



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН

Система мониторинга океана и морей России для установления их роли в климатических изменениях и балансе парниковых газов

С.К.Гулев, А.В. Адрианов, Л.Д.Баширова, Г.И. Долгих, С.К.
Коновалов, Г.Г.Матишов, М.С.Махотин, В.В.Мордухович

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ КОНСОРЦИУМА №2

в рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения
«Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ»

И

**ФНТП в области экологического развития Российской Федерации
и климатических изменений на 2021-2030 гг.**

ПОЧЕМУ МИРОВОЙ ОКЕАН И МОРЯ?

Мировой океан – **самый консервативный компонент климатической системы**, он поглощает ~92% избыточного тепла, поступающего за счет антропогенной деятельности (“**Global warming is the ocean warming**”).

Океан – единственный компонент климатической системы, обладающий **собственными модами изменчивости** с масштабами до нескольких десятилетий.

Океаны и моря - **мощнейшие поглотители климатически активных газов**, обеспечивающие ~50% поглощения естественными экосистемами.



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



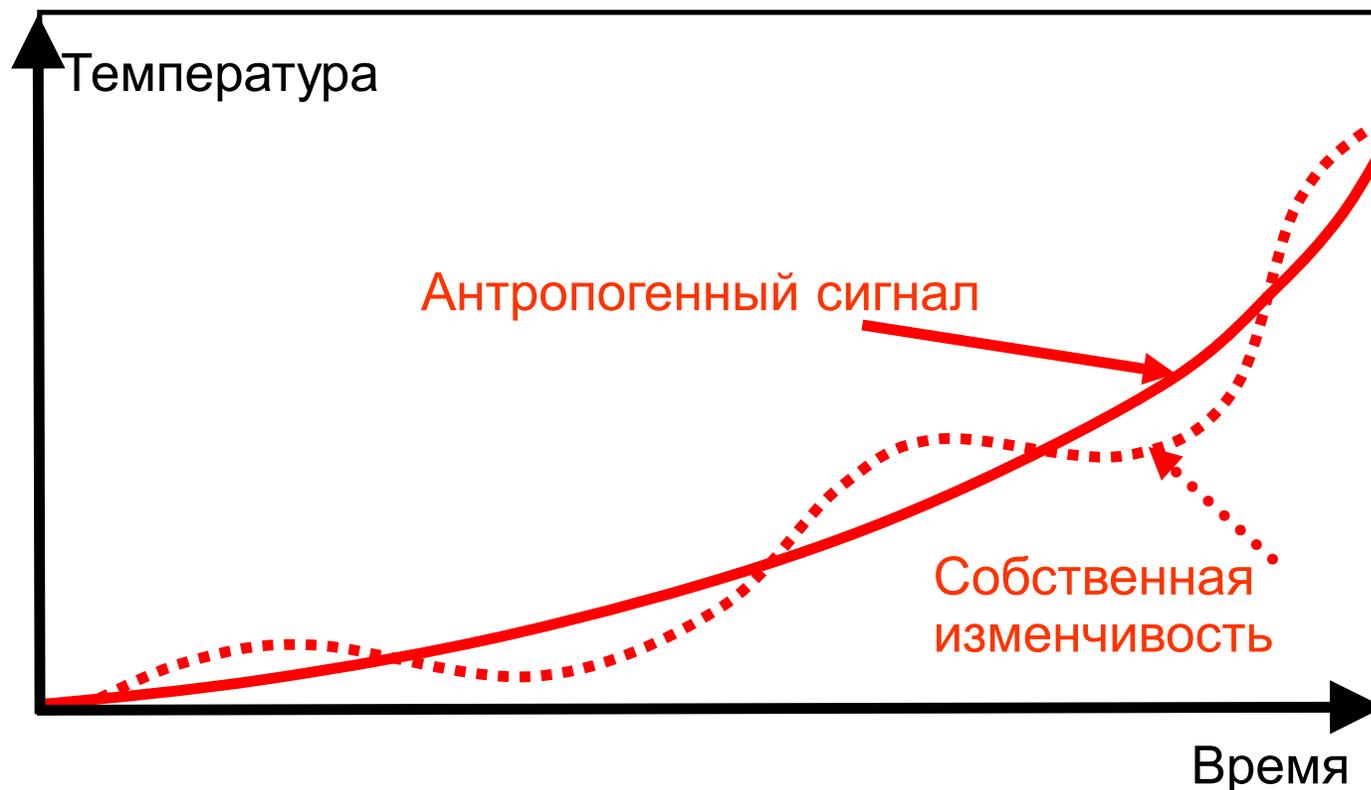
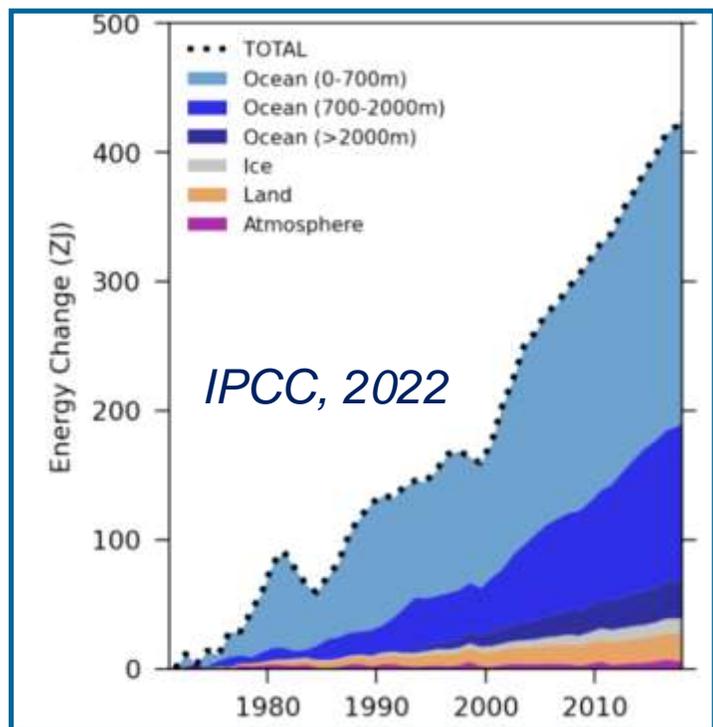
БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН



ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



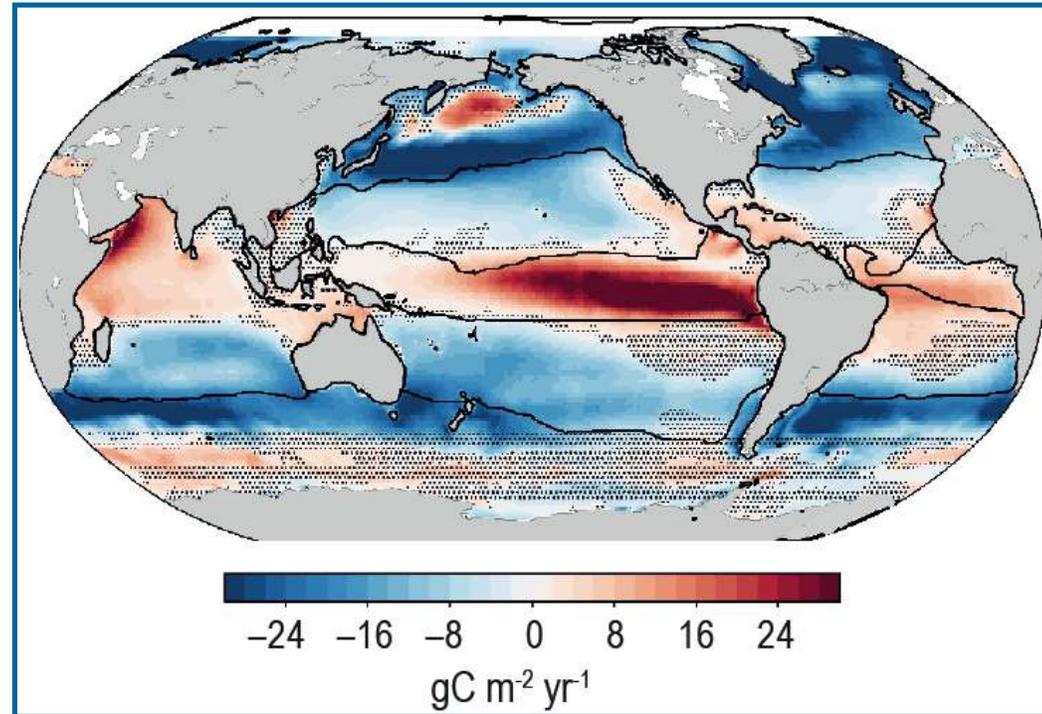
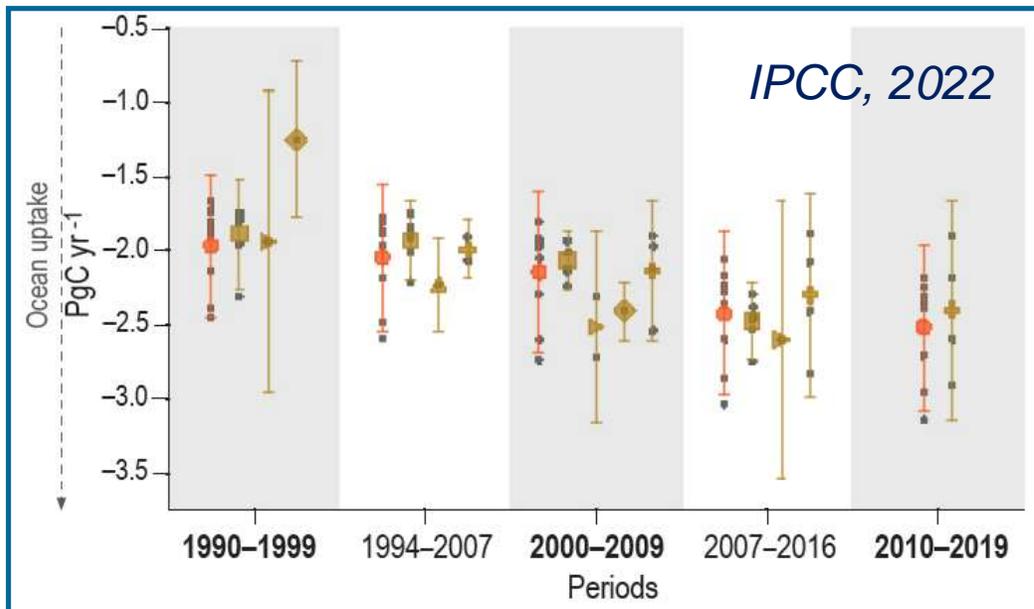
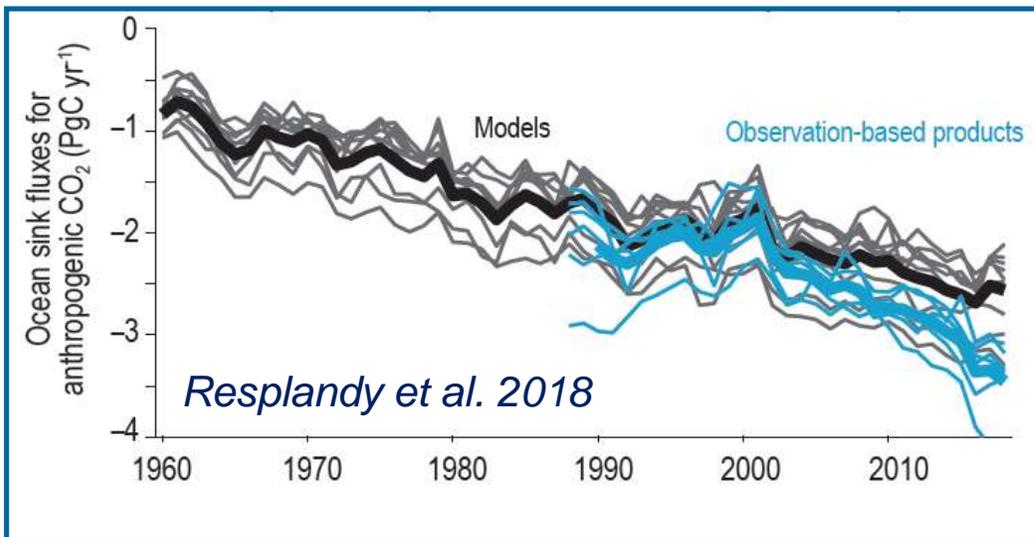
БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН



- Интегральная поглощающая способность океана – это малая разница двух больших величин → большие неопределенности оценок
- Неопределенности в оценках потоков для окраинных морей
- Недоучет роли ветро-волновых процессов



ИО РАН



МГИ

ННЦМБ
ДВО РАНТОИ
ДВО РАНБФУ им.
И. Канта

АНИИ

ЮНЦ
РАН

Проблемы получения достоверных оценок -

- Потепление океана приводит к расширению тропических областей, в которых происходит эмиссия CO₂, что приводит к медленному ослаблению роли океана как поглотителя CO₂. Однако, с потеплением происходит также усиление штормовой деятельности, приводящее к усилению эмиссии вне зависимости от температуры.
- Оценки для морей – наиболее неопределенные, поскольку здесь существуют региональные температурные тренды. Потоки CO₂ для морей подвержены сильной сезонности, среднегодовые оценки – нерепрезентативны.
- Углеродный цикл океана зависит от процессов в толще океана, связанных не только с биогеохимией, но и с океанской динамикой.

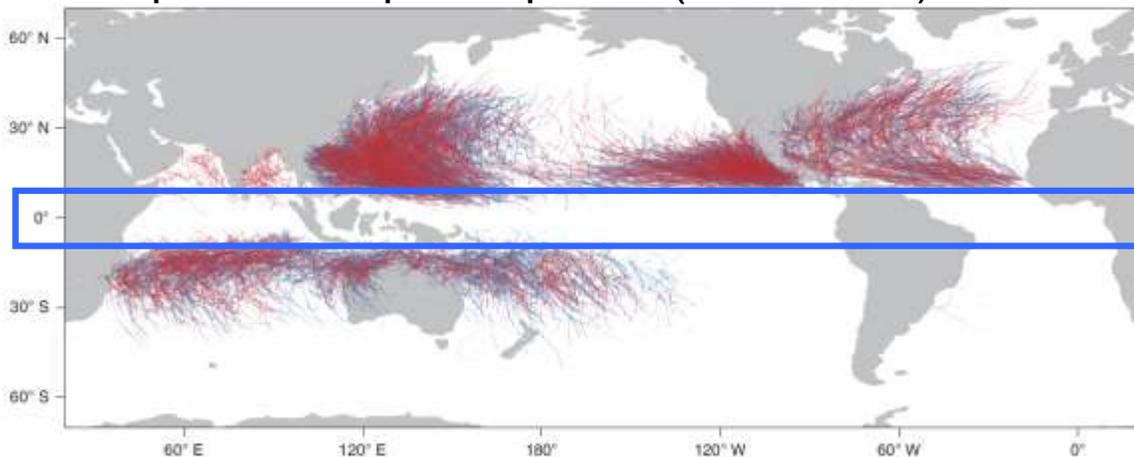
Требования к наблюдениям («минимальная» модель мониторинга)

- Необходимо наблюдать **всю толщу с высоким пространственным разрешением.**
- Необходимо наблюдать **весь набор параметров**, включая биогеохимию и углеродный цикл.
- Необходимо наблюдать **с высокой точностью в ключевых районах.**

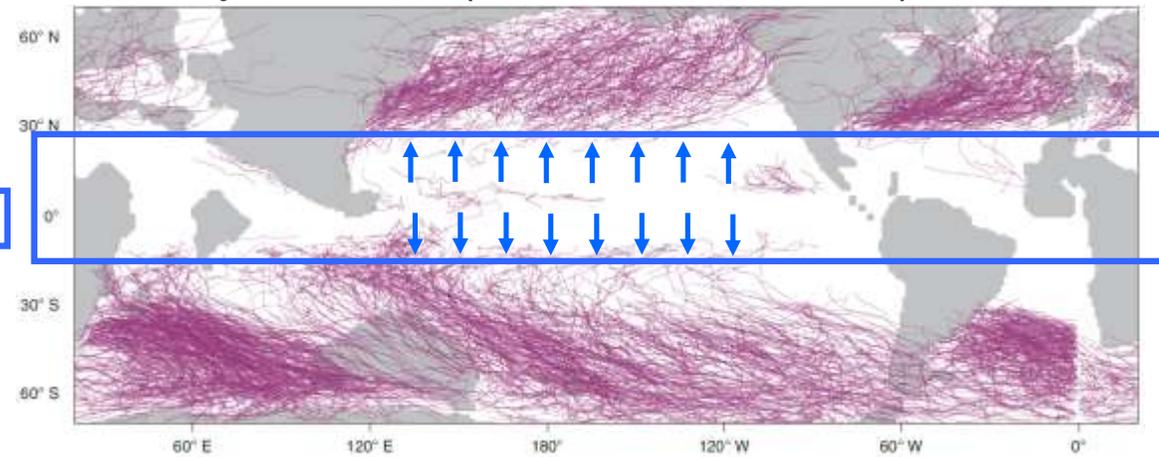
→ Ни одна система по отдельности не решает задачу.

РАСШИРЕНИЕ ТРОПИКОВ И ШТОРМОВАЯ АКТИВНОСТЬ

Современное расширение (1974-2020)



Оптимум эоцена (~50 млн. лет назад)



Восточная часть Черного моря



Субполярная Атлантика



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



АНИИ



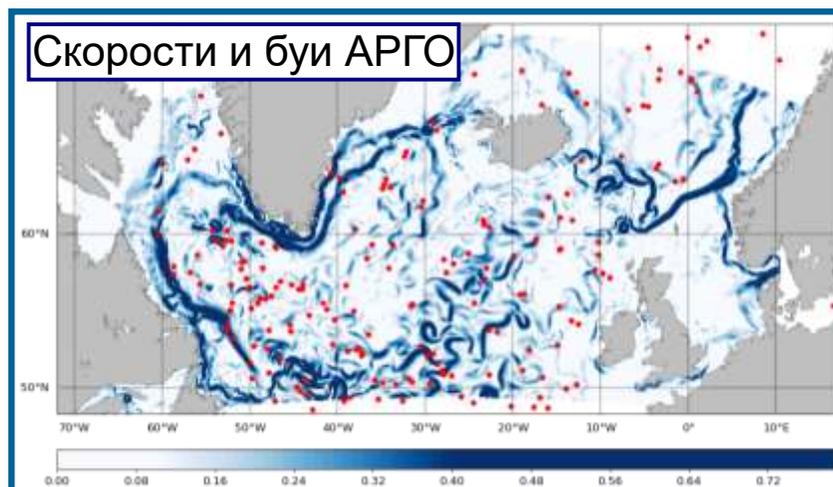
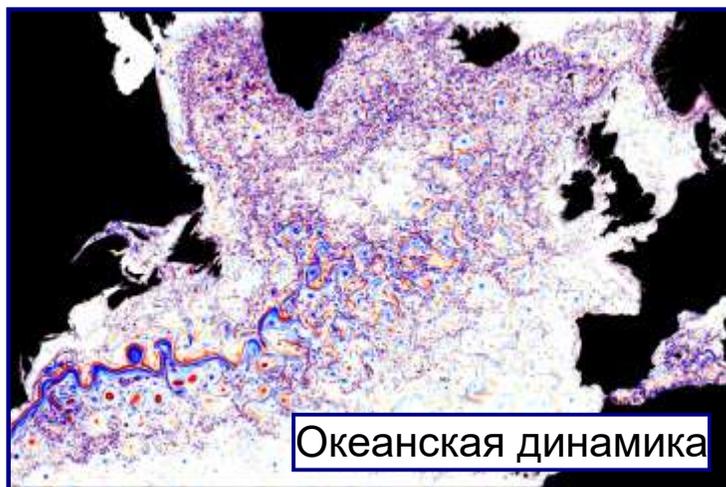
ЮНЦ
РАН

ЧТО МЫ ДЕЛАЕМ?

Задача 1. Система мониторинга субполярной Северной Атлантики и северо-западной части Тихого океана на основе стационарных и поверхностных буев (ИОРАН, ТОИ, ННЦМБ)

Задача 2. Регионально адаптированные системы мониторинга морей России на основе морских обсерваторий и судовых систем (ИОРАН, МГИ, ТОИ, ННЦМБ, БФУ, ААНИИ, ЮНЦ)

Задача 3. Создание оперативных реанализов состояния Мирового океана и морей России, включая характеристики потоков ПГ (ИОРАН, ТОИ, МГИ)



Необходима численная модель с усвоением всех наблюдаемых данных, генерирующая сеточные массивы (реанализы), которые востребованы потребителем



ИОРАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



ААНИИ



ЮНЦ
РАН

2022-2023: СОЗДАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОНИТОРИНГА: морские платформы и береговые вышки



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



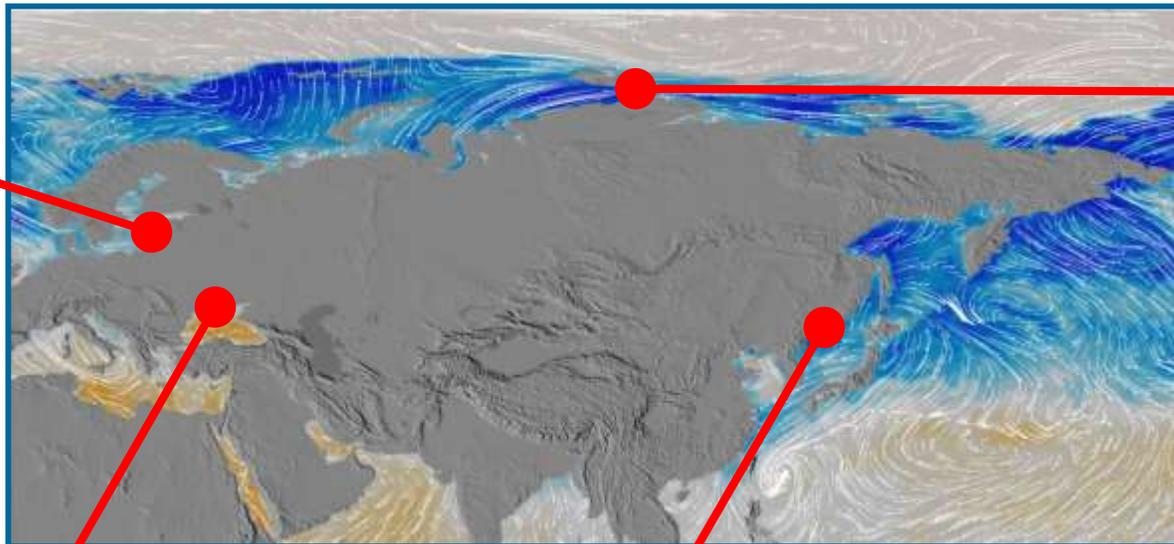
АНИИ



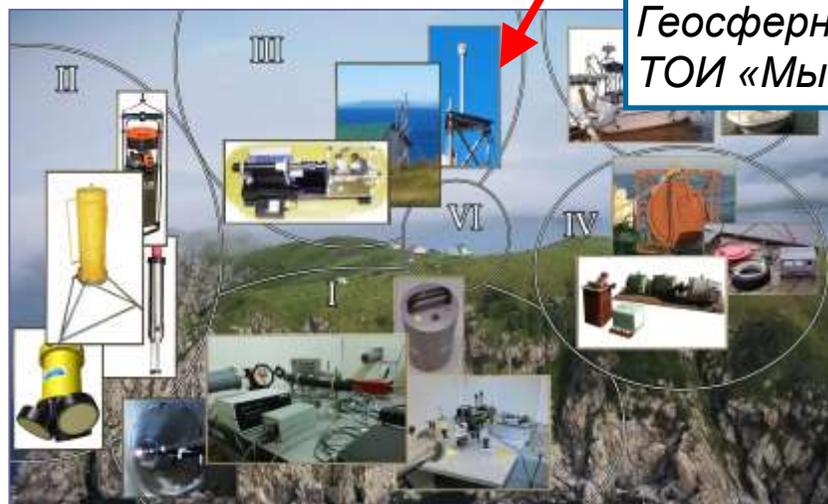
ЮНЦ
РАН



Береговая вышка БФУ (80 м), 9 уровней измерений, май 2023



Модернизированная платформа МГИ, май 2023



Геосферный полигон ТОИ «Мыс Шульца»

Береговая вышка АНИИ, обсерватория Тикси, 16 уровней измерений потоков (декабрь 2022)

2022-2023: СОЗДАНИЕ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ МОНИТОРИНГА: буйковые и судовые системы



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



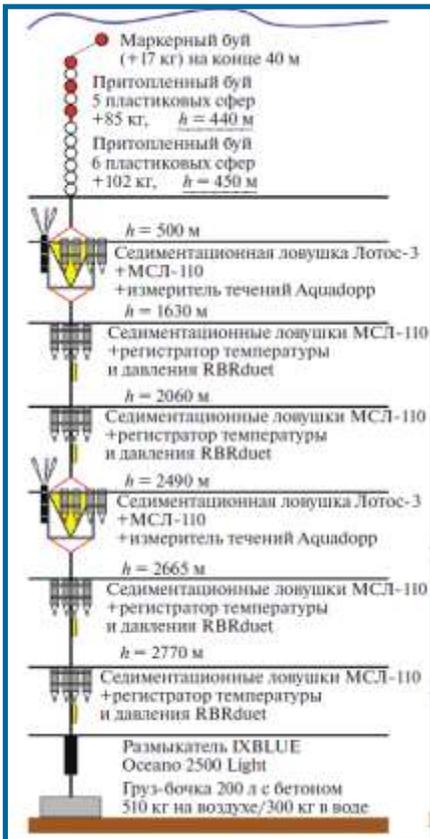
БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН



Автоматические глубоководные седиментационные обсерватории ИОРАН и МГИ

Ледовые станции и автономные буи АНИИ (апрель 2023)



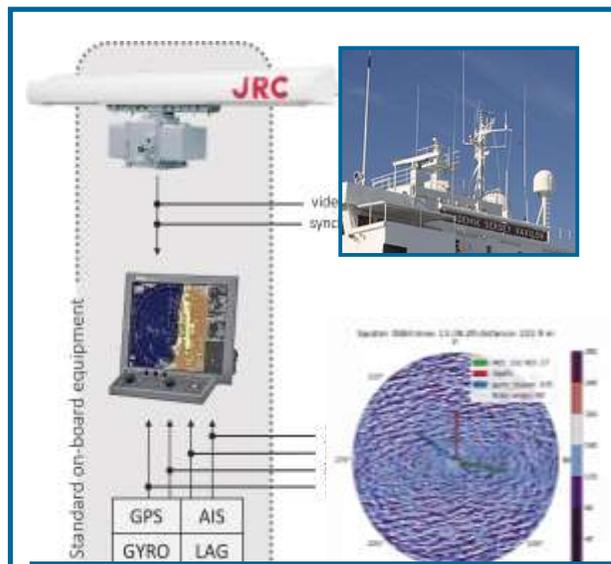
Стационарный буй ИОРАН, июль 2023



Подледный профилограф ИОРАН



Автономный зонд Аквалог ИО РАН, январь 2023



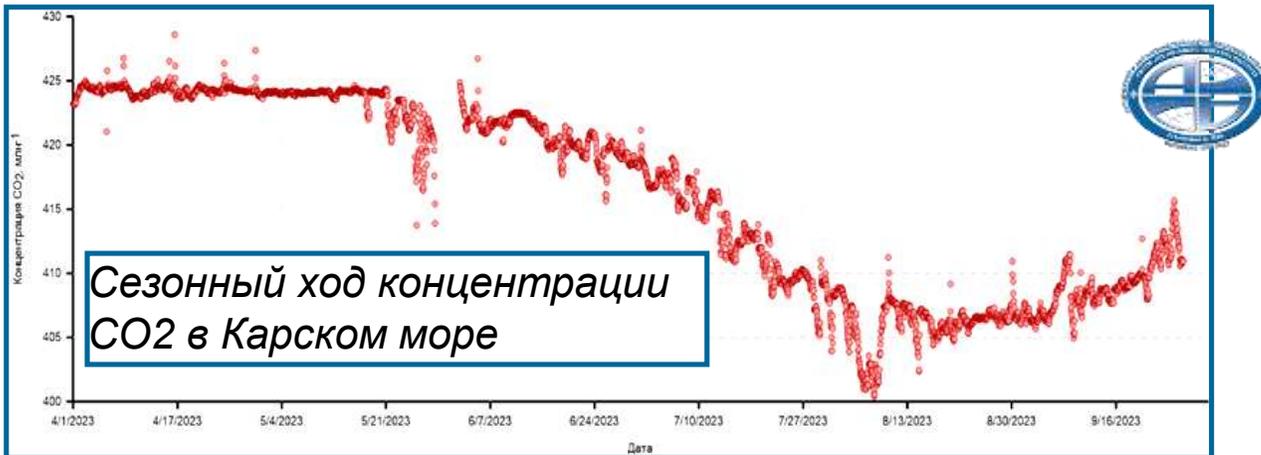
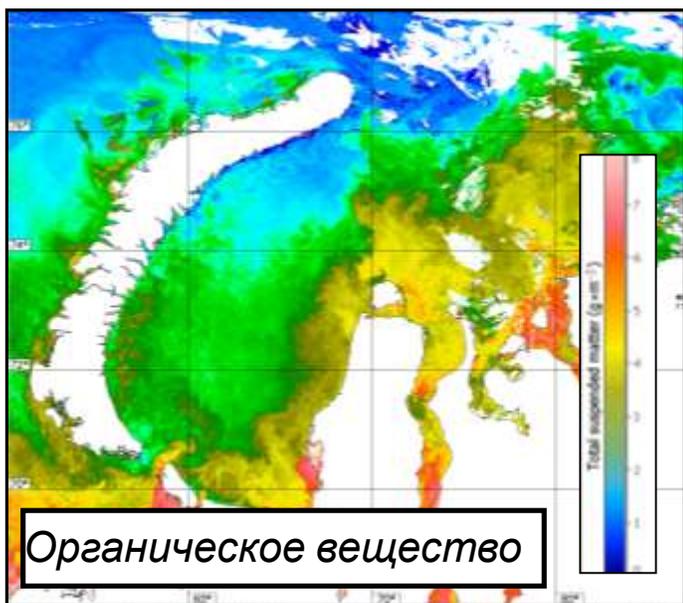
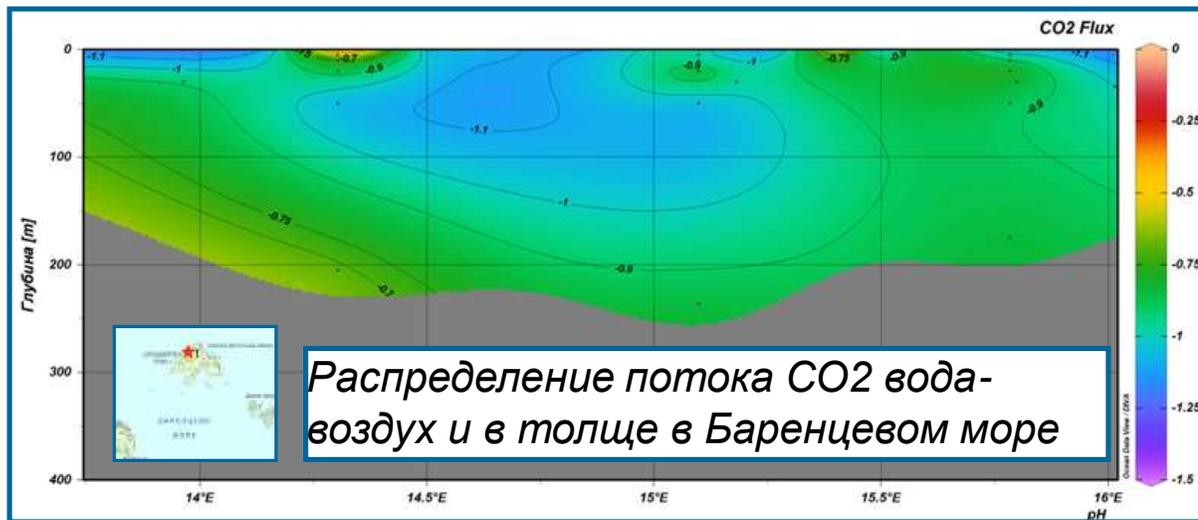
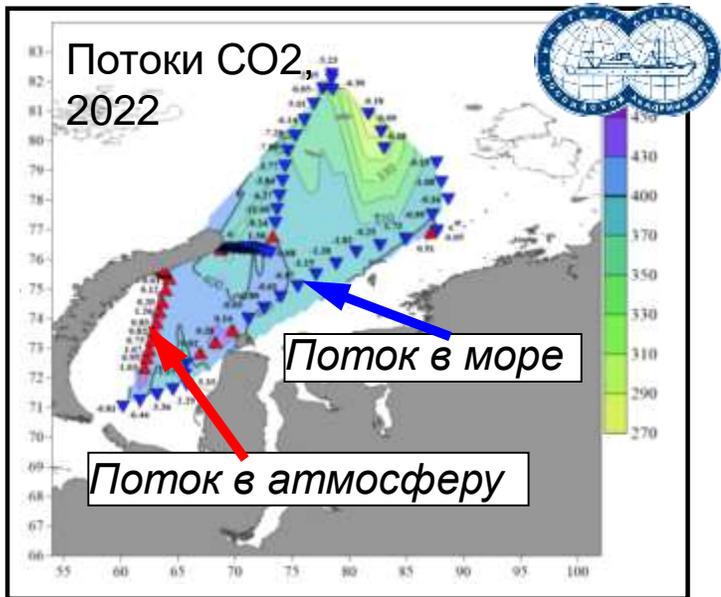
Радарная система мониторинга волнения ИОРАН



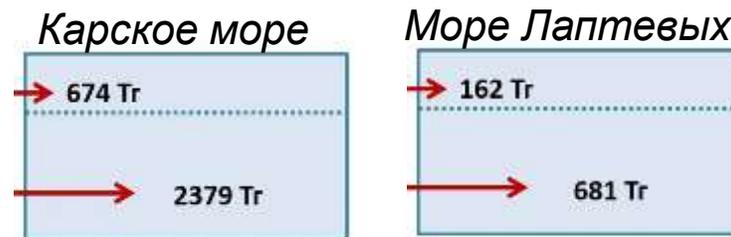
Глубоководная Зондирующая система ТОИ

2022-2023: Первые результаты инструментального мониторинга

-  ИО РАН
-  МГИ
-  ННЦМБ ДВО РАН
-  ТОИ ДВО РАН
-  БФУ им. И. Канта
-  АНИИ
-  ЮНЦ РАН



Интегральные оценки запасов неорганического углерода (Тг) в поверхностном (0-30 м) и придонном слоях



2022-2023: Первые результаты инструментального мониторинга



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



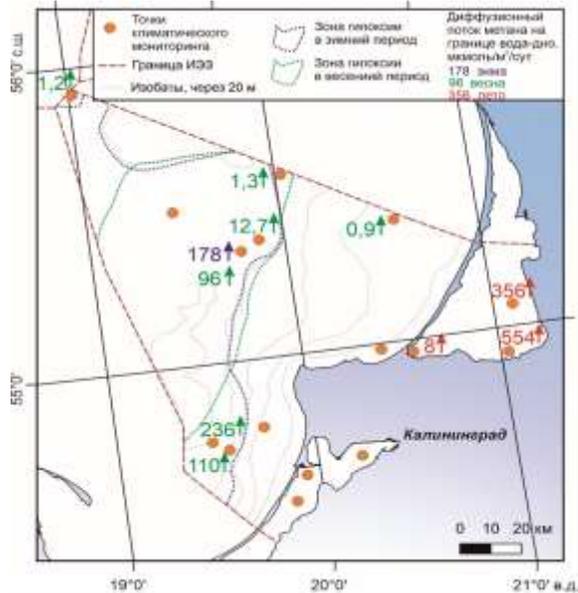
БФУ им.
И. Канта



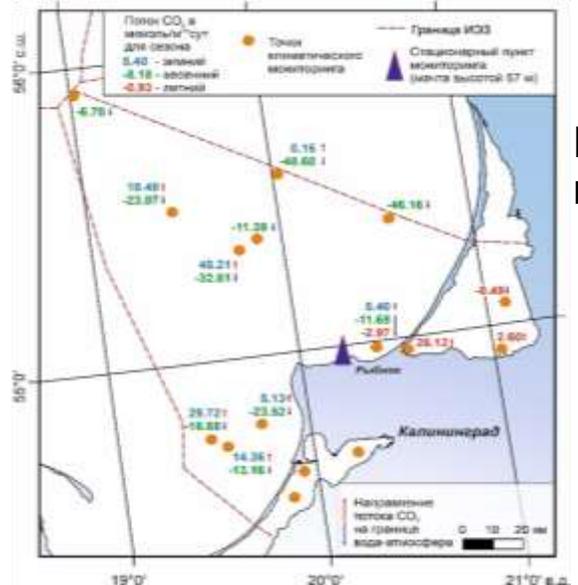
АНИИ



ЮНЦ
РАН

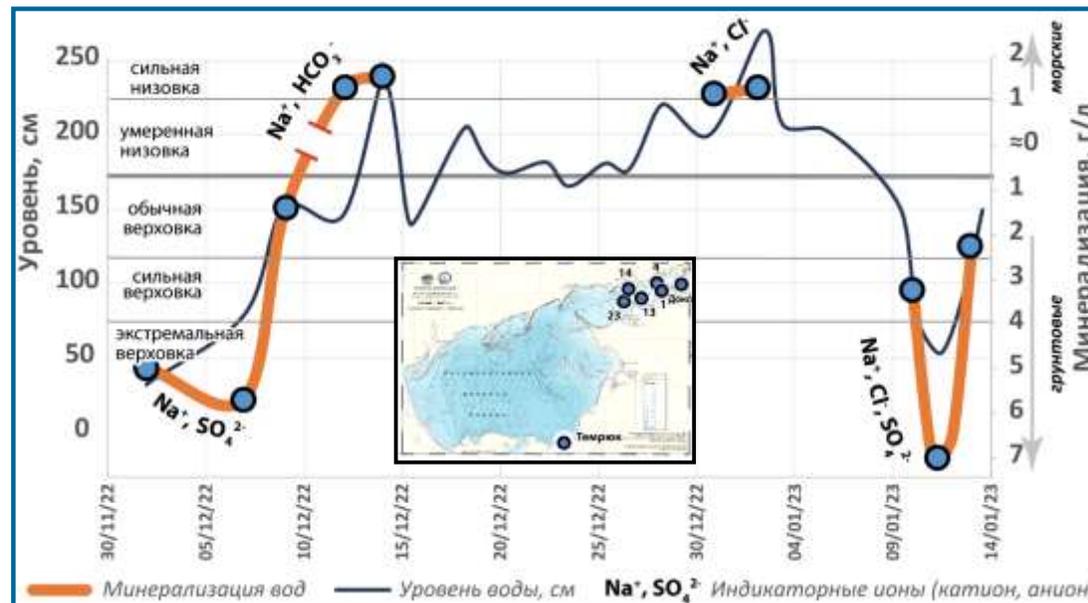


Поток CH₄
из донных
осадков



Поток CO₂ на
поверхности

Зависимость ионного состава вод и поглощения от
уровня вод (стока Дона) в Азовском море



Речные воды (0,6 - 2 г/л)	
анионы	катионы
SO ₄ ²⁻ ≈40% HCO ₃ ²⁻ ≈40% Cl≈20%	Na ⁺ +K ⁺ ≈35% Ca ²⁺ ≈35% Mg ²⁺ ≈30%
Грунтовые воды (до 2 - 8 г/л)	
SO ₄ ²⁻ ≥65%	Na ⁺ +K ⁺ ≥65%
Морские воды (4 - 6 г/л)	
Cl≥80%	Na ⁺ +K ⁺ ≈85%



2022-2023: Первые результаты инструментального мониторинга



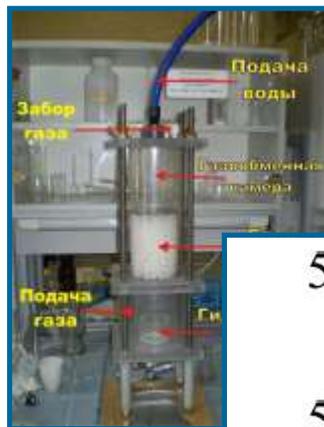
ИО РАН



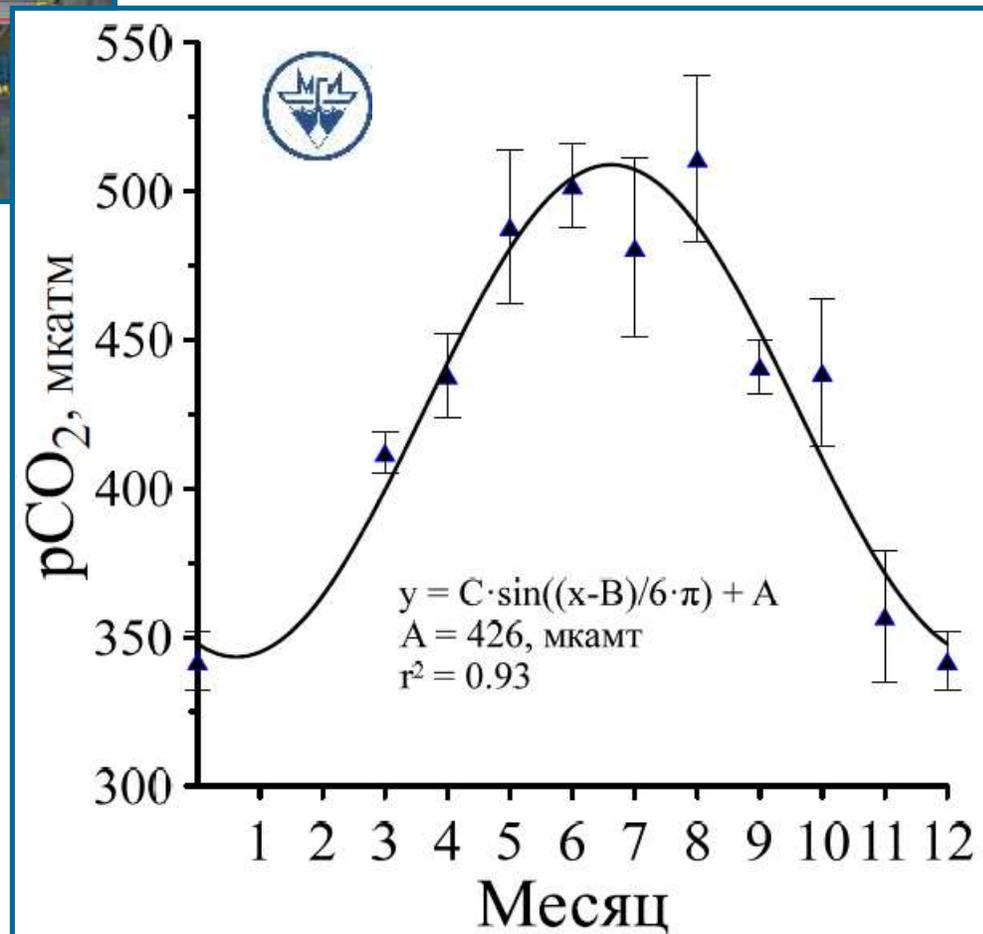
МГИ

ННЦМБ
ДВО РАНТОИ
ДВО РАНБФУ им.
И. Канта

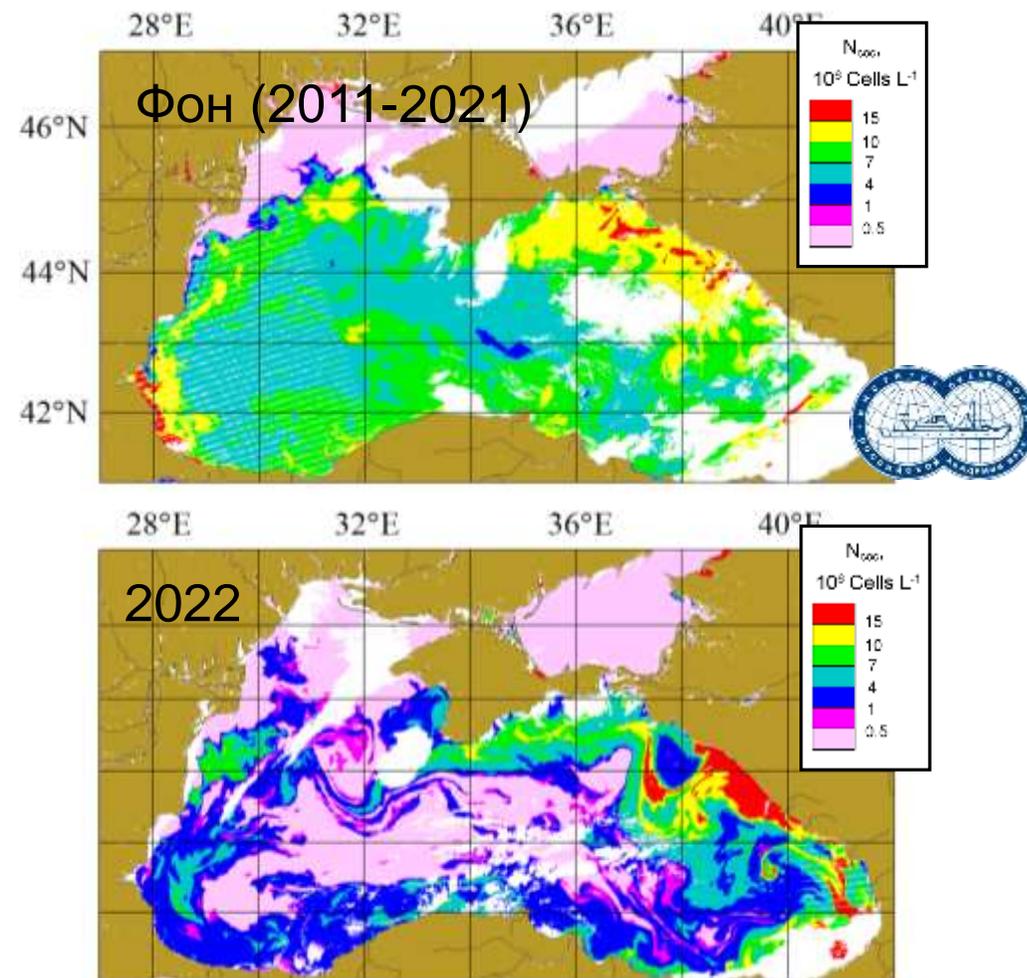
ААНИИ

ЮНЦ
РАН

Годовой ход $p\text{CO}_2$ в
открытой части Черного
моря

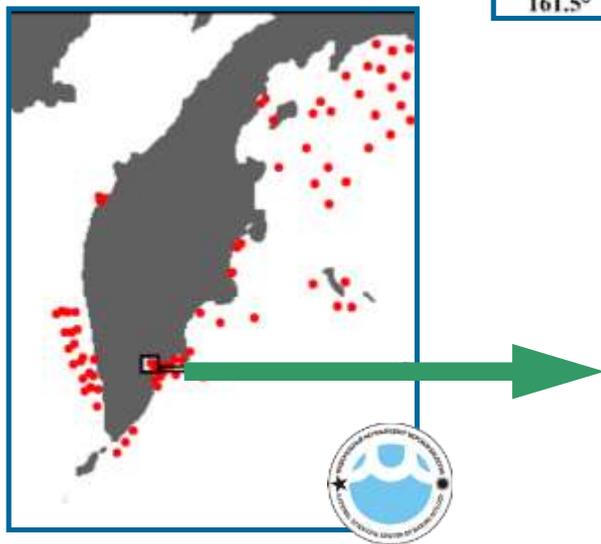
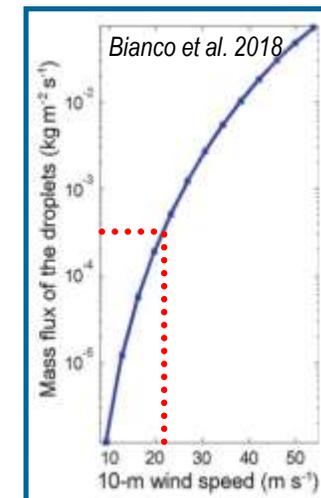
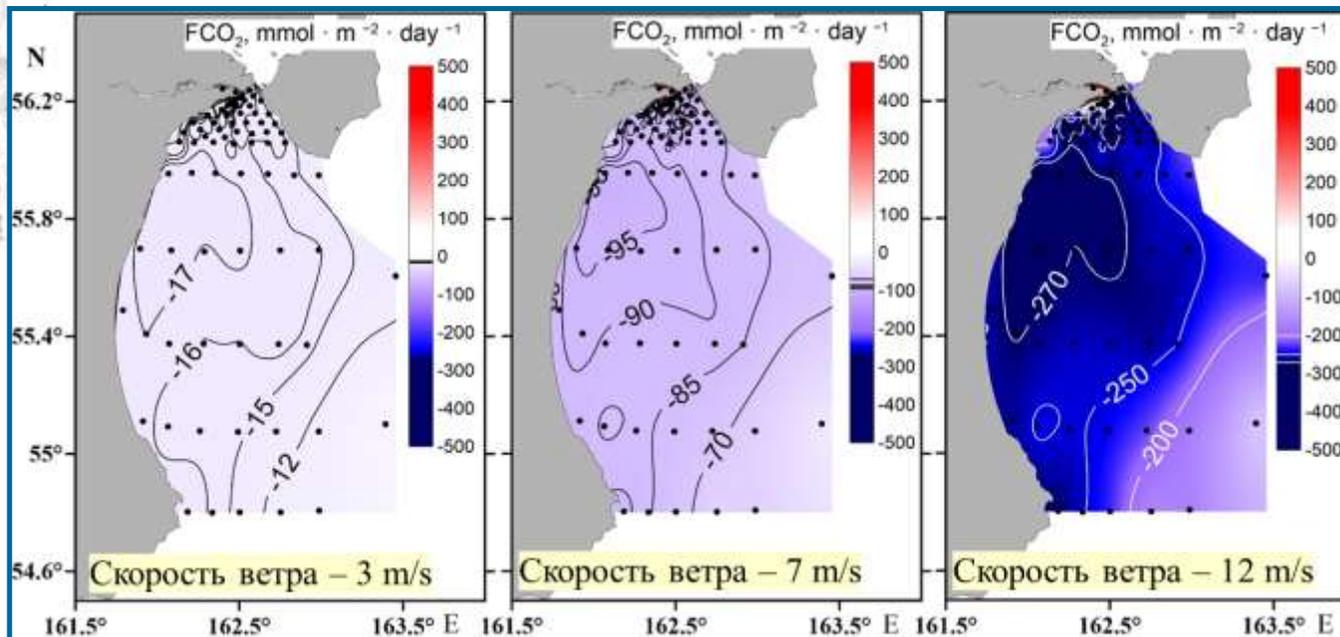
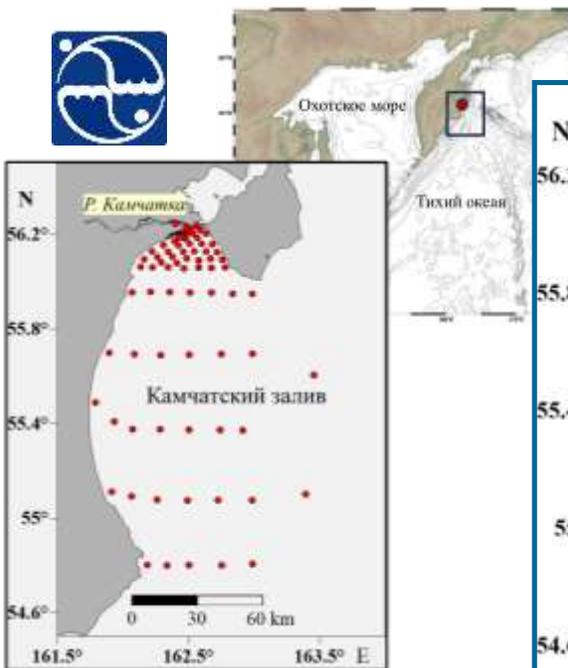


Резкое локальное увеличение массы
 CO_2 -поглощающих водорослей
в восточной части Черного моря



2022-2023: Первые результаты инструментального мониторинга

Поток CO2 атмосфера-океан



- Исторический максимум концентрации хлорофилла – *a*, начиная с 1970 году (**150 мг / л**)
- Изменение **состава таксонов**, определяющих цветение воды, - уменьшение вклада диатомовых и увеличение концентрации мелких эукариотов



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН

2022-2023: Интегрирование данных мониторинга и моделирование



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ ДВО РАН



ТОИ ДВО РАН



БФУ им. И. Канта

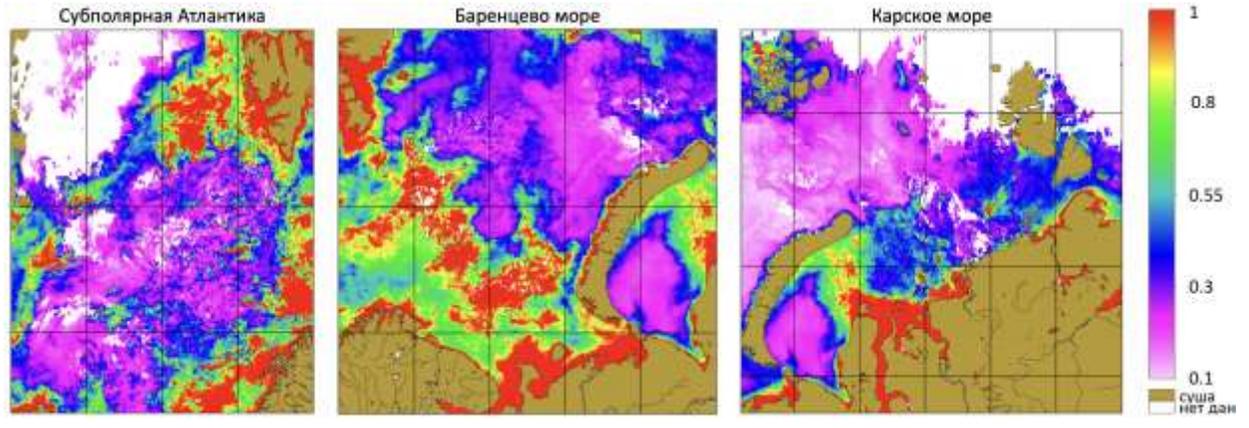


АНИИ



ЮНЦ РАН

Атлас биохимических параметров субполярной Атлантики, Баренцева и Карского морей (2003-2022 гг.)



Историческая база данных экологических и гидрометеорологических параметров Балтики, БФУ (2010-2022 г.)



Форма Файлы История ADCP за 2010 г. (Морские наблюдения - Стационар)

Дата измерения	Время измерения	Значения глубин слоев измерения	Восточная компонента течения в мм/с
01.01.2010	00:02:20	1	5
01.01.2010	00:02:20	2	-3
01.01.2010	00:02:20	3	-7
01.01.2010	00:02:20	4	-13
01.01.2010	00:02:20	5	7
01.01.2010	00:02:20	6	-12
01.01.2010	00:02:20	7	-7
01.01.2010	00:02:20	8	18
01.01.2010	00:02:20	9	3
01.01.2010	00:02:20	10	10
01.01.2010	00:02:20	11	2
01.01.2010	00:02:20	12	13
01.01.2010	00:02:20	13	22
01.01.2010	00:02:20	14	18
01.01.2010	00:02:20	15	26
01.01.2010	00:02:20	16	-18
01.01.2010	00:02:20	17	14

Форма Файлы История ADCP за 2010 г. (Морские наблюдения - Стационар)

Дата	Время	Имя файла
20.11.2013	12:33:21	Comments.doc
20.11.2013	12:33:21	2010_Comments.doc
20.11.2013	12:33:20	2010_09.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_06.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_03.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_11.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_08.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_05.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_02.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_10.zip
20.11.2013	12:33:20	2010_07.zip

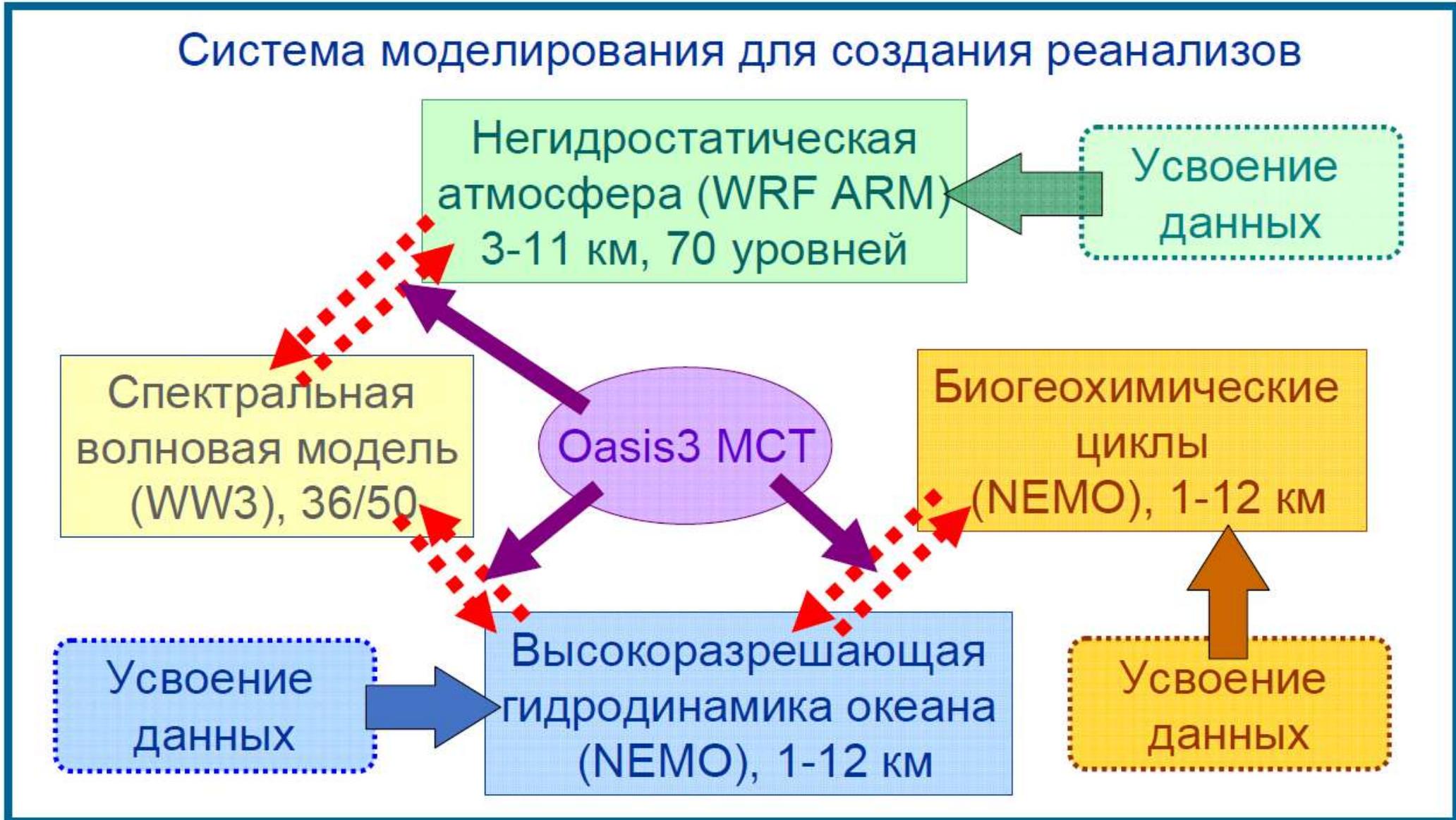
Морской биобанк
...ресурсная коллекция, центр коллективного использования

Содержание

- Новости
- Статьи
- Оборудование
- Получение сведений об оборудовании
- Контакты
- Услуги
- Облачный магазин

Район	Специал.	Возраст станций	Вид	Дата сбора	Субстрат	Глубина	Глубина дн	Сезон	Определен	Температура
Архангельский район	18		Нормальное состояние	17.10.2021				Зимнее С.П.	Степанов И.В.	0.00
Архангельский район	1		Нормальное состояние	21.09.2021				Зимнее С.П.	Степанов И.В.	18.00
Архангельский район	102		Нормальное состояние	11.09.2021				Орфей Т.Ю.	Полыгина А.А.	32.40
Баренцев пролив	111		Результат исследования	04.10.2020				ТОО	Савина М.С.	1.80

2022-2023: Интегрирование данных мониторинга и моделирование



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН

2022-2023: Интегрирование данных мониторинга и моделирование



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта

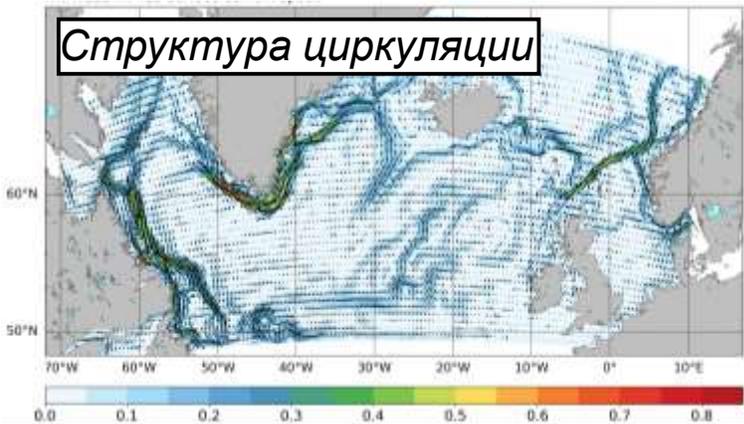


АНИИ

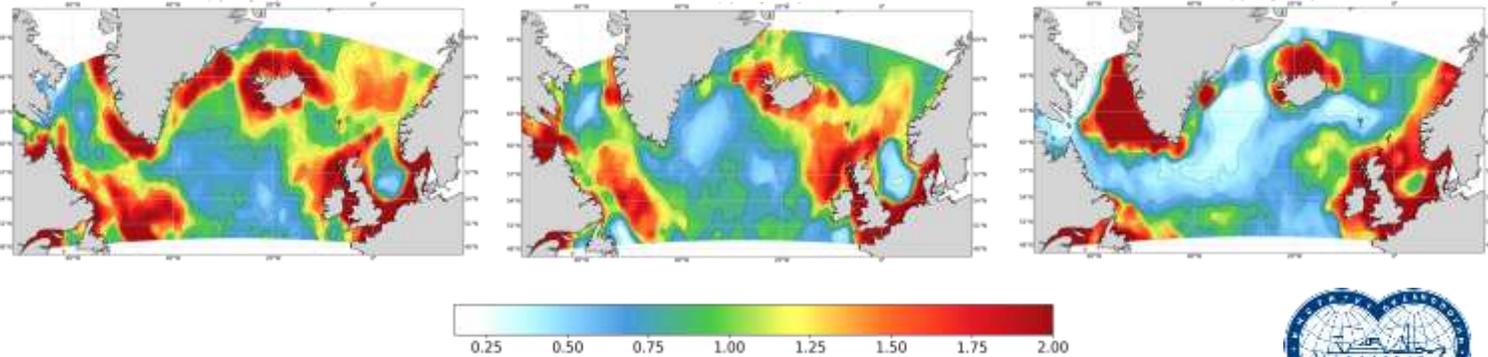


ЮНЦ
РАН

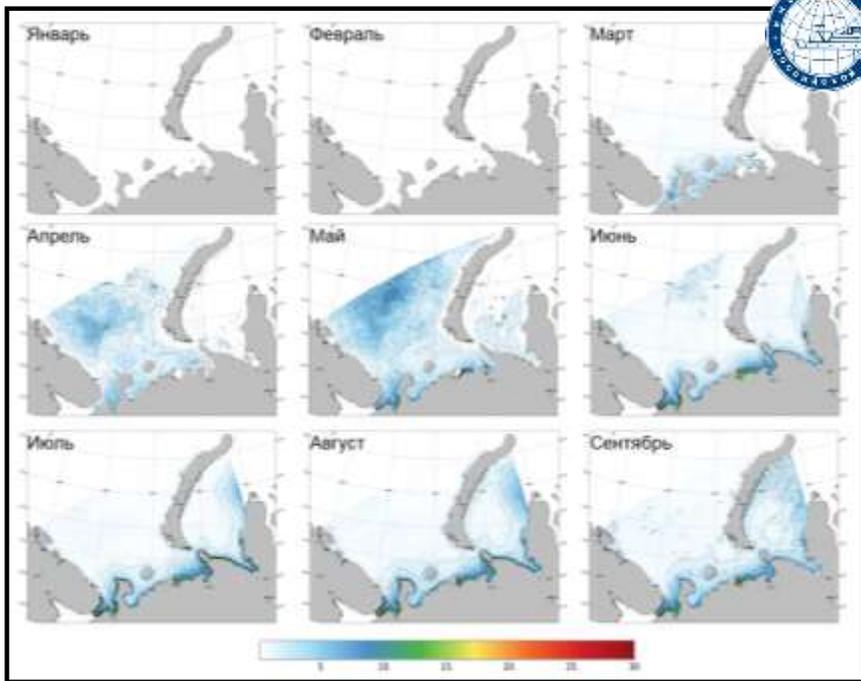
Структура циркуляции



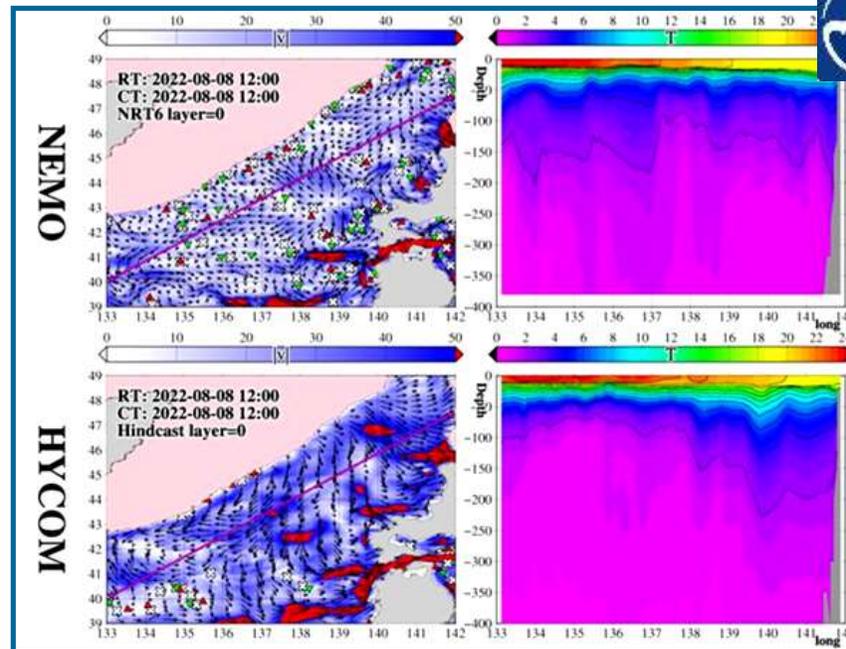
Моделирование сезонного цикла потоков CO2 в Атлантике (1993-2022)



Моделирование сезонного цикла хлорофилла-а в Баренцевом море (1993-2022)



Сравнение 2 модельных конфигураций в Японском море



Выполнение программы

- ✓ Создано ~60% наблюдательной инфраструктуры, заявленной на 2023-2024 гг.
- ✓ Создано ~70% необходимых модельных конфигураций, для которых проведены все контрольные эксперименты.

Что будет в конце 2024 г.

- ✓ 2 региональные **океанские системы** мониторинга с обеспеченными потоками данных.
- ✓ 8 региональных **морских систем** наблюдений с обеспеченными потоками данных.
- ✓ 10 высокоразрешающих **океанских и морских** реанализов с квази-оперативным обновлением.

Планы на 2025 +

- ✓ Каспийское море – новый регион (подготовлена программа с участием новых партнеров) + расширение работ по Азову.
- ✓ Оперативная ГИС система (будет начата разработка в 2024 г.).
- ✓ Новое поколение моделей ($1/36^\circ$ - зависит от доступности вычислительных ресурсов).
- ✓ Создание национальных буев (совместно с МКиСб ТЗ в стадии разработки).



ИО РАН



МГИ



ННЦМБ
ДВО РАН



ТОИ
ДВО РАН



БФУ им.
И. Канта



АНИИ



ЮНЦ
РАН

