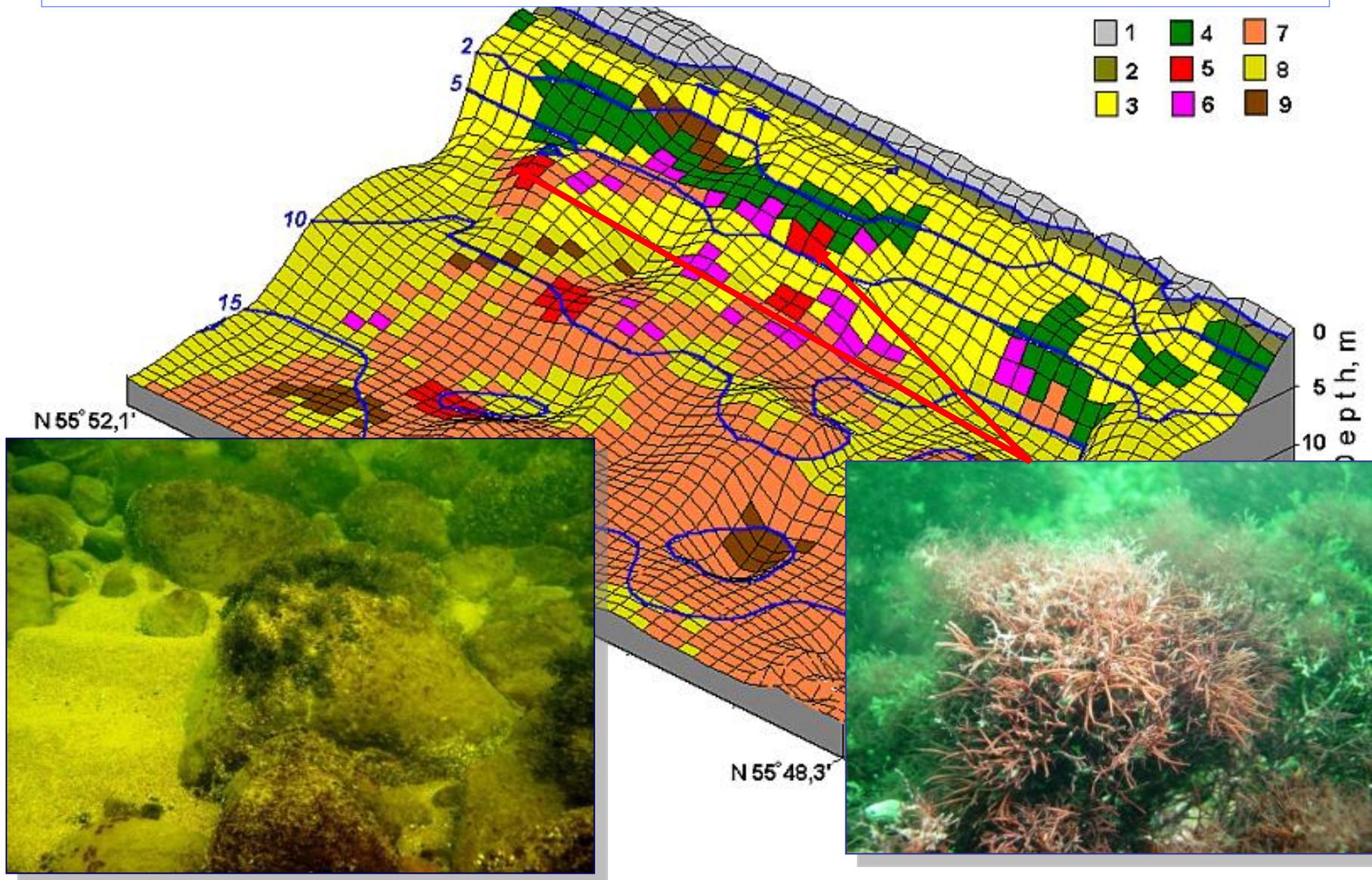
# Подвижные пески с закапывающимися бокоплавами и мизидами



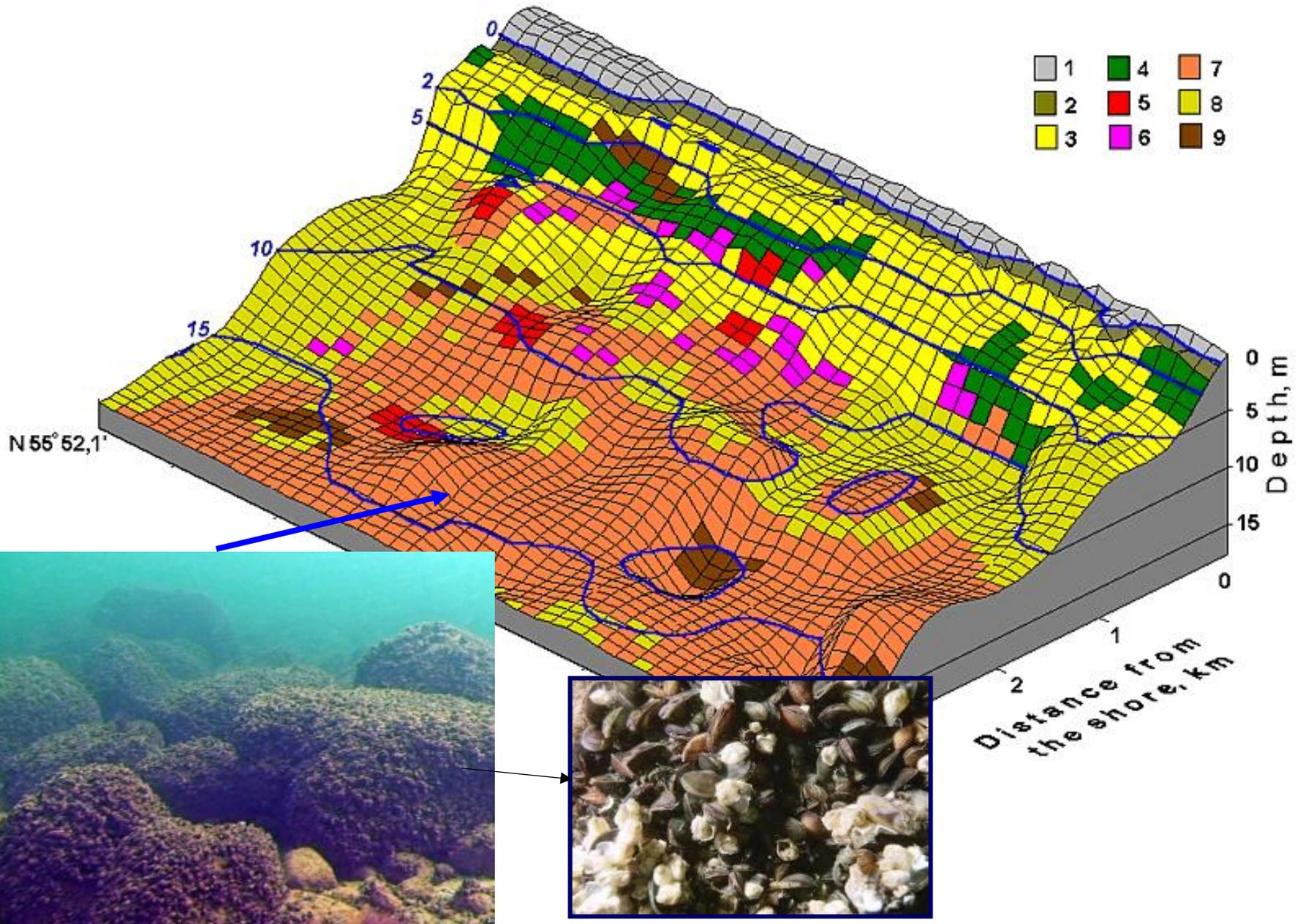
# Крупные валуны с нитчатыми зелеными и бурыми водорослями



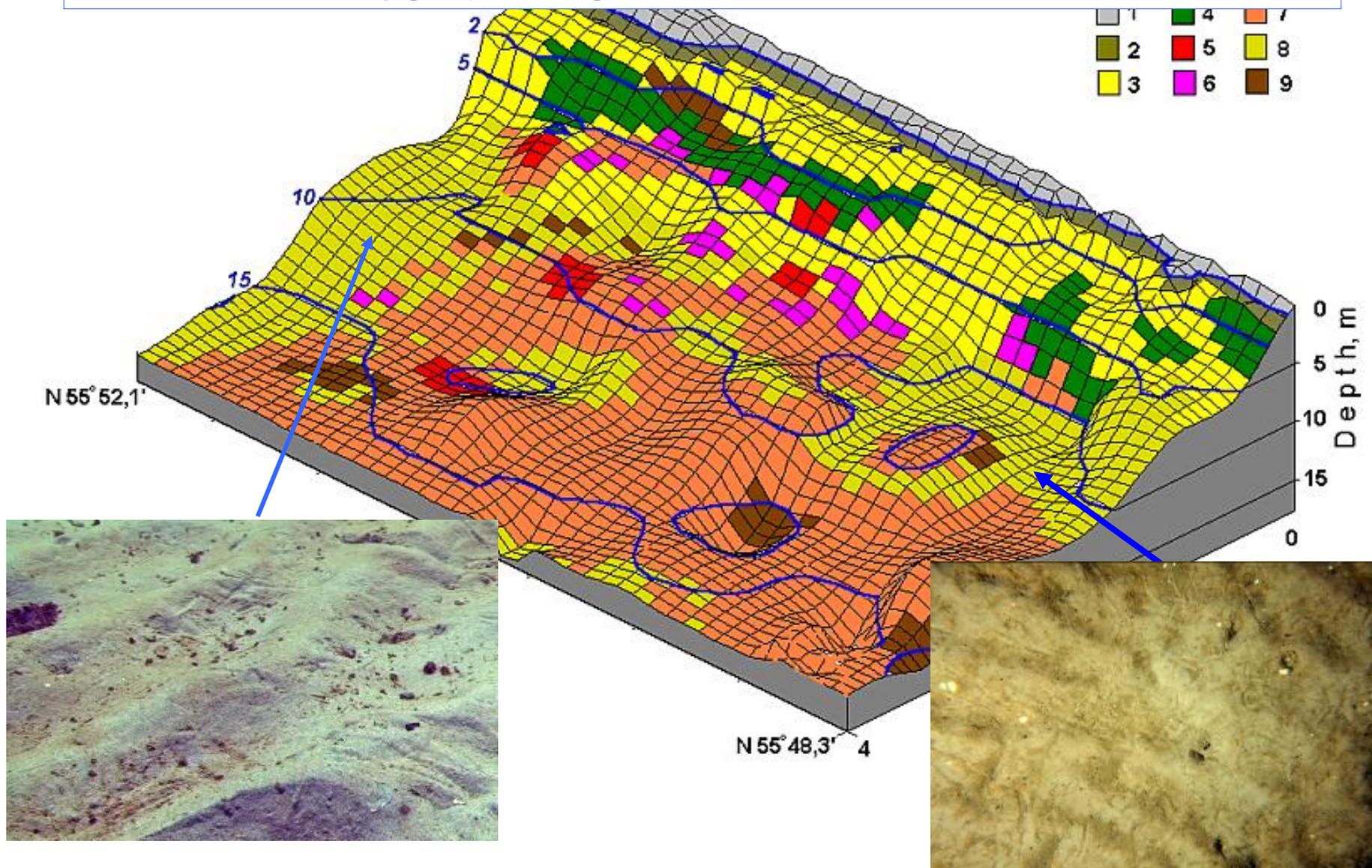
# Каменистое дно с зарослями красной водоросли *Furcellaria lumbricalis*



# Каменистое дно с мидией *Mytilus trossilus*



Мягкие грунты с двустворками *Macoma baltica* и полихетами *Pygospio elegans*, *Hediste diversicolor*



# Итак...

## Концепция «биотопа»

- Интегрирует абиотические (геологические, геофизические, океанографические) и биологические данные,
- Основана на понятии иерархии геосистем,
- Учитывает только абиотические свойства на уровне донных ландшафтов
  - » Основа – батиметрия, донные осадки и водные массы, «биология» не рассматривается
  - » В отличие от наземных ландшафтов, где за исключением крупных биогенных структур (напр. коралловых рифов), которые могут быть обнаружены средствами геофизической масштабной съемки.
- Полезна для фундаментальных и прикладных исследований.

Методы  
картирования и  
принципы  
классификации  
донных биотопов



# Картирование донных местообитаний

Графическое изображение расположения и величины местообитаний, отражающее четкие границы между соседними местообитаниями и выполненное с целью получения карты сплошного покрытия морского дна.

*Plotting the distribution and extent of habitats  
to create a map with complete coverage of the seabed  
showing distinct boundaries separating adjacent habitats  
(MESH 2008)*

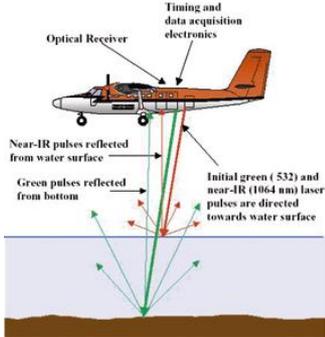
# Методы картирования донных местообитаний

Батиметрия

Осадки / субстрат

Съемка 1-ой  
стадии

**Лидар**



**Многолучевой сонар**



**Локатор  
бокового обзора**



Визуальный осмотр  
морского дна

Донные осадки,  
численность и вид.  
состав инфауны

Видовой состав  
эпифауны

ROV

AOV

Дночерпатель

Драга

Съемка 2-ой  
стадии

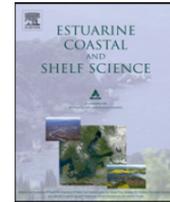




Contents lists available at ScienceDirect

## Estuarine, Coastal and Shelf Science

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ecss](http://www.elsevier.com/locate/ecss)



### Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques

Craig J. Brown<sup>a,b,\*</sup>, Stephen J. Smith<sup>a</sup>, Peter Lawton<sup>c</sup>, John T. Anderson<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Fisheries and Oceans Canada, Bedford Institute of Oceanography, PO Box 1006, Dartmouth, NS B2Y 4A2, Canada

<sup>b</sup> Canadian Hydrographic Service, Bedford Institute of Oceanography, PO Box 1006, Dartmouth, NS B2Y 4A2, Canada

<sup>c</sup> Fisheries and Oceans Canada, St. Andrews Biological Station, 531 Brandy Cove, St. Andrews, NB E5B 2L9, Canada

<sup>d</sup> Fisheries and Oceans Canada, Northwest Atlantic Fisheries Centre, PO Box 5667, St. John's, NF A1C 5X1, Canada

Акустика

Fisheries Research 154 (2014) 44–62



Contents lists available at ScienceDirect

## Fisheries Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/fishres](http://www.elsevier.com/locate/fishres)



Review

### Underwater video techniques for observing coastal marine biodiversity: A review of sixty years of publications (1952–2012)

Delphine Mallet<sup>a,b,\*</sup>, Dominique Pelletier<sup>a</sup>

<sup>a</sup> IFREMER, Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable en Nouvelle Calédonie (LEAD-NC), Nouméa, New Caledonia

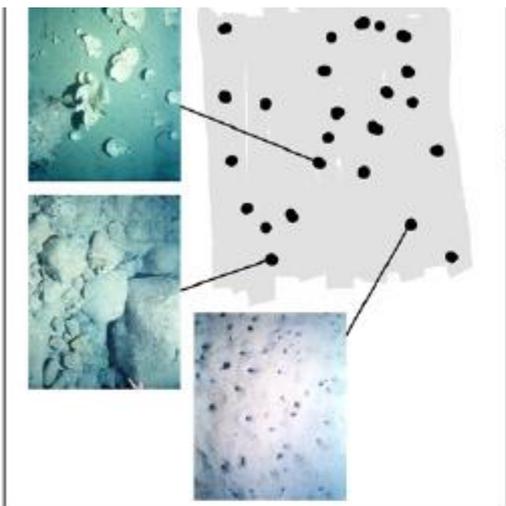
<sup>b</sup> EA 4243 LIVE, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, New Caledonia



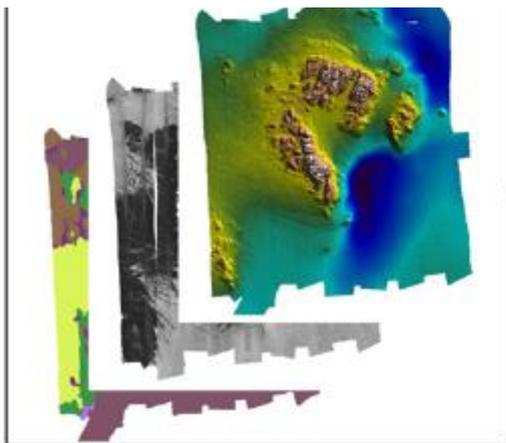
Видео

# Обобщенный способ производства карт донных местообитаний

Биологические пробы *in situ* (*ground-truthing*) с отд. станций

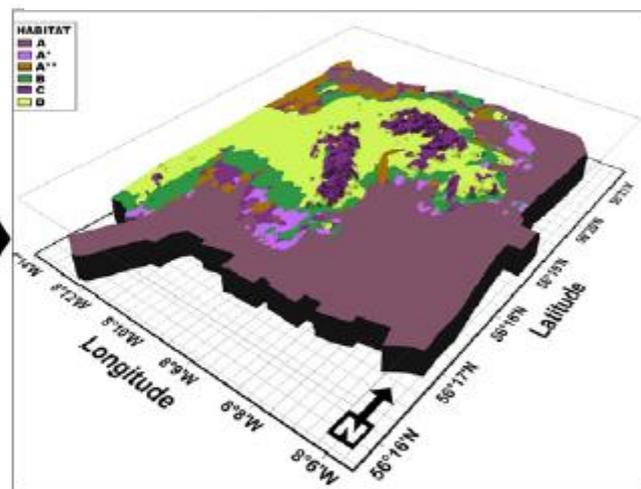


Слои физических данных – непрерывное покрытие (геоморфология, океанография)

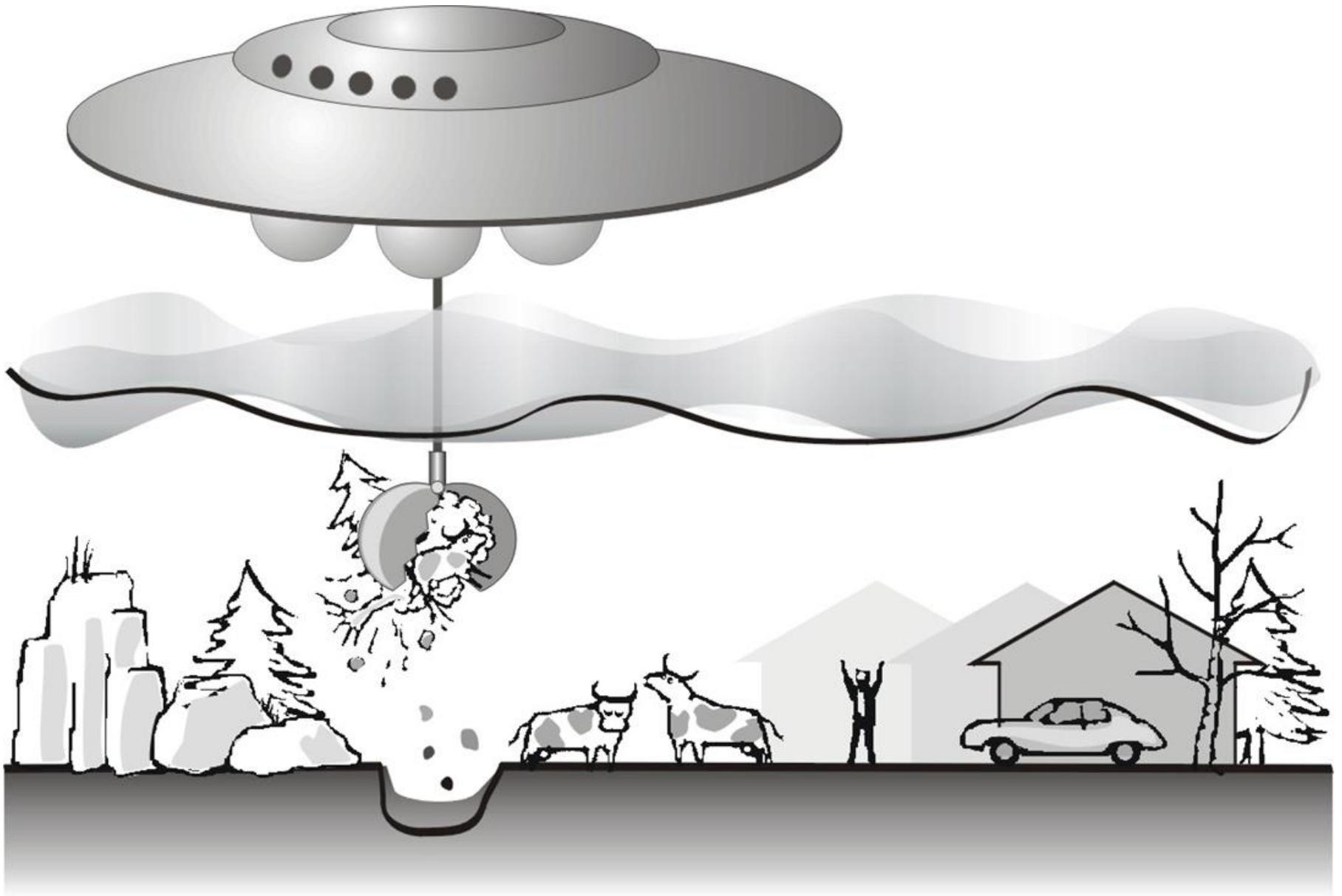


Пространственная интеграция наборов данных (интерпретация, анализ непрерывных физических слоев и включение биологических данных, моделирование)

Карта донных местообитаний



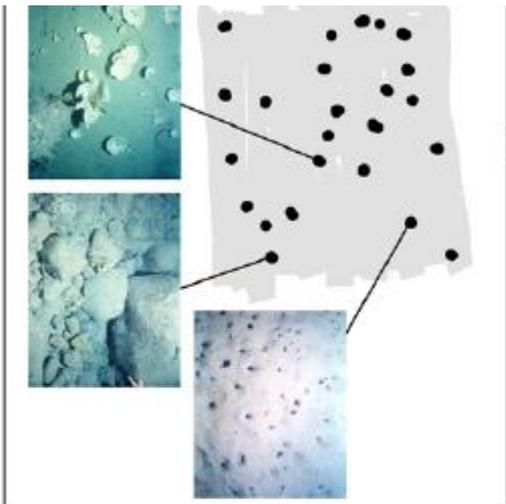
Brown, C. J., Smith, S. J., Lawton, P., C, John T. Anderson, J. T. 2011. Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92: 502-520



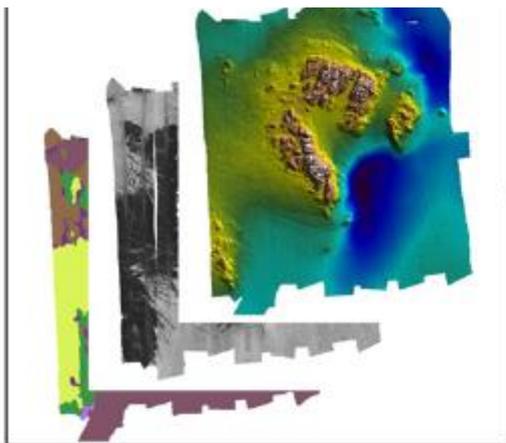
*Picture: J.-M. Weslawski*

# Обобщенный способ производства карт донных местообитаний

Биологические пробы *in situ* (*ground-truthing*) с отд. станций

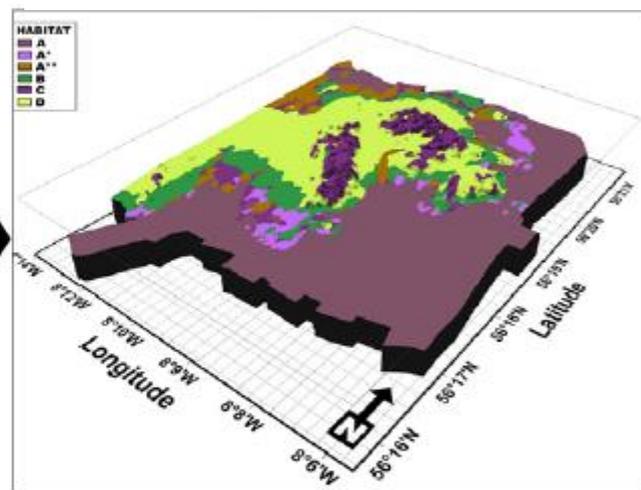


Слои физических данных – непрерывное покрытие (геоморфология, океанография)



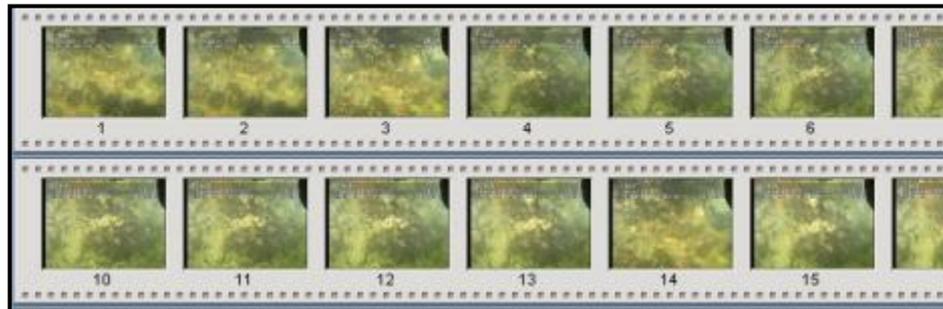
Пространственная интеграция наборов данных (интерпретация, анализ непрерывных физических слоев и включение биологических данных, моделирование)

Карта донных местообитаний



Brown, C. J., Smith, S. J., Lawton, P., C, John T. Anderson, J. T. 2011. Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 92: 502-520

# Подводная видеосъемка: как получить количественные данные?



# Физические признаки биотопа

Тип субстрата

- Неоднородность субстрата
- Структурная сложность
- Уклон дна



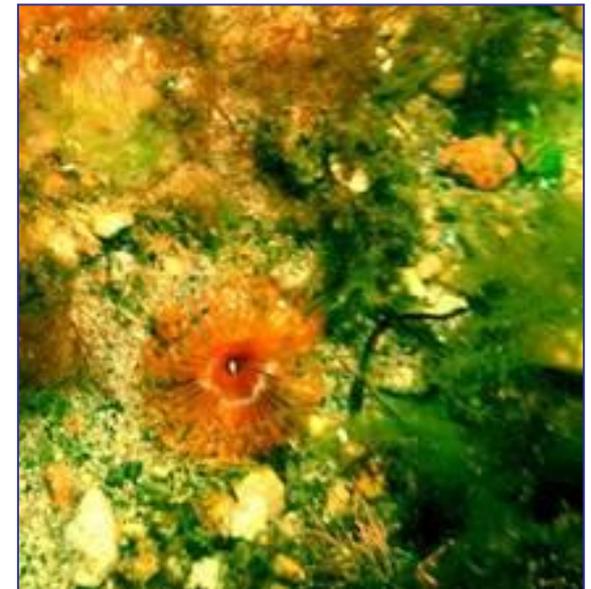
# Биологические признаки биотопа: твердое дно

## Макрофиты

(отдельные растения или густые заросли),

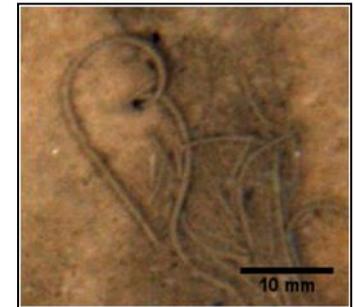
## Сидячие или

малоподвижные животные  
(отдельные организмы или колонии)



# Биологические признаки биотопа: мягкое дно

- Заросли морских трав (*Posidonia*, *Zostera*)
- Следы присутствия ЖИВОТНЫХ (отверстия сифонов, раковины, песчаные домики-трубки)
- Мегафауна



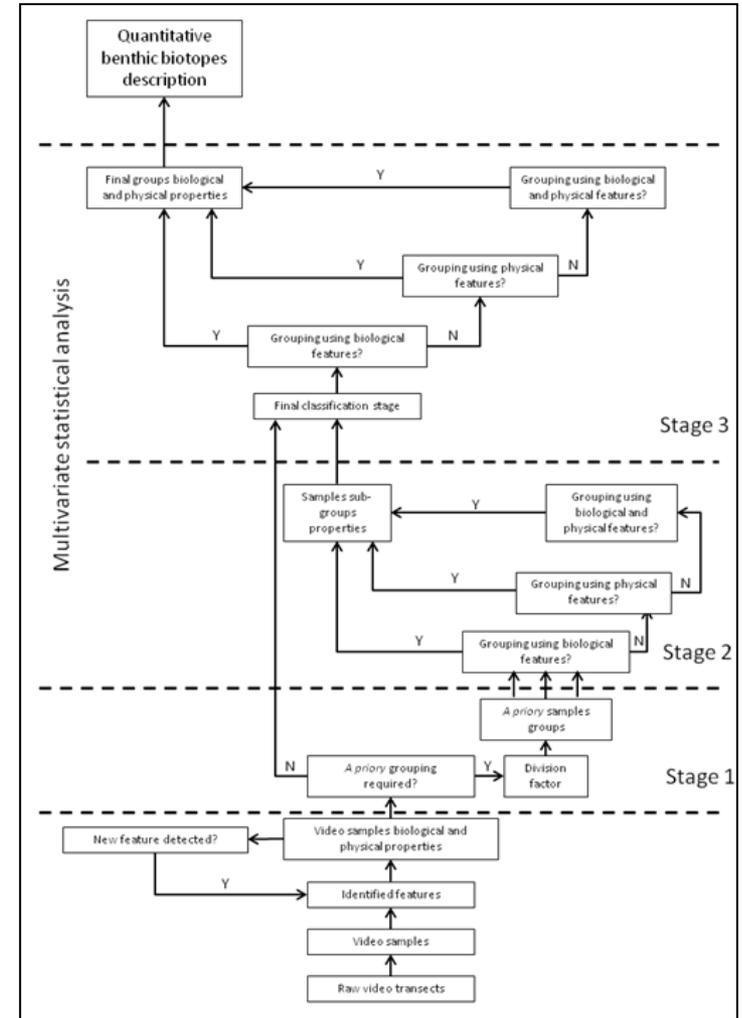
# Количественная идентификация донных биотопов

по данным анализа подводных видео-материалов

**III. Количественное описание и инвентаризация донных биотопов**

**II. Многомерные статистические методы - иерархический кластерный анализ и многомерное шкалирование (MDS)**

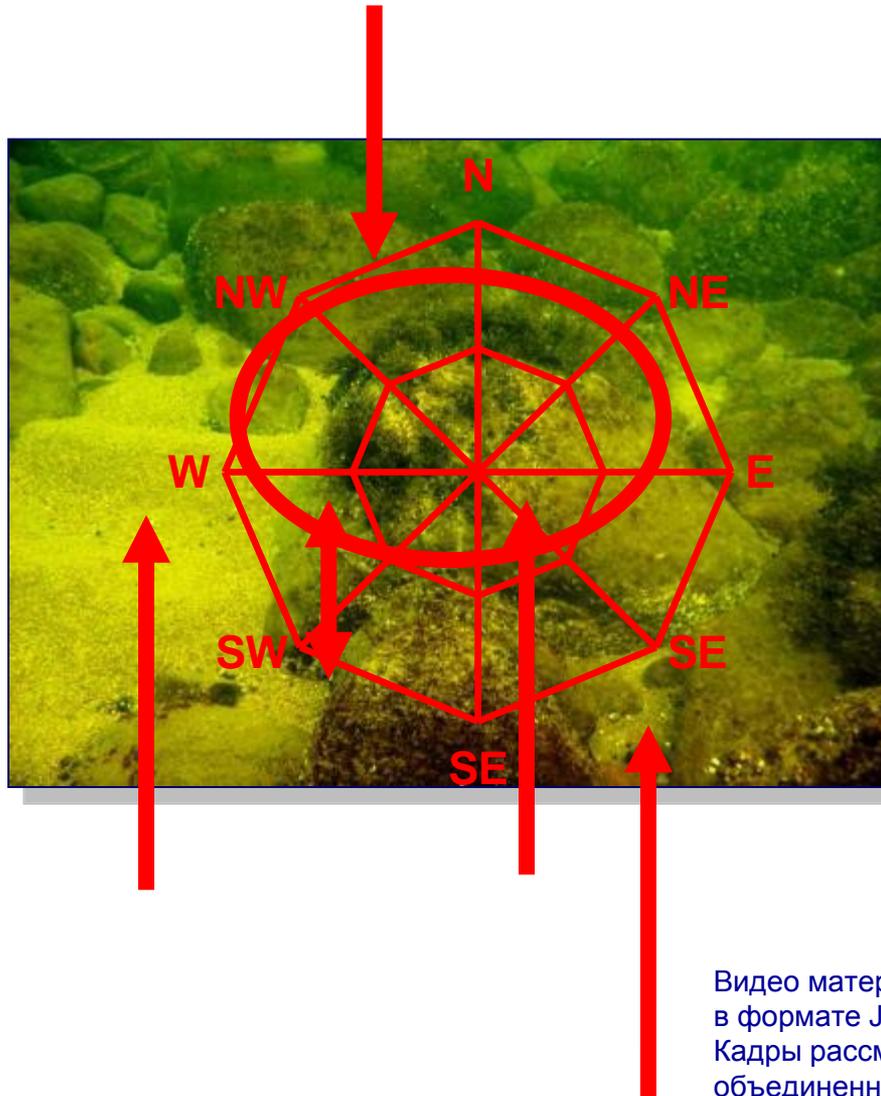
**I. Первичный анализ видео-материалов, выделение поддающихся количественному учету физ. и биол. признаков, стандартизация признаков**



(Šaškov, Olenin, in prep.)

# «Ручной» анализ подводного видео

(Получение количественных данных для оценки местообитаний красной водоросли фурцеллярии на открытом побережье Балтики)



1. **Тип субстрата, к которому прикреплена фурцеллярия**  
(галька, маленькие или большие валуны)
  2. **Окружающие донные осадки**  
(подвижный песок или стабильный грунт, т.е. валуны)
  3. **Покрытие фурцеллярии на субстрате (%)**
  4. **Минимальное расстояние между дном и прикрепленной фурцеллярией на субстрате**
  5. **Сторона света, с которой прикреплена к субстрату фурцеллярия**
- ... и т.д. – до 10 количественных признаков

Видео материал, отснятый в формате AVI, сегментирован на отдельные кадры в формате JPEG (с использованием программного обеспечения VirtualDub). Кадры рассматриваются как случайные выборки (иногда – несколько объединенных кадров).

# Закономерности обрастаний фурцеллярии: результаты дистанционной видео-съемки

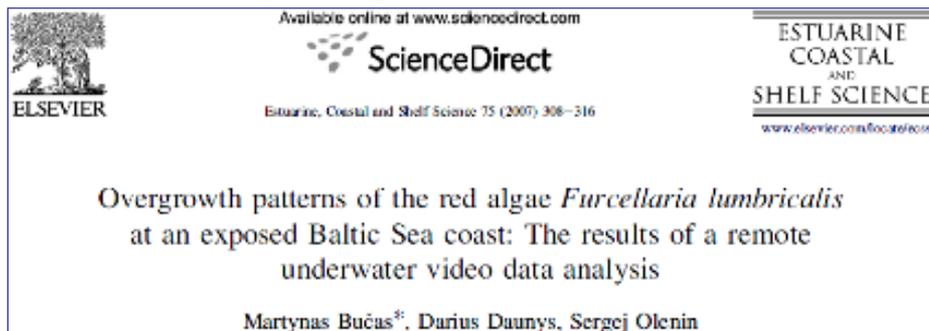


Table 1  
List of parameters derived from the video analysis

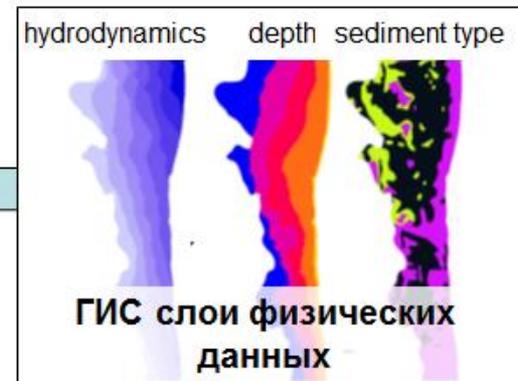
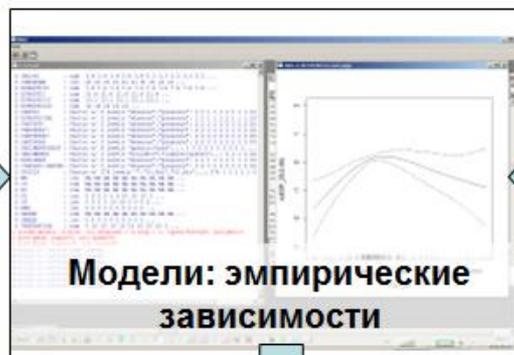
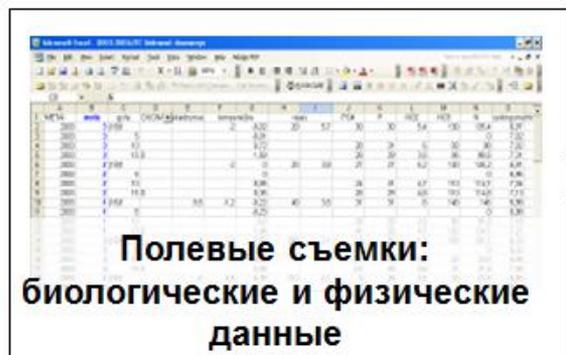
**Выборка по разным параметрам: от 672 до 1025 проб**

**Результат – установлены определяющие факторы:**

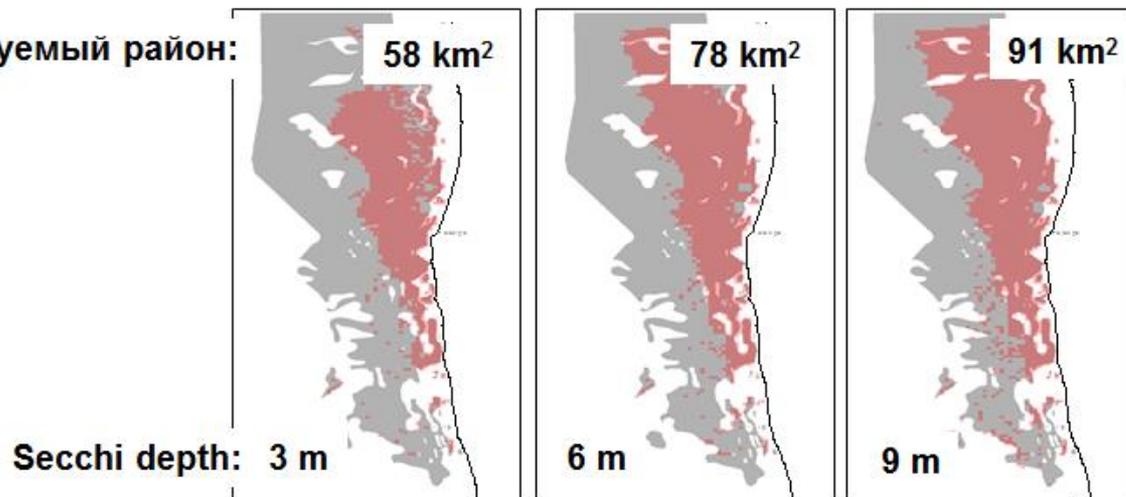
- В масштабе  $1-10^2$  м – подвижность окружающих субстрат донных осадков и частота штормов разных направлений (по розе ветров);
- В масштабе  $10^3-10^4$  – глубина и тип субстрата

Minimum distance between the seabed and nodrast of <i>F. lumbricalis</i> on substrate (MDSF)	Measured perpendicularly from the seabed to a lowest attached nodrast of algae on substrate; cm	1025
Cover of <i>F. lumbricalis</i> on substrate surfaces of different orientation (CFSDO)	The cover measured on the surfaces of substrates divided by the four cardinal and four half-cardinal points of the compass: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW; same units as in the CFS	672

# Прогностическое моделирование биотопа «Каменистое дно с зарослями красной водоросли *Furcellaria lumbricalis*»



Прогнозируемый район:



Распространение красной водоросли *F. lumbricalis* при  
разной прозрачности воды (глубина диска Секки, м)

# Сравнение ручного и полуавтоматического методов анализа подводной видео съемки

Hydrobiologia  
DOI 10.1007/s10750-014-2072-5

OFFSHORE WIND FARM IMPACTS

**Comparison of manual and semi-automatic underwater imagery analyses for monitoring of benthic hard-bottom organisms at offshore renewable energy installations**

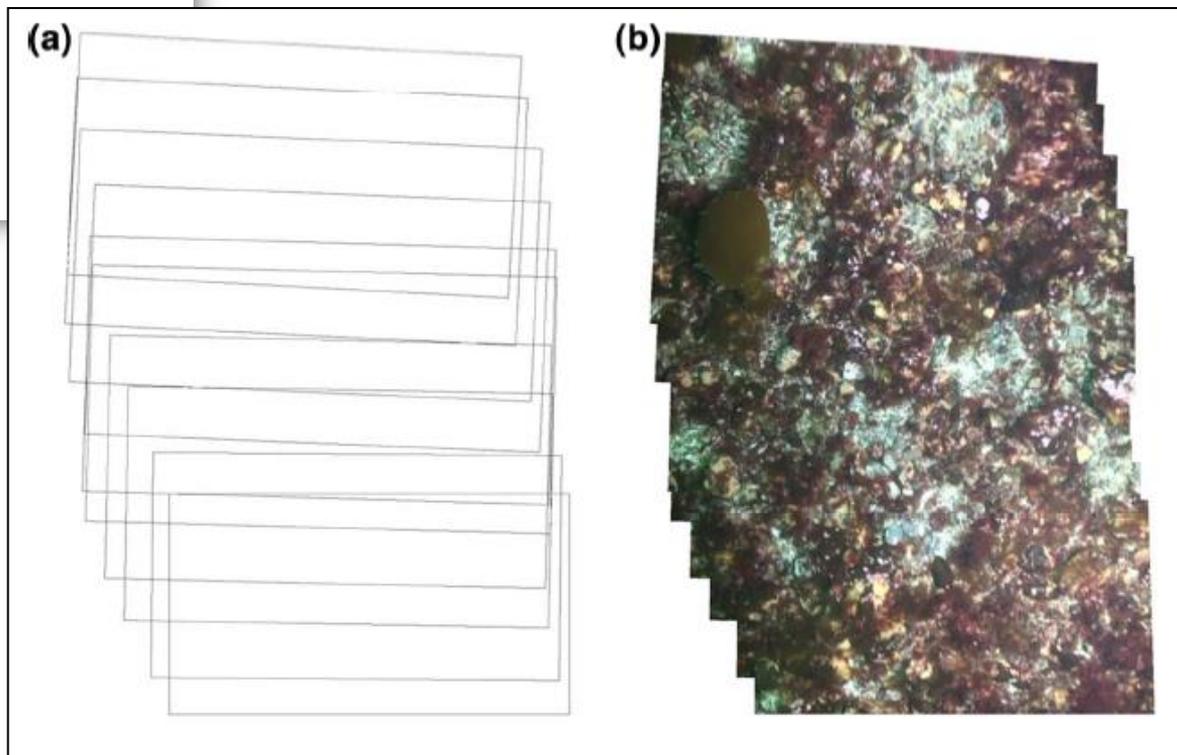
Aleksej Šaškov · Thomas G. Dahlgren ·  
Yuri Rzhanov · Marie-Lise Schläppy

Received: 12 March 2014 / Revised: 18 September 2014 / Accepted: 4 October 2014  
© Springer International Publishing Switzerland 2014

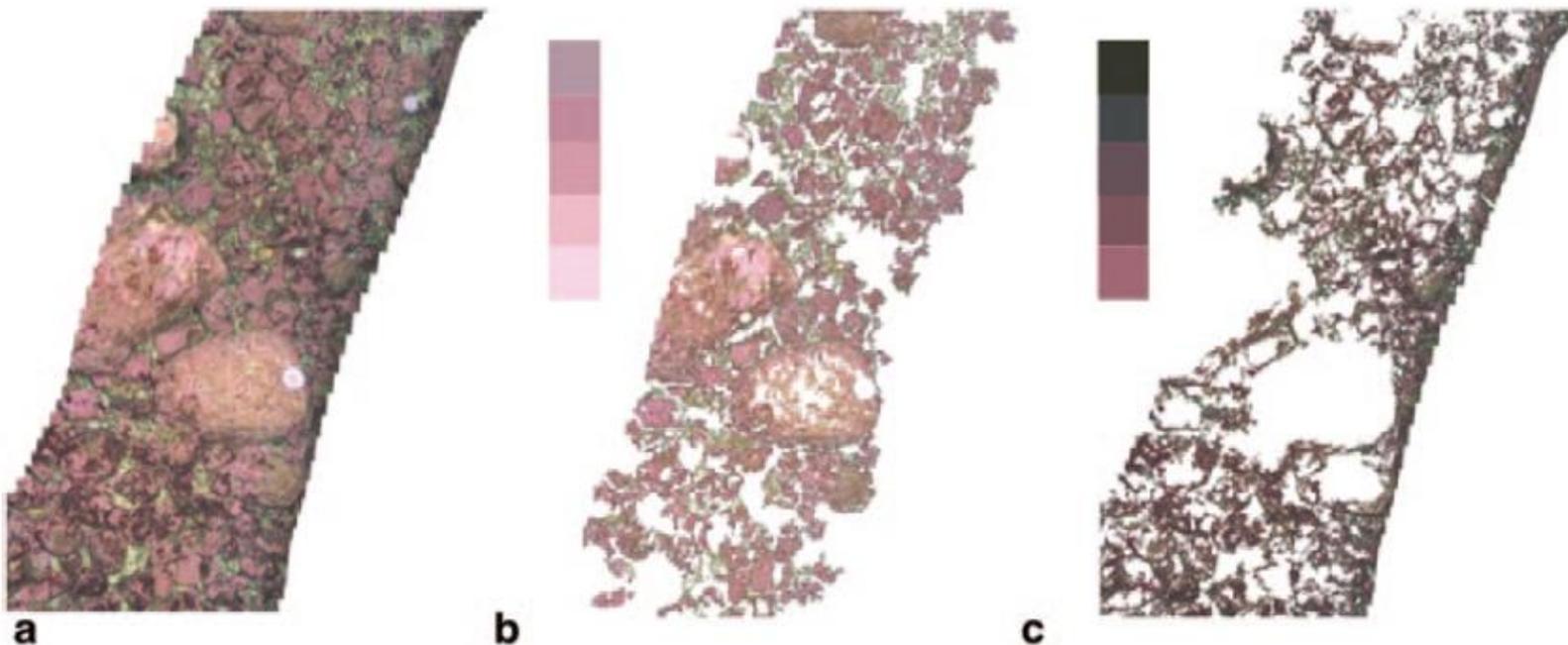
**Метод:**

Rzhanov Y., Mayer L., Fornari D. 2004.  
Deep-sea image processing. Proc.  
Oceans'04, Kobe, 647–652

(a) Контуры перекрывающихся видео-кадров  
(b) полученная в результате наложения кадров видео-мозаика



# Полуавтоматический анализ подводных видео-материалов



Пример использования донной видео-мозаики (побережье Норвежского моря):  
площадь покрытия определяется как пропорция пикселей установленных цветов.

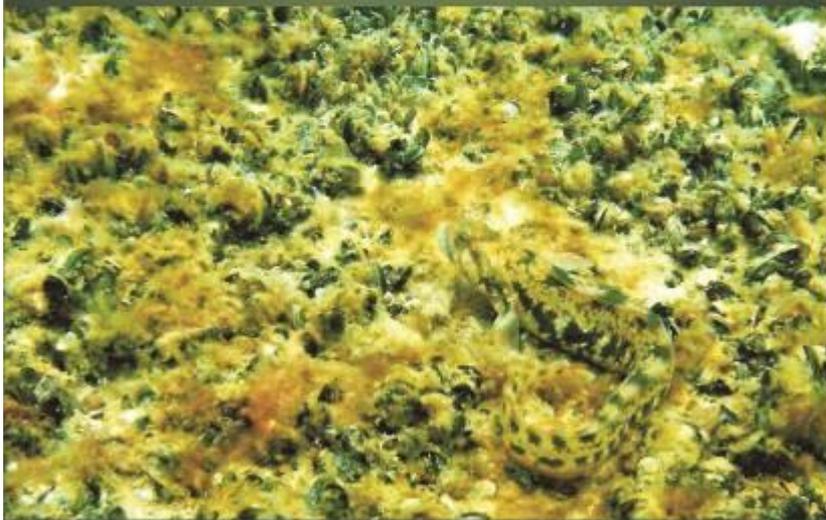
- a) Первоначальная мозаика,
- b) Определение площади покрытия признака “b” (*Lithothamnion*),
- c) Определение площади покрытия признака “c” (корковые водоросли)

# Каталог донных местообитаний

Estonian Marine Institute Report Series No.

## Benthic marine habitats of the eastern Baltic Sea

Georg Martin, Tiia Möller, Jonne Kotta, Darius Daunys, Vadims Jermakovs, Martynas Bucas, Andrius Siaulyš, Aleksej Saskov, Juris Aigars



Tallinn 2010

### Exposed hard bottoms with *Furcellaria lumbricalis*

<p><b>Name:</b> Exposed hard bottoms with <i>Furcellaria lumbricalis</i></p>	<p><b>Characterising features:</b> <i>F. lumbricalis</i>, <i>Mytilus trossulus</i></p>
<p><b>Figure 1:</b> Habitat forming red macroalgae <i>F. lumbricalis</i> in the eastern Baltic.</p> 	<p><b>Figure 2:</b> Small-scale fragmentation of exposed hard bottoms with <i>F. lumbricalis</i>.</p> 
<p><b>Description of the habitat:</b> The habitat comprises fields of stones and boulders colonised by blue mussels <i>Mytilus trossulus</i> and red algae <i>F. lumbricalis</i>. ...</p>	
<p><b>Functions:</b> The habitat is characterised by relatively high benthic primary production and supports high macro-invertebrate species diversity in exposed waters. ...</p>	
<p><b>Conservation value:</b> The habitat is one of the most valuable along the exposed eastern Baltic Sea coast and belongs to the reef habitat type (1170) included in the Habitat Directive Annex I list. ...</p>	
<p><b>Species list (algae and plants):</b>          1. <i>Ceramium siliquosum</i>          2. <i>Ceramium tenuicorne</i>          ...          19. <i>Sphacelaria plumigera</i></p>	<p><b>Species list (invertebrates):</b>          1. <i>Balanus improvisus</i>          2. <i>Bathyporeia pilosa</i>          ...          25. <i>Theodoxus fluviatilis</i></p>
<p><b>References:</b>          Bučas, M., Daunys, D. &amp; Olenin, S. 2007. Overgrowth ... Est. Coast. Shelf Sci. 75: 308–316</p>	

# Европейская информационная система природы EUNIS (European Nature Information System)

European Environment Agency  [<eunis.eea.europa.eu>](http://eunis.eea.europa.eu)  [Advanced](#)

- A : Marine habitats
  - A5 : Sublittoral sediment
    - A5.1 : Sublittoral coarse sediment
    - A5.2 : Sublittoral sand
    - A5.3 : Sublittoral mud
    - A5.4 : Sublittoral mixed sediment
    - A5.5 : Sublittoral macroalgae
      - A5.51 : Maerl
      - A5.52 : Kelp and other brown algae
        - A5.521 : Shallow kelp community
        - A5.5211 : Shallow kelp community on gravel and pebbles
        - A5.52111 : Shallow kelp community on gravel and pebbles with *Laminaria saccharina* and robust red algae
        - A5.521111 : Shallow kelp community on gravel and pebbles with *Laminaria saccharina* and robust red algae on infralittoral gravel and pebble

**English name: *Laminaria saccharina* and robust red algae on infralittoral gravel and pebble**

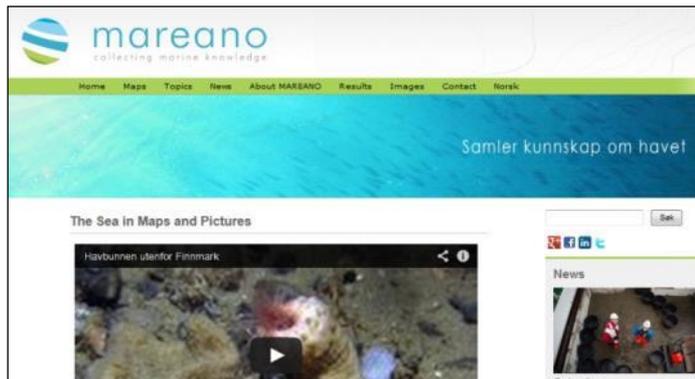
**Description (English)**

Shallow kelp community found on gravel and gravelly sand in slightly less exposed areas than A5.5211 but in moderately strong tidal currents, and characterised by occasional *Laminaria saccharina* with an undergrowth of robust red seaweeds. Characteristic red seaweeds, as with A5.5211, include *Plocamium cartilagineum*, *Halarachnion ligulatum* and *Brongniartella byssoides*; however the greater stability of this biotope allows a slightly more diverse range of red seaweeds to become established including *Polyides rotundus*, *Rhodophyllis divaricata*, *Delesseria sanguinea* and *Nitophyllum punctatum*. Coralline encrusting algae may be found covering the larger pebbles. *Laminaria hyperborea* may also be present within this biotope, although at low densities. Other brown algal species present include *Desmarestia* spp., *Dictyota dichotoma* and *Chorda filum*, all at low abundance. The ubiquitous green seaweed *Ulva* sp. may be found attached to larger pebbles.

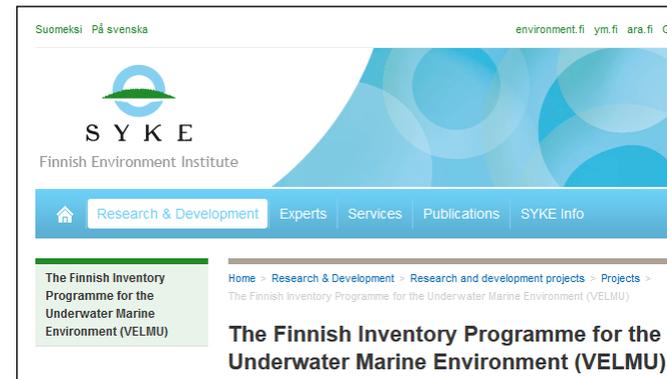
Иерархическая 5-и  
уровневая система

# Примеры программ широкомасштабного картирования донных местообитаний в Европе

**MAREANO  
(Norway)**



**VELMU  
(Finland)**



**INFOMAR  
(Ireland)**



**DENOFLIT  
(Lithuania)**



# Итак...

## Картирование донных местообитаний

- Съёмка 1-ой стадии (батиметрия, осадки, гидрология)
- Съёмка 2-ой стадии (биология)
- Подводное видео может быть использовано для получения количественных данных

# Использование карт донных биотопов

***Map It Once, Use It Many Times***

**(Картируй один раз, используй много раз)**

A House Bill called “*Map It Once, Use It Many Times*” submitted into USA congress in April 17, 2013 by Congressman Doug Lamborn



# Биотопы как функциональные единицы морских прибрежных экосистем

- **Физические условия местообитания**

(донные отложения, гидродинамика, соленость, кислород, температура, световой режим, питательные вещества)

определяют состав и обилие видов, то есть «разрешают» присутствие одних видов и "ограничивают" (или "запрещают"), присутствие других.

- **Функциональный анализ свойств вида**

(способность модифицировать донные осадки в результате биотурбации, способ питания, жизненная форма...)

позволяет преобразовывать матрицы обилия видов (или функциональных групп, гильдий) в матрицы функциональных свойств биотопа.

- **Ключевые вопросы:**

1. Какие виды (функциональные группы) присутствуют в биотопе?
2. Какова их численность / биомасса?
3. Какие функции они выполняют?

# Разнообразие функций биотопов

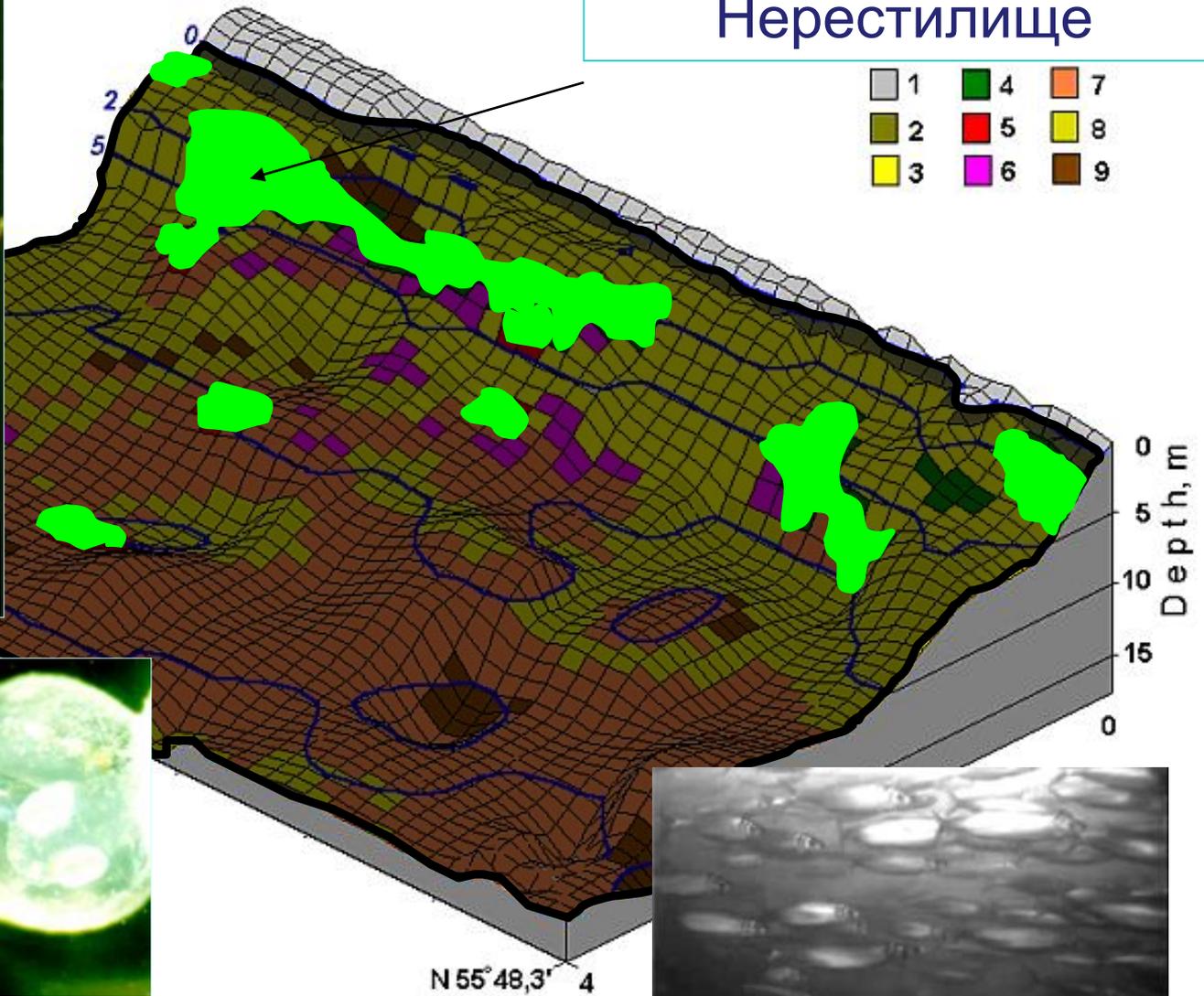
Биотопы		Функции			
		Нерестилище	Место нагула рыб	Убежище для малька	Поддержка высокого биоразнообразия
Stony bottoms with <i>Furcellaria</i>		2	1	2	2
Stony bottoms with <i>Mytilus</i>		0	2	1	2
Mobil sands with <i>Bathyporeia</i>		0	1	1	0
Soft bottoms in aphotic zone		0	2	0	1

0 – отсутствует, 1 – незначительна, 2 - важна

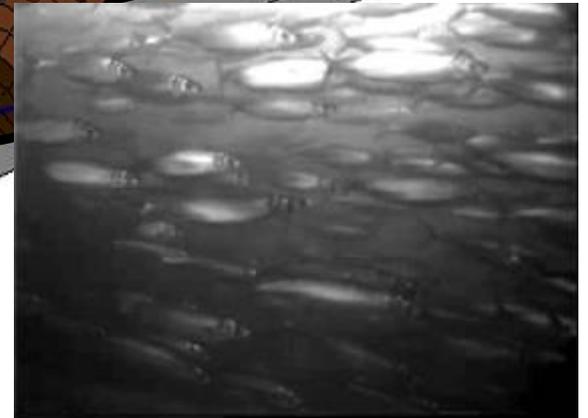
# Нерестилище



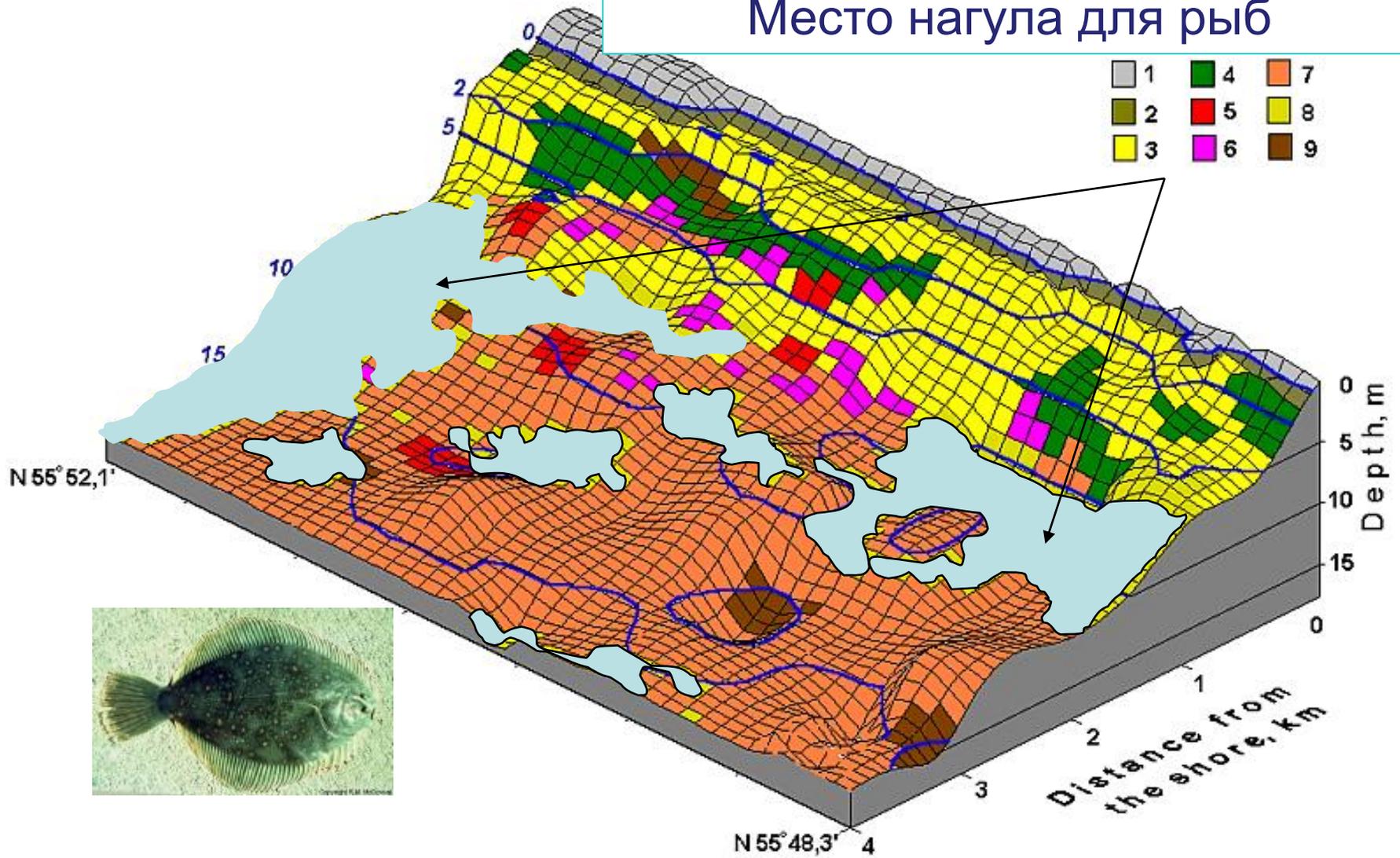
A twig of *Furcellaria* with the herring eggs



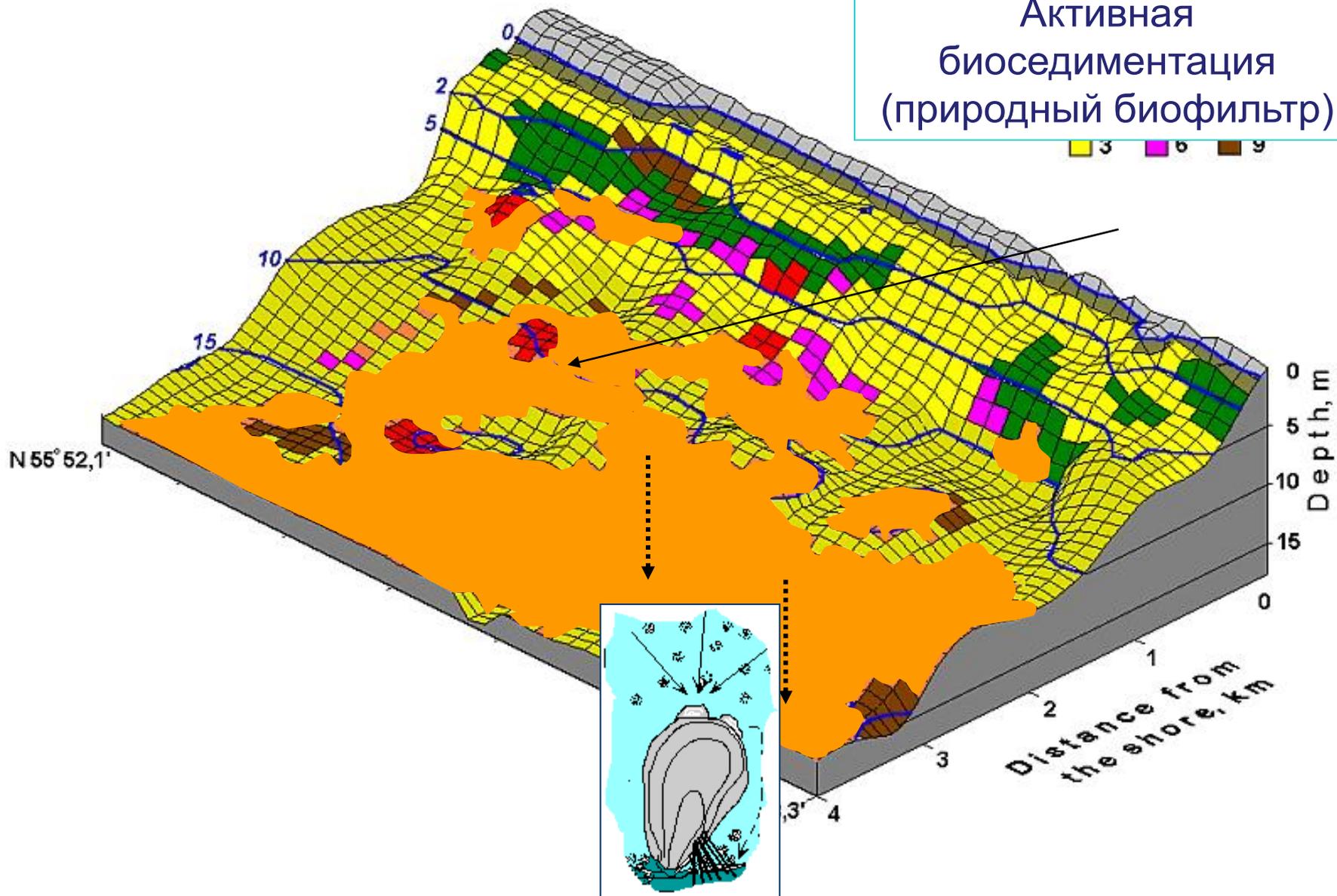
An embryo of the Baltic herring: its life begins in dense canopies of the benthic algae



# Место нагула для рыб



Активная  
биоседиментация  
(природный биофильтр)



# Оценка чувствительности биотопов

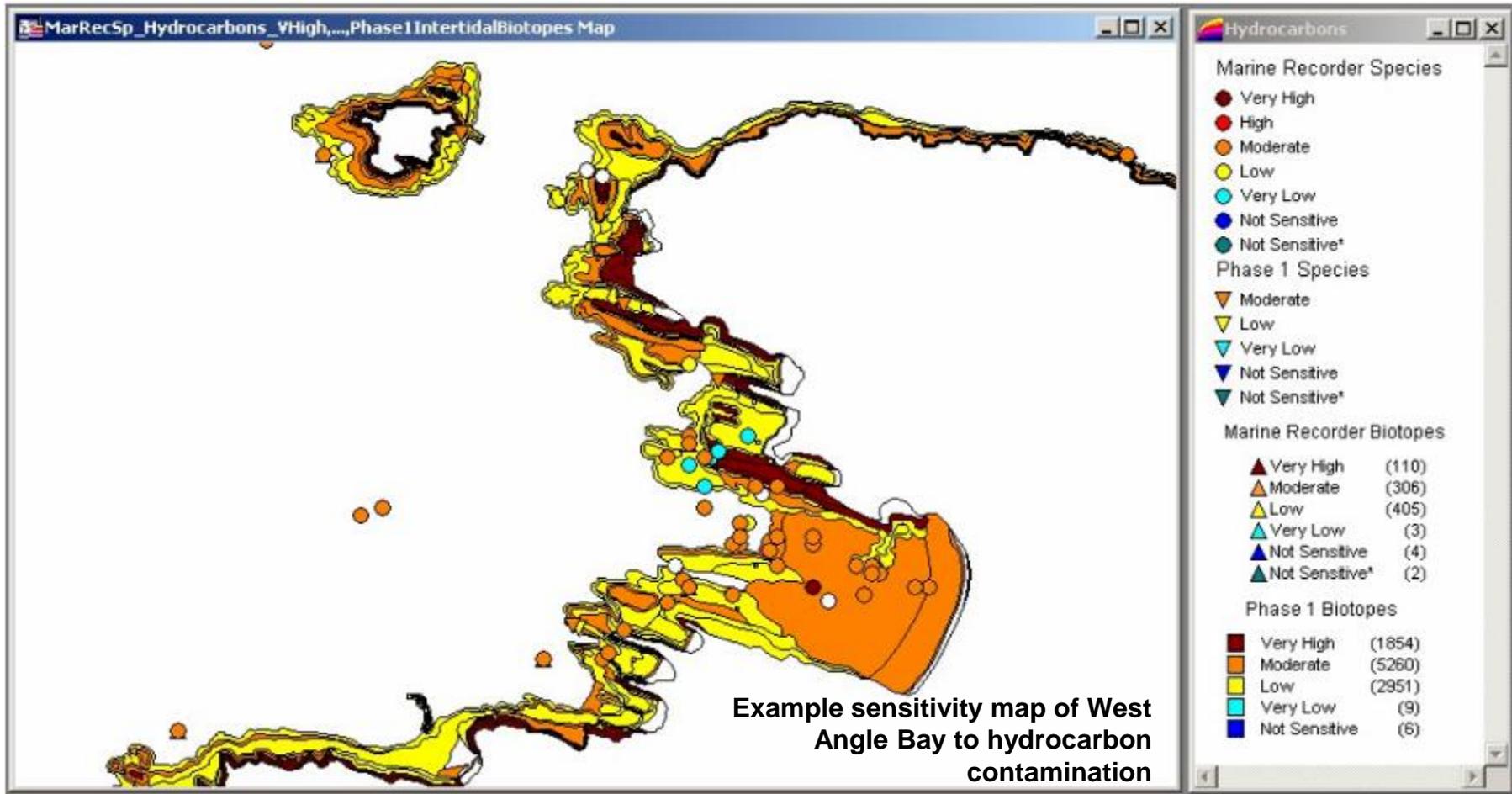


		Recoverability		Восстанавливаемость				
		None	Very low (>25 yr.)	Low (>10-25 yr.)	Moderate (>5-10 yr.)	High (1-5 yr.)	Very high (<1 yr.)	Immediate (<1 week)
Intolerance	High	<i>Very high</i>	<i>Very high</i>	<i>High</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Very low</i>
	Intermediate	<i>Very high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Very Low</i>
	Low	<i>High</i>	<i>Moderate</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Very Low</i>	<i>NS</i>
	Tolerant	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
	Tolerant*	<i>NS*</i>	<i>NS*</i>	<i>NS*</i>	<i>NS*</i>	<i>NS*</i>	<i>NS*</i>	<i>NS*</i>
	Not relevant	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

**Уязвимость  
(несовместимость)**

Hiscock, K. & Tyler-Walters, H., 2006. Assessing the sensitivity of seabed species and biotopes - the Marine Life Information Network (MarLIN). *Hydrobiologia*, 555, 309-320

# Карта чувствительности биотопов к воздействию нефтяного загрязнения



(Tyler-Walters & Lear 2004)

# Изменение местообитания инвазионными чужеродными видами

ЧВ способны изменять структуру морского дна (биотурбация и биоседиментация; продукция биогенных структур – рифов, ракушечника, водорослевых матов; обрастание...)



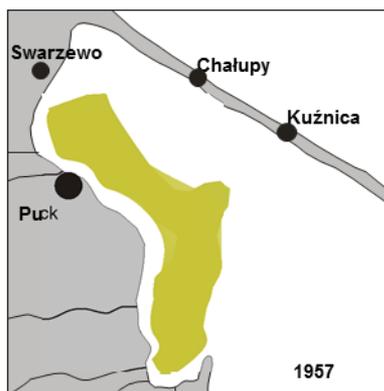
Credit: [woodshole.er.usgs.gov/project-pages/stellwagen/didemnum](http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/stellwagen/didemnum)



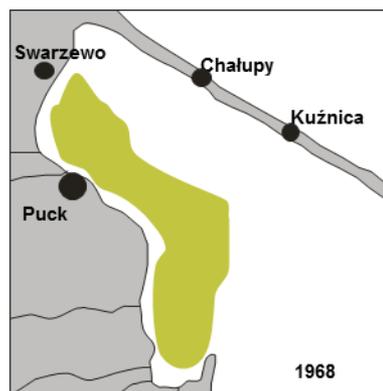
**Invasive ascidian *Didemnum vexillum* overgrowing the substrate (gravel) and scallops at the Georges Bank**

# Потеря биотопа = потеря экосистемной функции (экосистемной услуги)

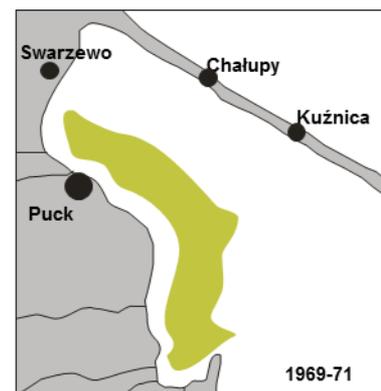
Изменение распределения биотопов красных и бурых водорослей в Гданьском заливе, Польша



**1957** (after Ciszewski 1962)



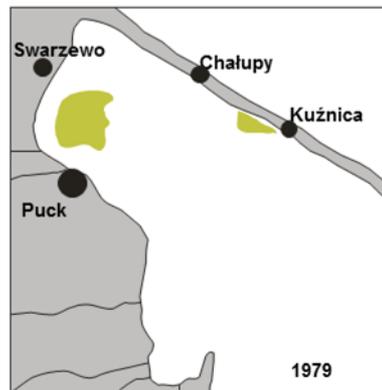
**1968** (after Przybyłek 1968)



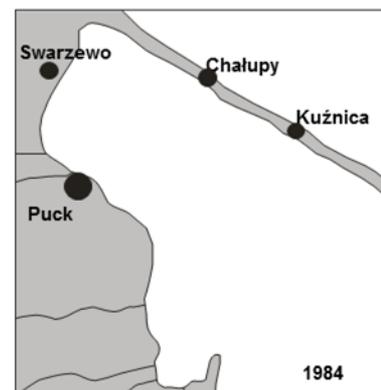
**1969-71** (after Klekot 1980)



**1977** (after Pliński 1982)



**1979** (after Ciszewski 1992)



**1984** (after Pliński 1986)

Pictures  
courtesy of  
JM Weslawski

# Экосистемные товары и услуги

(*The “ecosystem goods and services”*) интегрирует две концепции:

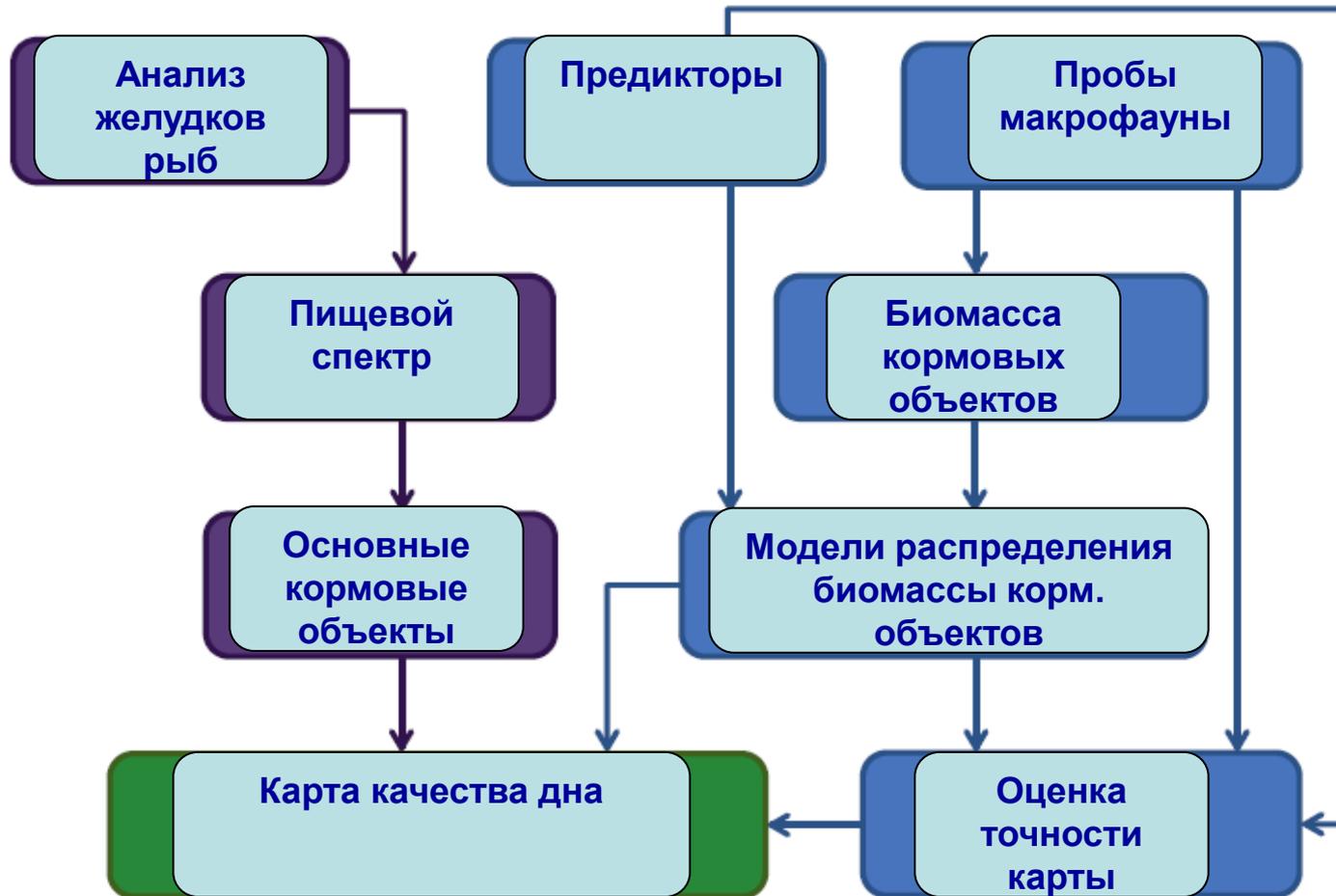
- (i) Экосистемные товары (*the ecosystem goods*), т.е. имеющие рыночную стоимость материальные объекты, которые извлекаются из природных систем для использования человеком, такие как пищевые продукты или природные материалы; и
- (ii) Экосистемные услуги (*ecosystem services*), которые относятся ко всем условиям и процессам, посредством которых природные экосистемы, и виды, которые их составляют, поддерживают и регулируют среду жизни человека.

Они не имеют прямой рыночной стоимости и включают - кругооборот биогенов, поддержку биоразнообразия, регуляцию климата, культурные, познавательные и эстетические услуги.

Экосистемные услуги проявляются (существуют, предоставляются) на разных пространственных уровнях, от глобальных (регуляция климата, первичная продукция...) до региональных и местных (берегозащита, рекреация...)

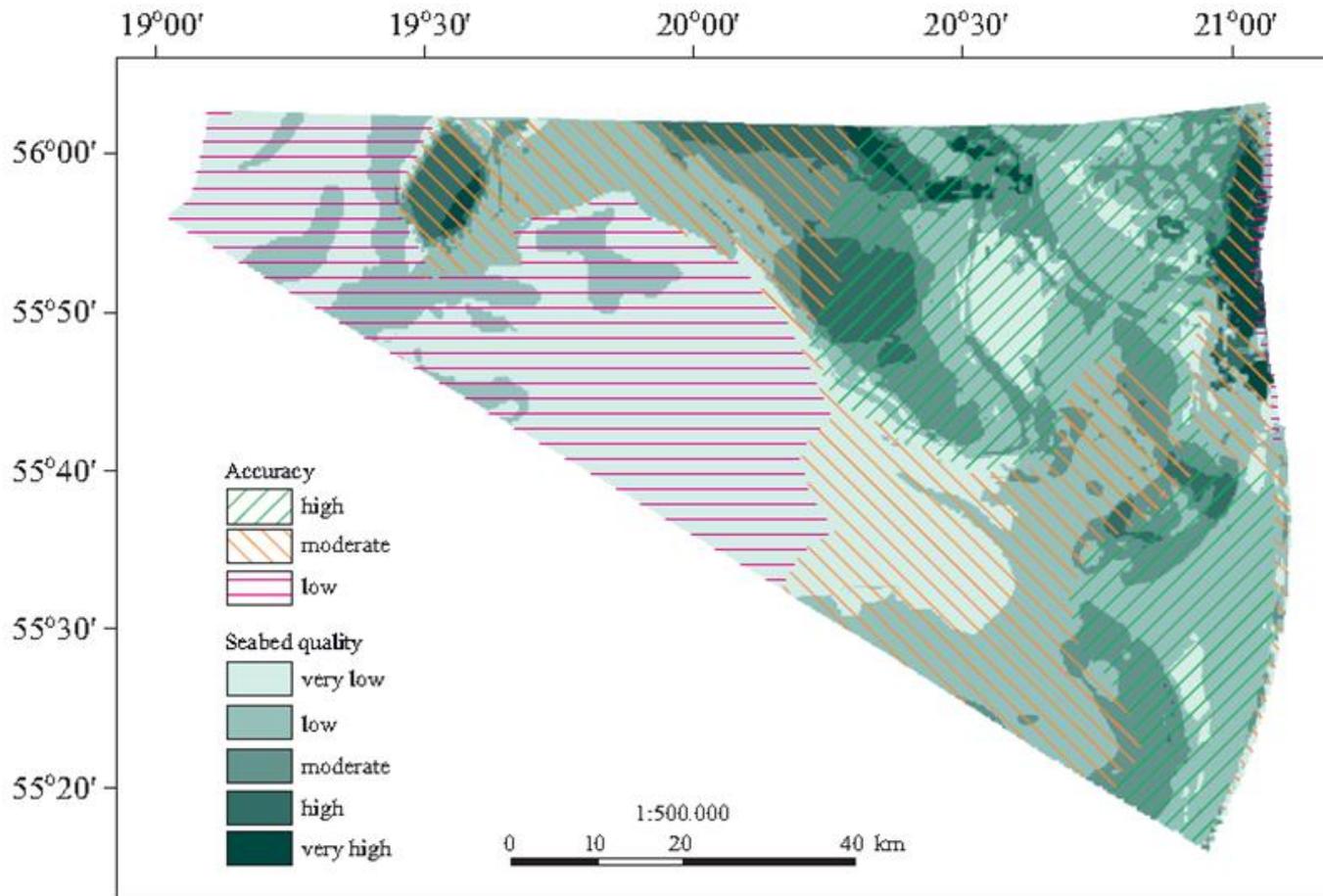
(Costanza *et al.*, 1997, Daily, 1997, de Groot *et al.*, 2002)

# Построение карт экосистемных услуг («кормовая база рыб»)



- **Метод:** прогностическое моделирование
- **Данные:** дночерпательные пробы, подводное видео, ГИС слои физ. данных
- **Предикторы:** глубина, донные осадки, кислород в придонном слое
- **Карты:** для 24 видов макрофауны (кормовых объектов)

# Картирование экосистемной услуги «кормовая база рыб»: итоговая карта



- Оценка качества морского дна в отношении кормовой базы рыб в экономической зоне Литвы в Балтийском море.

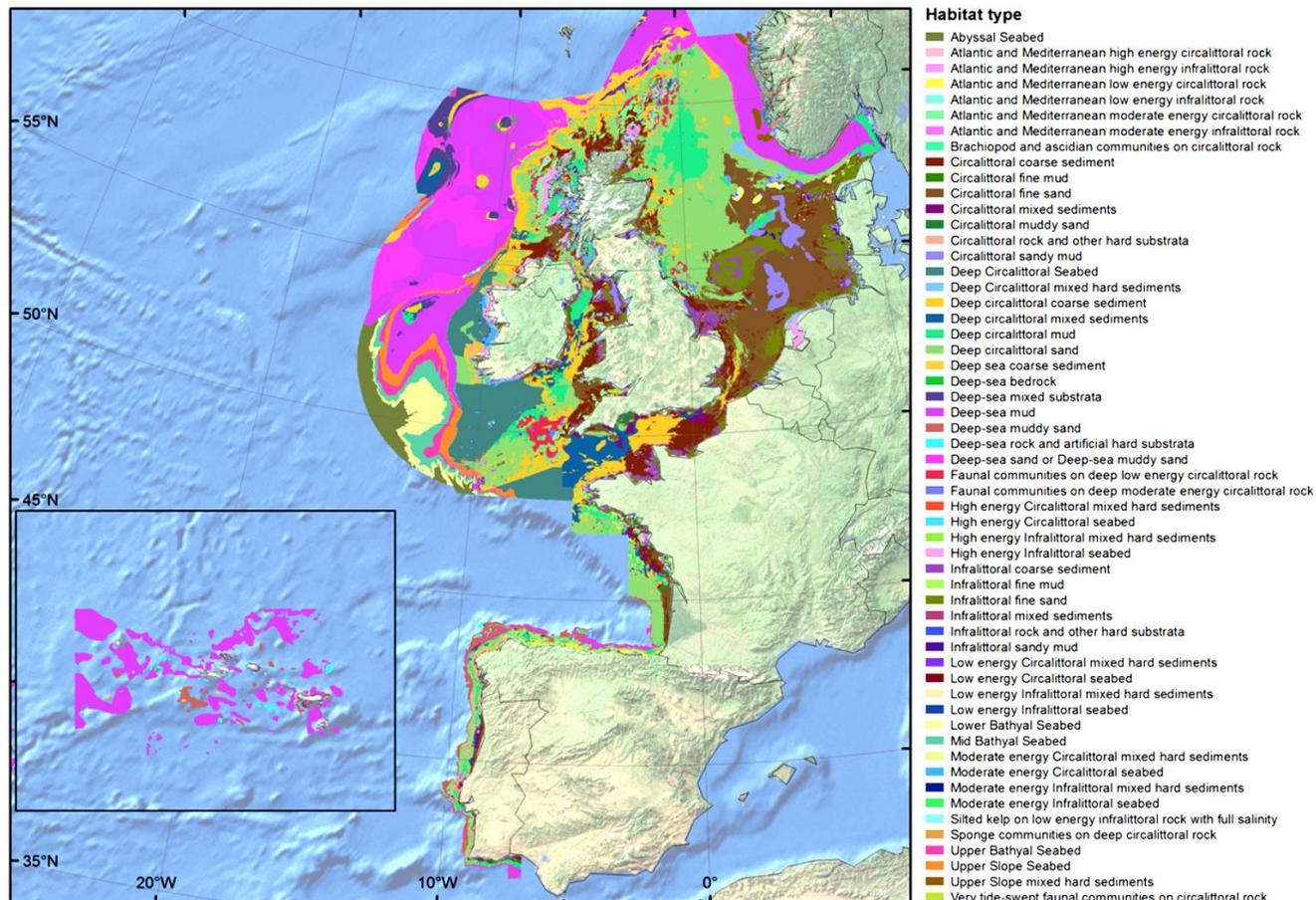
- **Качество местообитаний:**

- очень высокое,
- высокое,
- среднее,
- низкая,
- очень низкое.

- **Точность оценки:**

- высокая,
- средняя,
- низкая.

# «Добавленная стоимость» карт донных местообитаний



Карта донных местообитаний Атлантического шельфа Европы (EUNIS, 3 уровень)

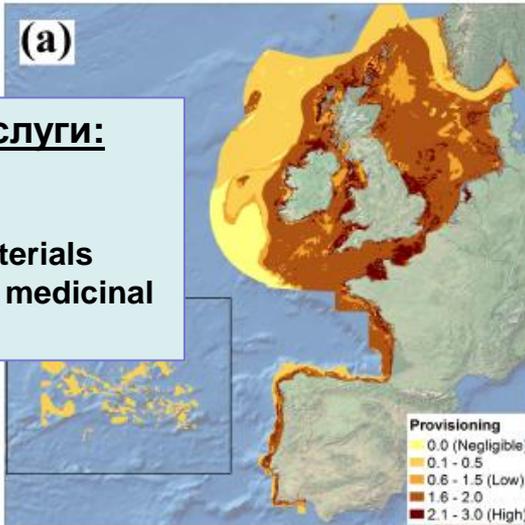
Galparsoro I, Borja A and Uyarra MC, 2014. Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic Ocean. *Front. Mar. Sci.* 1:23.

# Экосистемные услуги донных местообитаний

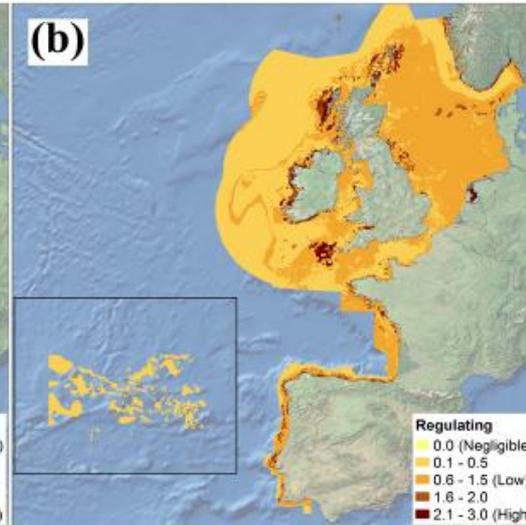
## Продукционные услуги:

- Food provision
- Raw biological materials (incl. biochemical, medicinal and ornamental)

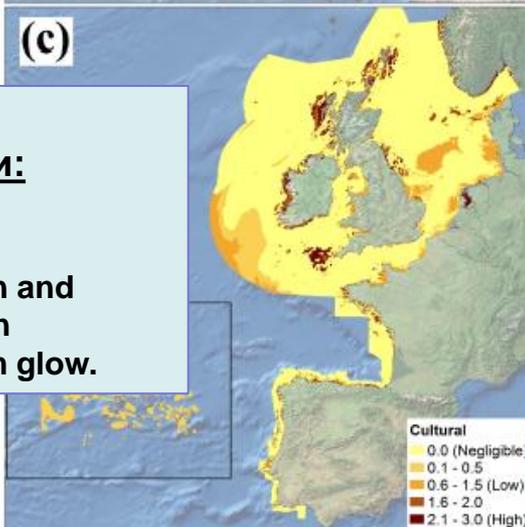
(a)



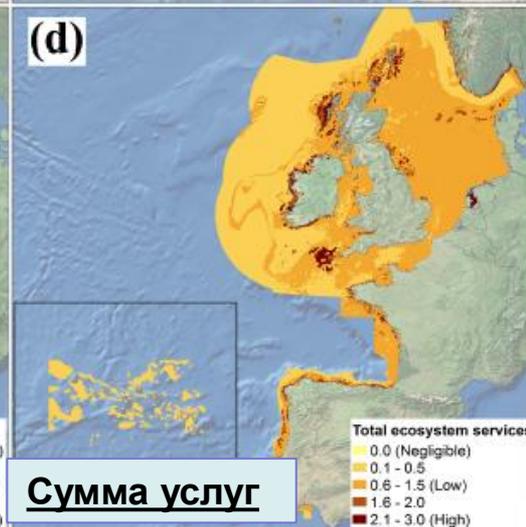
(b)



(c)



(d)



## Сумма услуг

## Рекреационные и культурные услуги:

- Cognitive value
- Leisure, recreation and cultural inspiration
- Feel good or warm glow.

- 0.0 (Negligible)
- 0.1 - 0.5
- 0.6 - 1.5 (Low)
- 1.6 - 2.0
- 2.1 - 3.0 (High)

Пространственное распределение агрегированного среднего значения экосистемных услуг

## Средообразующие:

- Air quality and climate regulation
- Disturbance and natural hazard prevention
- Photosynthesis, chemosynthesis, and primary production
- Nutrient cycling
- Reproduction and nursery
- Maintenance of biodiversity
- Water quality regulation and bioremediation of waste

Galparsoro I, Borja A and Uyarra MC, 2014. Mapping ecosystem services provided by benthic habitats in the European North Atlantic Ocean. Front. Mar. Sci. 1:23.

# Итак...

- Карты донных местообитаний
  - фундаментальное и прикладное значение
  - основа рациональной хозяйственной деятельности в морской среде
- *„Map it once, use it many times?“*
- Картируй один раз, наблюдай регулярно, используй много раз!

# Мечты морского биолога



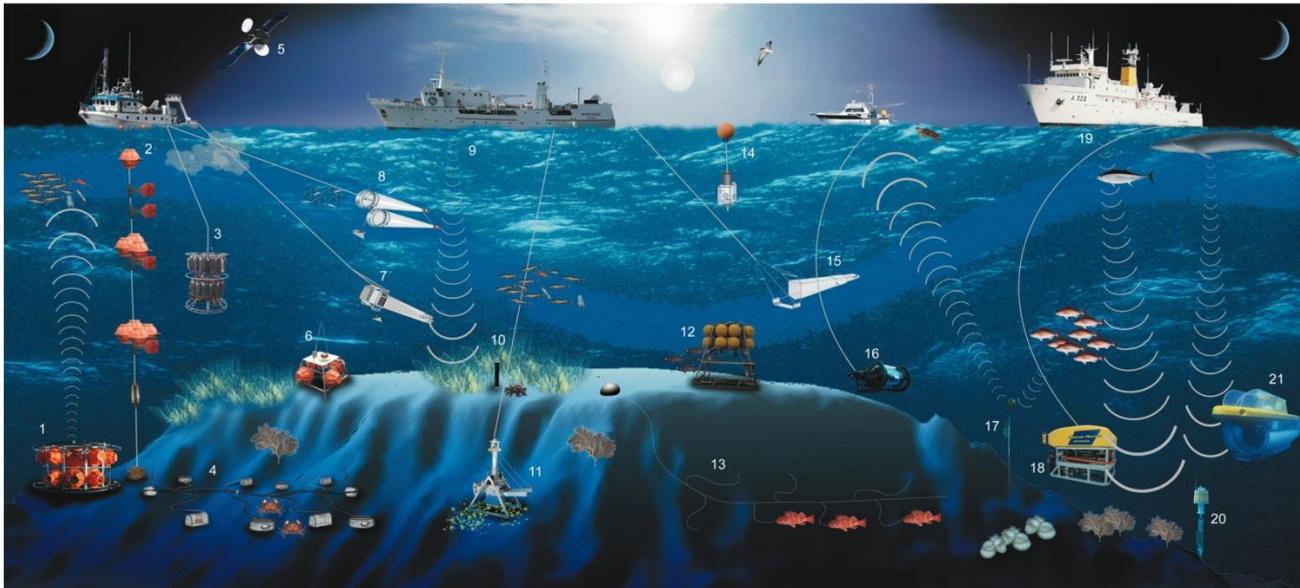
# breaking the surface <sup>2014</sup>

6th International Interdisciplinary Field Workshop of Marine Robotics and Applications

Supported by Office of Naval Research – Global, US,  
Under the patronage of the President of the Republic of Croatia, Dr. Ivo Josipović

OCTOBER 5 - OCTOBER 12, 2014

ILIRIJA RESORT, BIOGRAD NA MORU, CROATIA  
[HTTP://BTS.FER.HR](http://bts.fer.hr)



Мечта #1:  
Определение биомассы по 3D  
изображениям



Colony of the zebra mussels *Dreissena polymorpha*

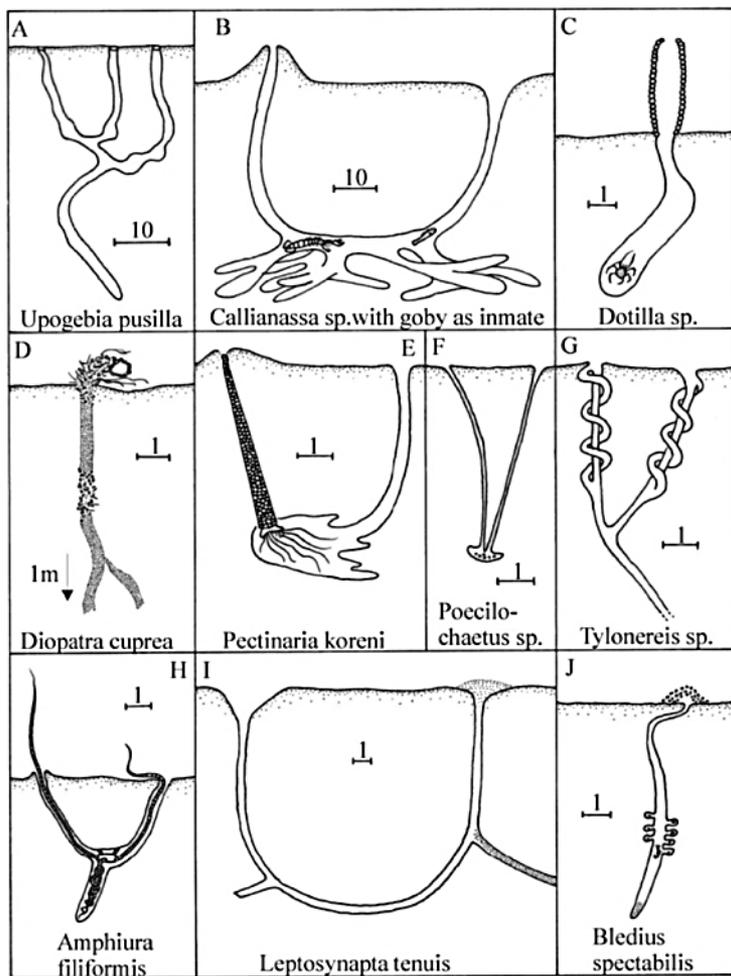
# Мечта #1: Определение биомассы по 3D изображениям

- Снимок 3D высокой резолуции
- Конвертация в объемные единицы, определение объема
- Объем > биообъем
- Биообъем > биомасса
- Оценка биомассы  
(in grams per square m, please)

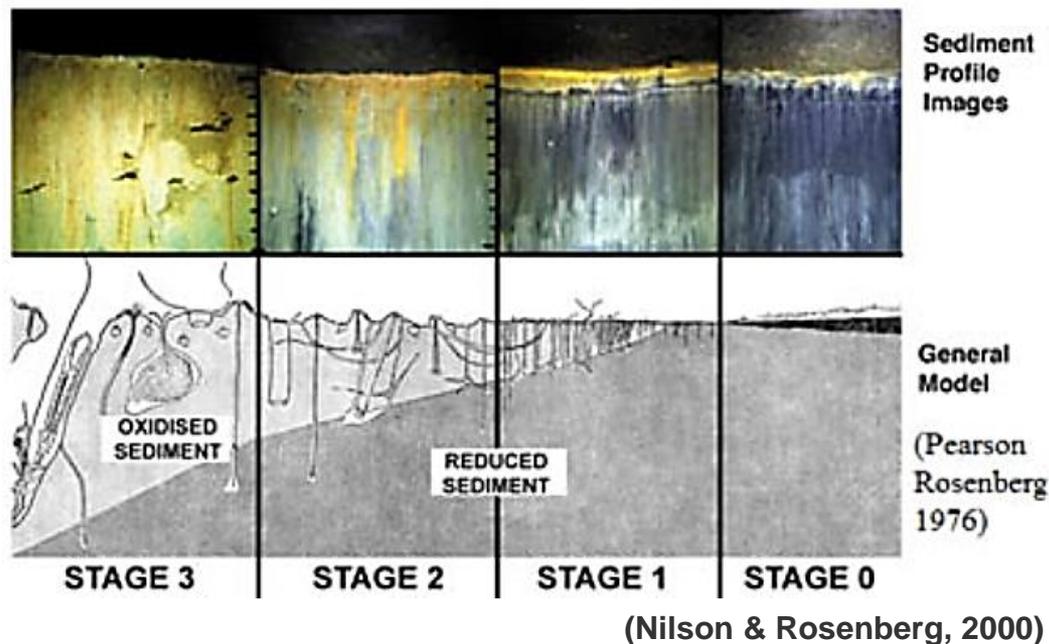
## Где использовать?

- Оценка запасов организмов эпифауны (напр., мидий, устриц, гребешков, морских ежей)
- Оценка объема и массы биообрастаний (напр., корпусов судов, гидротехн. сооружений)
- Оценка состояния среды (напр., уменьшение биомассы в зоне воздействия)

# Мечта #2: Томография донных осадков



Reise K. 2002. Journal of Sea Research, 48: 127–141



- Обиталища инфавны – удивительные структуры, напоминающие перевернутый лес, вершинами уходящий в толщу осадка.
- Трубки, ходы, норы > вдвое увеличивают поверхность соприкосновения донных осадков с водой.
- Как вены и артерии, они служат для переноса частиц, растворенных метаболитов и кислорода через осадки, их пассивной и активной вентиляции.

(Reise, 2002)

# Мечта #2:

## Томография донных осадков

- 3D снимки высокой резолуции первых 40-60 см осадков
  - Физический принцип (ВЧ акустика, рентген, электромагнитное сканирование...?)
- 3D реконструкция внутренней структуры осадков (трубок, ходов, нор инфауны),
- 3D images converted to volume (in ml per dm, please)

### Где использовать?

- Оценка состояния среды
  - (аквакультура, нефтяные вышки)
- Установление объемов выделяемых в водную толщу биогенов
  - (стимулирует эвтрофикацию)
- Оценка запасов организмов инфауны

**Мечта #3:  
Автоматическое распознавание и  
картирование донных местообитаний**



# Мечта #3:

## Автоматическое распознавание и картирование донных местообитаний

- Система взаимодействующих между собой автономных подводных роботов, способных распознавать признаки биотопов разного типа и регистрировать их пространственное положение.
- Использует набор сенсоров (видео, акустику, океанограф.).
- Достаточно «разумная», чтобы интегрировать данные и выделять биотопы согласно заранее установленному набору признаков.

### Где использовать?

- Картирование биотопов,
- Оценка состояния среды,
- Пространственное планирование морской среды,
- Оценка промысловых запасов

# Вместо выводов...

- Изучение донных биотопов – это увлекательное и быстро развивающееся направление морских исследований.
- Невозможно без междисциплинарного сотрудничества, использует методы естественных наук (биологии, океанографии, геофизики, геологии), математики, информатики и инженерных технологий.
- Давайте работать вместе!

