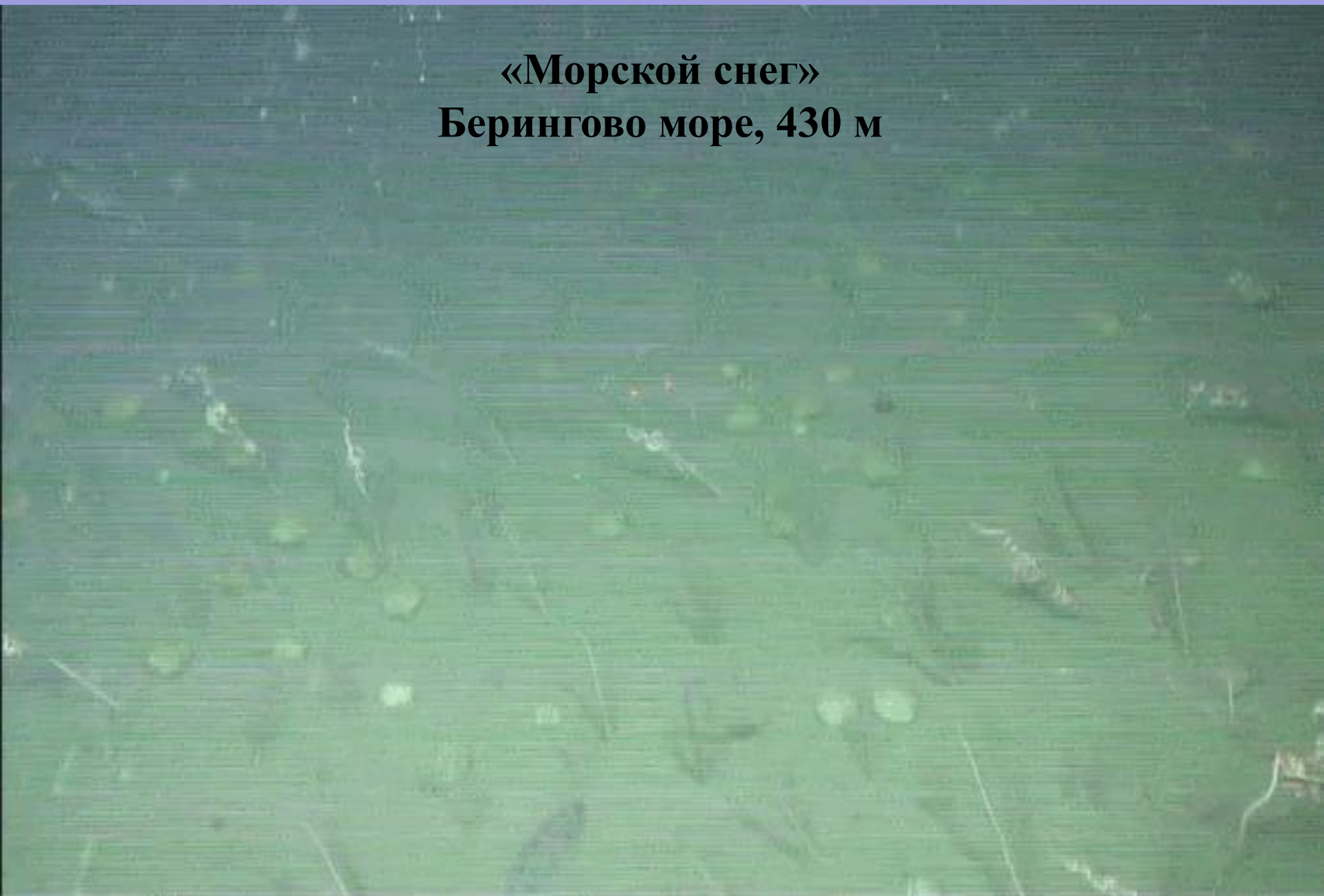


**Оценка биопродуктивности фитопланктона как  
основного механизма обеспечения стока двуокиси  
углерода на границе океан-атмосфера на  
прибрежных морских акваториях  
дальневосточных морей**



**«Морской снег»  
Берингово море, 430 м**

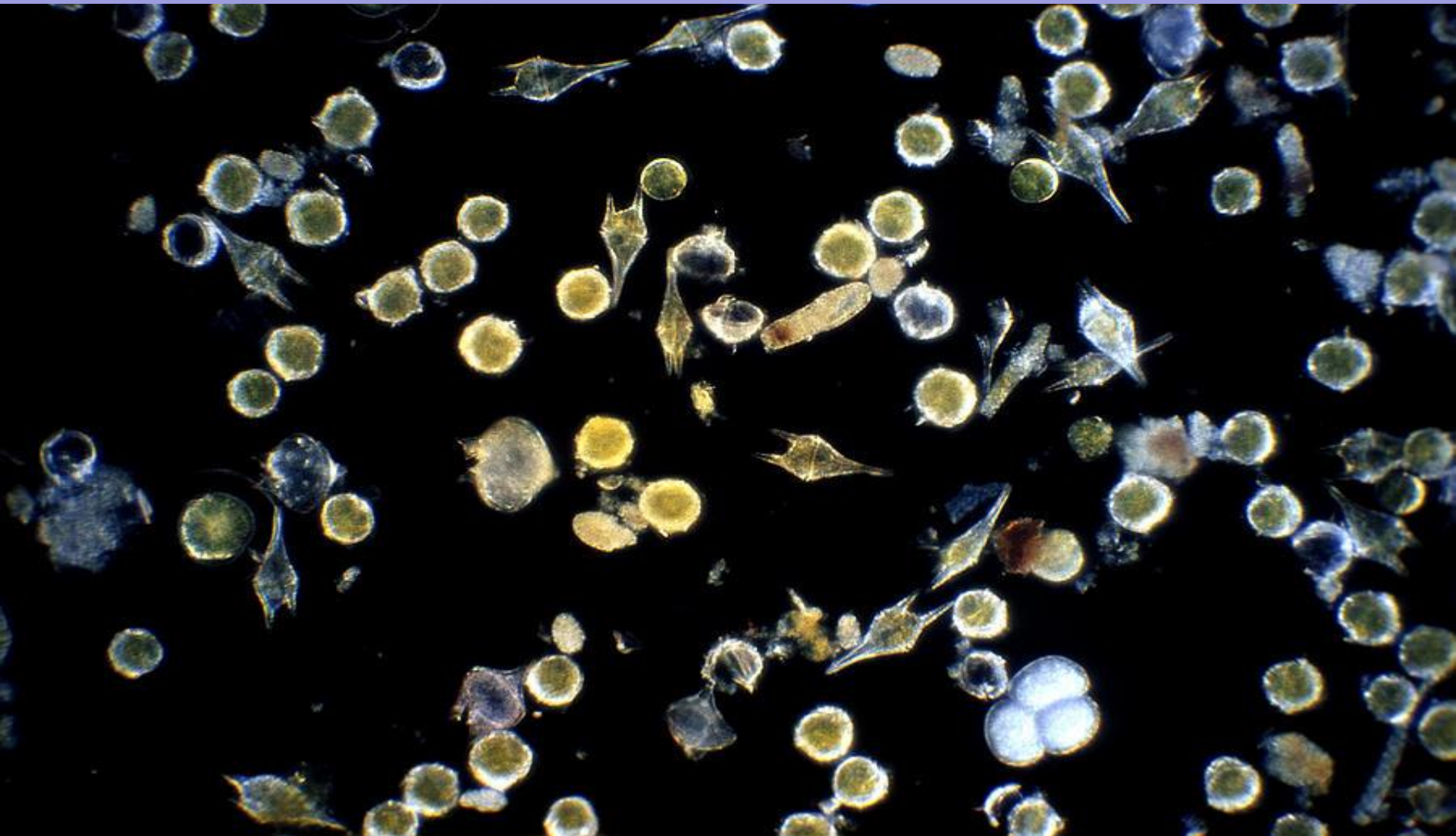




## «Морской снег» Берингово море, 430 м

Измерения первичной продукции и дистанционное зондирование поверхностного хлорофилла показывают, что на фитопланктон приходится более 45% глобальной чистой первичной продукции (приблизительно 50 Гт С год<sup>-1</sup>) (Field et al. 1998; Kulk et al., 2021).

Биологический углеродный насос экспортирует примерно 5–12 Гт С год<sup>-1</sup> с поверхности океана в мезопелагический слой, из которого примерно 0,2 Гт С год<sup>-1</sup> сохраняется в осадках на протяжении тысячелетий (Ciais et al. 2013).



1 миллиметр

**Размеры организмов фототрофного микропланктона варьируют от 0,6 до 100 микрометров.**



## Базовые положения и проблемы

Фитопланктон быстро реагирует на изменения окружающей среды, даже небольшие изменения в видовом составе и физиологическом состоянии фитопланктона могут влиять на потоки углерода

Существуют значительные региональные особенности в составе и структуре сообществ микроводорослей, биологических характеристиках идентичных видов (размер, активность, биохимические особенности и т.д.)

Сложности измерения активности планктона в среде для оценки годового потребления  $\text{CO}_2$

Огромное пространство Мирового океана (удаленность) затрудняет получение оперативных подспутниковых данных для получения адекватной информации, так как спутниковые снимки хлорофилла дают только относительное представление о количестве фитопланктона.

1 миллиметр

**Размеры организмов фототрофного микропланктона варьируют от 0,6 до 100 микрометров.**

## Базовые положения и проблемы

Фитопланктон быстро реагирует на изменения окружающей среды, даже небольшие изменения в видовом составе и физиологическом состоянии фитопланктона могут влиять на потоки углерода

Существуют значительные региональные особенности в составе и структуре сообществ микроводорослей, биологических характеристиках идентичных видов (размер, активность, биохимические особенности и т.д.)

Сложности измерения активности планктона в среде для оценки годового потребления  $\text{CO}_2$

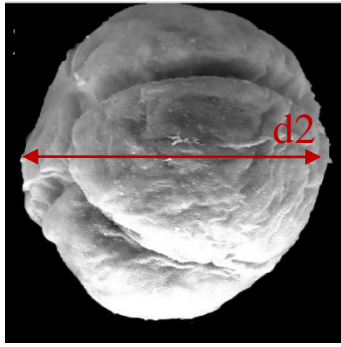
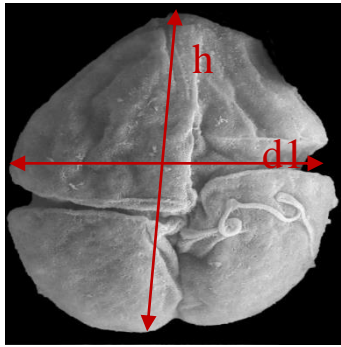
Огромное пространство Мирового океана (удаленность) затрудняет получение оперативных подспутниковых данных для получения адекватной информации, так как спутниковые снимки хлорофилла дают только относительное представление о количестве фитопланктона.

**Количественная оценка вариаций биомассы и таксономического состава фитопланктона, анализ взаимосвязи между фитопланктоном и окружающей средой важны для оценки функционирования и состояния экосистем, а также для изучения глобальных биогеохимических циклов**

1 миллиметр

Размеры организмов фототрофного микропланктона варьируют от 0,6 до 100 микрометров.

«Медвежий красный прилив», Восточная Камчатка, 04.10.2020 г.



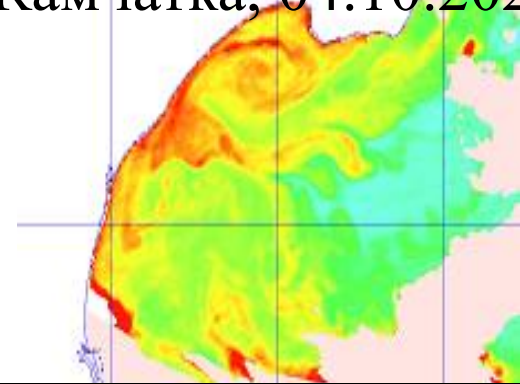
$h=34.05 \mu\text{m}$

$D1 = 30.14 \mu\text{m}$

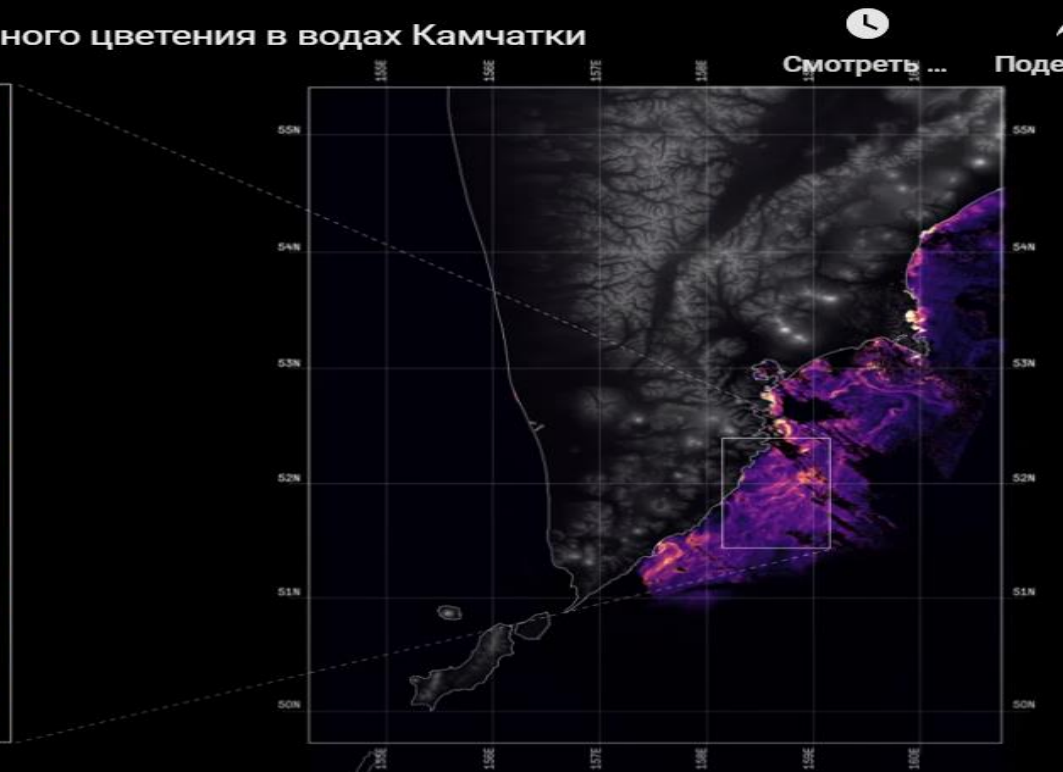
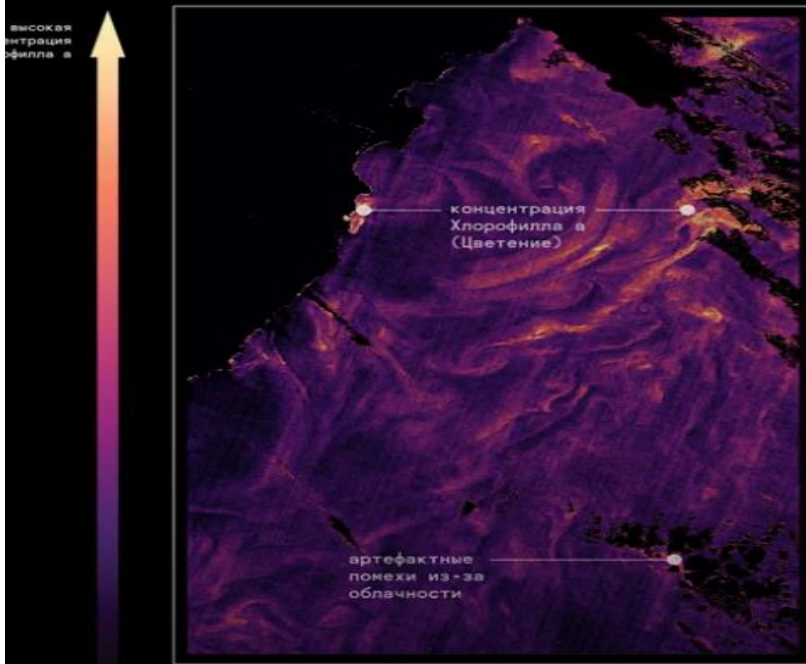
$D2= 23.09 \mu\text{m}$

$$V=\pi/6*d1*d2*h$$

$$V_{\text{клетки}} = 12\,404 \mu\text{m}^3$$



Детальные спутниковые изображения красного цветения в водах Камчатки



**Макс. биомасса *Karenia spp.* - 7715 мг/м<sup>3</sup> = 7,7 тонн/км<sup>2</sup>/день**

## **Базовые направления работ**

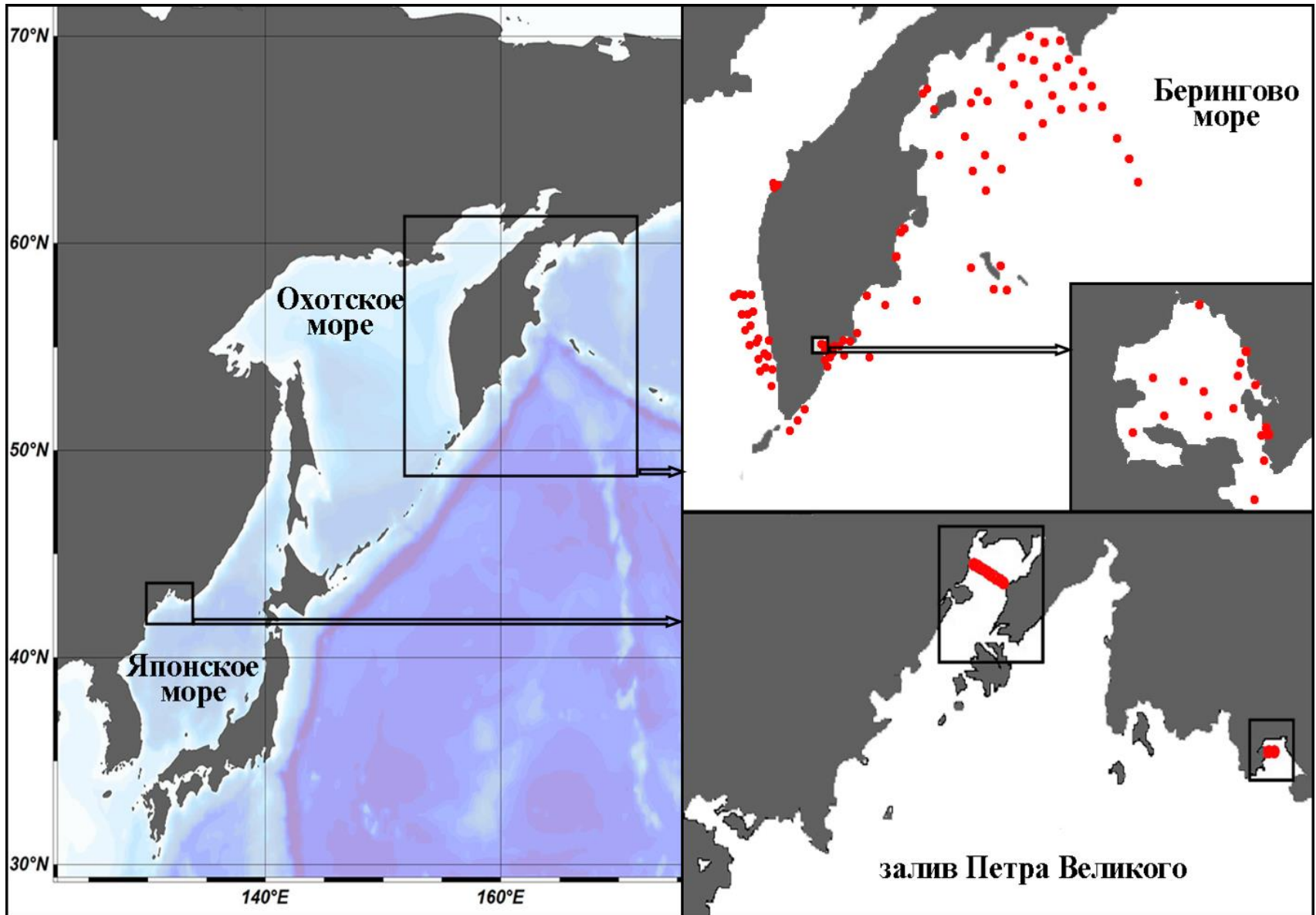
**Получение данных о составе, структуре, обилии фитопланктона для уточнения и верификации моделей потоков углерода**

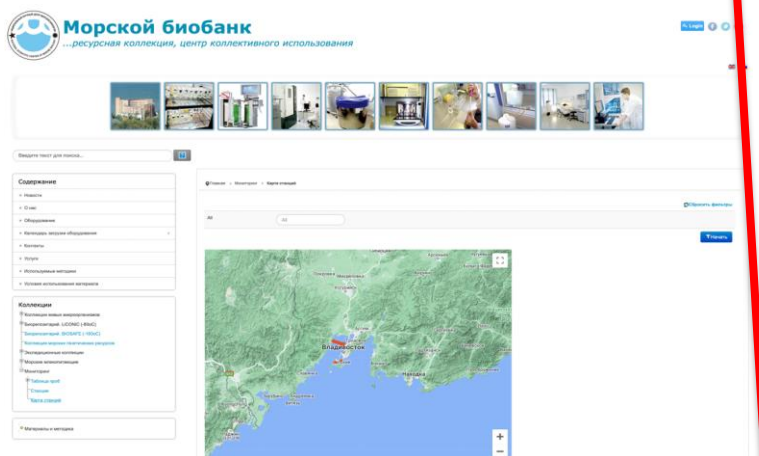
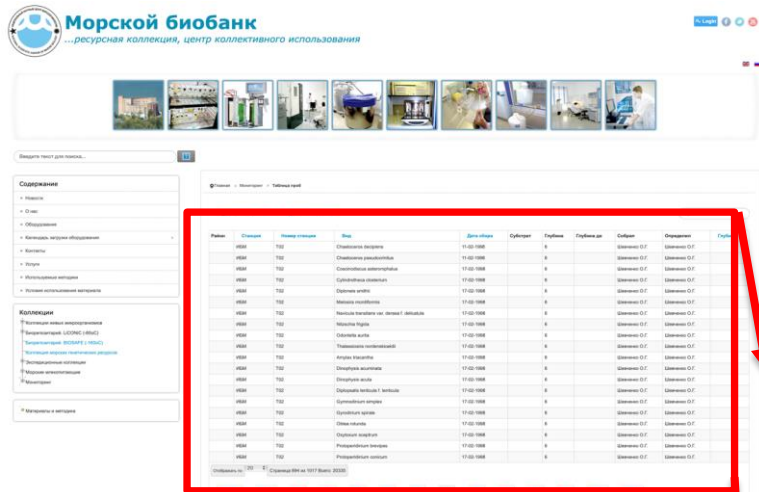
**Оценка изменений в сообществах микроводорослей, биологических характеристиках видов на фоне климатических колебаний**

**Получение данных для разработки и верификации методов дистанционного зондирования состояния фитопланктонных сообществ**



Модельные полигоны в Тихом океане (2022-2023 гг.)



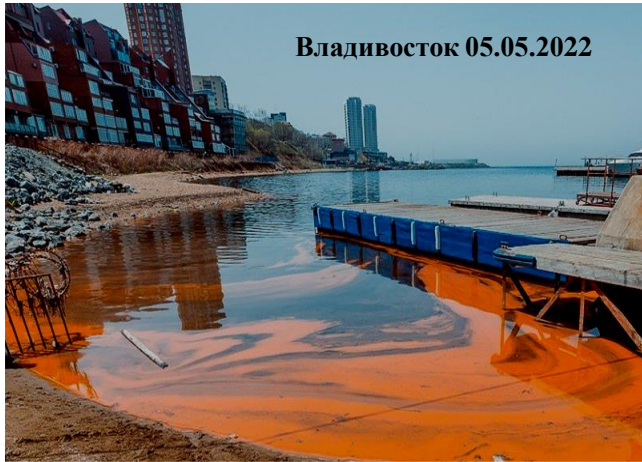
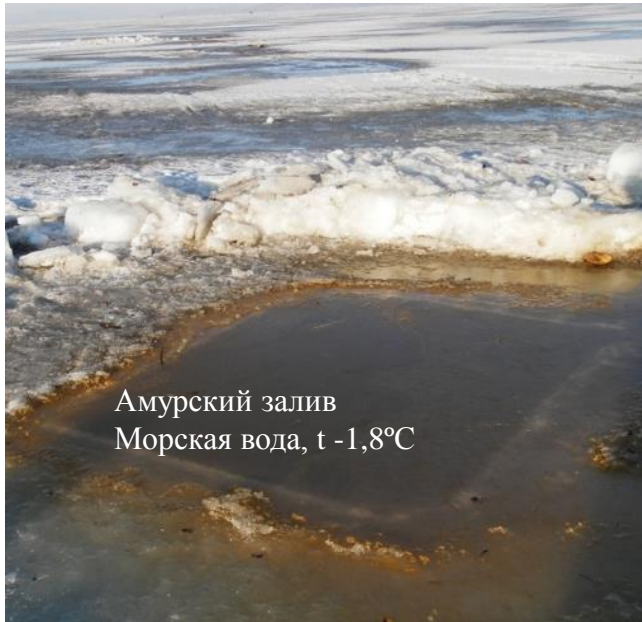


Систематизирован обширный массив многолетних данных (с 1969 по 2023 гг.) по составу фитопланктонных сообществ, обилию микроводорослей, параметрах среды на модельных полигонах. Описаны доминирующие комплексы видов, выявлены токсичные и потенциально токсичные виды.

Район	Станция	Номер станции	Вид	Дата сбора	Субстрат	Глубина	Глубина до	Собрал	Определил	Глубина
ИБМ	T02		Chaetoceros decipiens	11-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Chaetoceros pseudocrinitus	11-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Coscinodiscus asteromphalus	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Cylindrotheca closterium	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Diploneis smithii	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Melosira moniliformis	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Navicula transitans var. derasa f. delicatula	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Nitzschia frigida	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Odontella aurita	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Thalassiosira nordenskiöldii	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Amylax triacantha	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Dinophysis acuminata	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Dinophysis acuta	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Diplopsalis lenticula f. lenticula	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Gymnodinium simplex	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Gyrodinium spirale	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Oblea rotunda	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Oxytoxum scepstrum	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Protopteridium brevipes	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	
ИБМ	T02		Protopteridium conicum	17-02-1998		6		Шевченко О.Г.	Шевченко О.Г.	

Примеры данных ресурсной коллекции ЦКП «Морской биобанк»

## Основные тенденции:

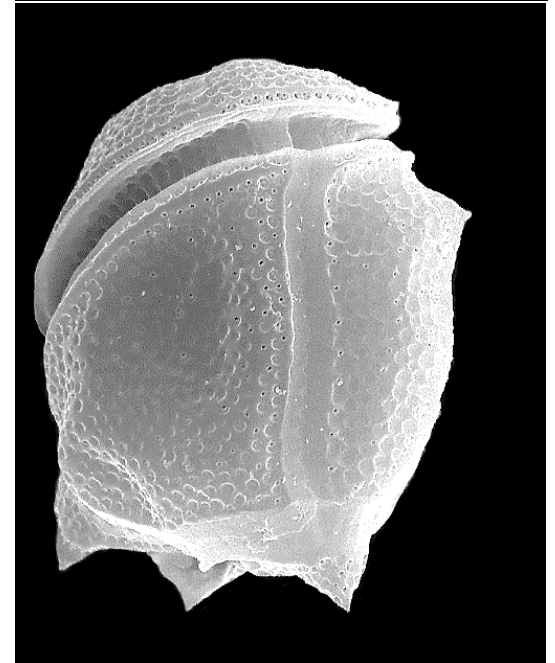
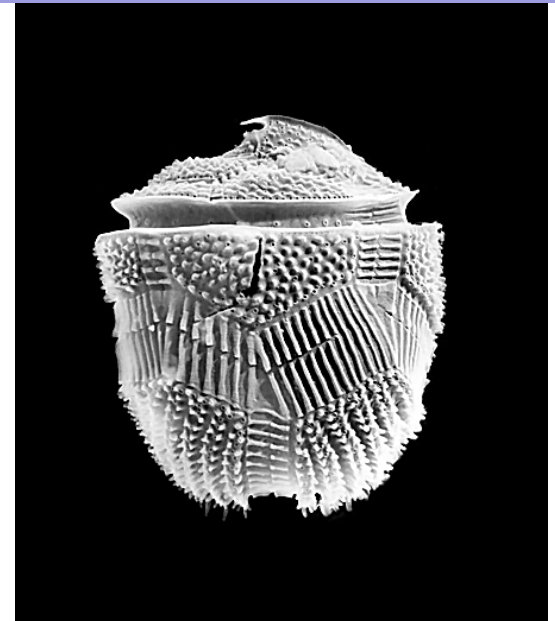
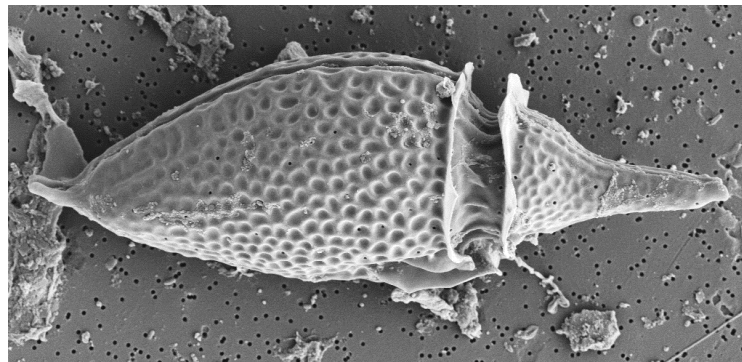
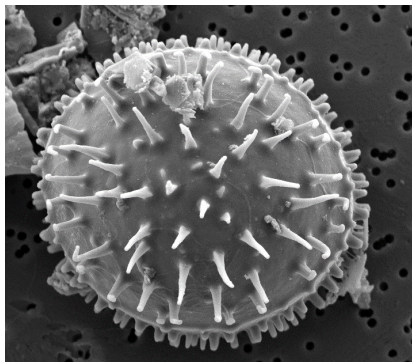


1. Наблюдается увеличение числа, интенсивности и продолжительности цветений фитопланктона. В 2022-2023 гг. численность микроводорослей на модельном полигоне в Амурском заливе соответствовала уровню «цветение», в том числе в зимний период.
2. Меняется состав определяющих цветение таксонов. Уменьшается вклад диатомовых, увеличивается число «цветений» мелких эукариотов и цианобактерий (размер клеток менее 10 мкм) - пелагофиты, цианобактерии. Как следствие, меняются характеристики фитопланктона (функциональные, биохимические, спектральные и др.).
3. Отмечается рост разнообразия и обилия видов, известных как продуценты фитотоксинов (амнезийных, диарейных), а также продуцентов ROS (активных форм кислорода) и Fishkillers (гибель рыбы).
4. Регистрируются рекордные величины хлорофилла а. В августе 2023 года в Амурском заливе зафиксирован исторический максимум (с начала наблюдений в 1970 г.) хлорофилла а — 150 мкг/л.
5. Регистрируются рекордные температуры воды: в 2021 году зафиксирован абсолютный максимум (с начала наблюдений в 1970 г.) прогрева вод Амурского залива до +28,5 градусов, температура в столбе воды + 24-26 градусов регистрировалась вплоть до придонного слоя (25-27 метров).



# Выявленные проблемы

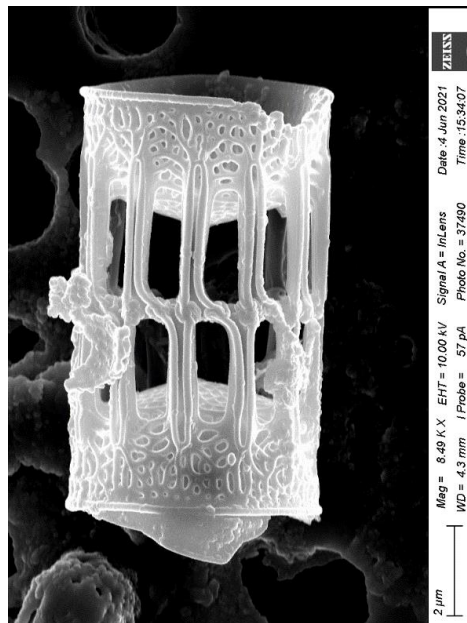
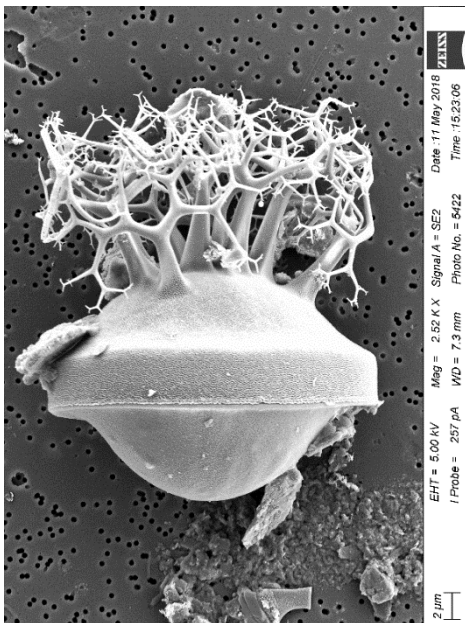
Существенная недооценка реального вклада микроводорослей в создание первичной продукции и их вклада в сток углерода на границе-океан атмосфера (ледовая флора, подледная флора, эпифитон, микрофитобентос, покоящиеся стадии и т.д.)



## Криосообщества микроводорослей

На основании данных за зимний период 2021 и 2022 гг., полученных для 334 проб льда и 50 проб подледной воды, создана База данных «Ледовая флора Амурского залива в 2021-2022 гг.», где отражены данные по видовому составу и обилию микроводорослей (165 видов) и гидрохимические параметры (температура, соленость, мутность, содержание хлорофилла «а», растворенных органических веществ и кислорода).

Максимальная толщина льда составила 70 см. Во льду встречено 132 вида микроводорослей. Максимальные численности отмечены для диатомей - до **37 млн кл/л**.



### Получение данных для разработки и верификации методов дистанционного зондирования состояния фитопланктонных сообществ

Во втором квартале 2023 года начаты работы по паспортизации клонов/штаммов микроводорослей и цианобактерий, изолированных из дальневосточных морей РФ и поддерживаемых в БК ЦКП «Морской биобанк» ННЦМБ ДВО РАН (<http://marbank.dvo.ru>). Паспорт включает морфологическую, генетическую и биохимическую (содержание фикотоксинов, пигментов, углерода в пересчете на одну клетку) характеристики, а также индивидуальные ЛИФ и РАМАН спектры.

Наблюдения за фитопланктоном методами *in situ* и *ex-situ* в сочетании с метеорологическими, гидрологическими, биогеохимическими и спутниковыми наблюдениями позволяют получить значительные массивы данных для оценки методов дистанционного зондирования и числовых моделей переноса углерода



СПАСИБ  
О!

