



# Веб-сервис данных подспутниковых измерений

*Елизаров Д.А.<sup>1,2</sup>, Лаврова О.Ю.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет космических исследований

- Результаты, полученные с помощью данных дистанционного зондирования, требуют верификации. Она проводится на основе данных, полученных в результате синхронных натурных подспутниковых измерений.
- Совместный анализ данных, полученных из спутниковых и подспутниковых измерений, представляет собой сложную задачу, для решения которой необходима точная географическая привязка, предварительная обработка и структуризация данных, автоматизация процесса импорта и экспорта измерений, визуализация данных.
- Для сохранения и структурирования данных, полученных in-situ, необходимо создать соответствующую базу данных.
- Для решения этих задач был разработан web-сервис и специальные «инструменты», которые были интегрированы в информационную систему See the Sea.



# Районы проведения подспутниковых измерений





# Основной состав приборной базы, используемый во время натурных измерений



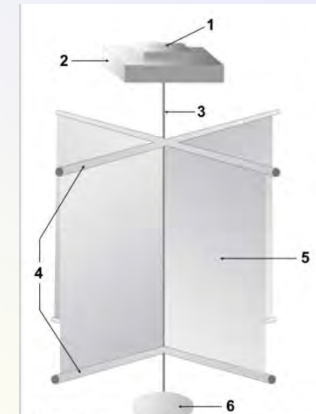
измеритель течений  
ADCIP WH300Hz



CTD-зонд RBR-concerto



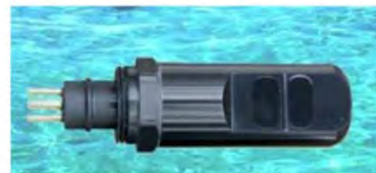
измеритель флуоресценции  
*Turner Design Cyclops-7*



Принципиальная схема конструкции мини-дрифтера: 1 – водонепроницаемый бокс с трекером; 2 – поплавок; 3 – трос; 4 – каркас павса; 5 – павс; 6 – гвозз

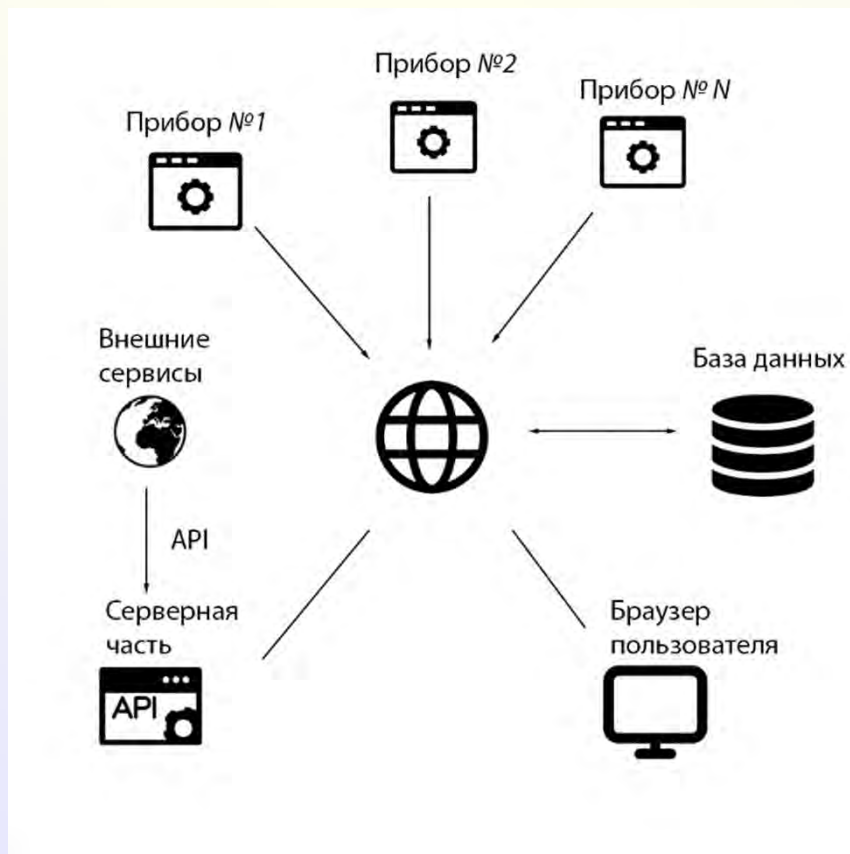


портативный турбидиметр  
Apera Inst. TN400



измеритель мутности  
*Seapoint Turbidity*



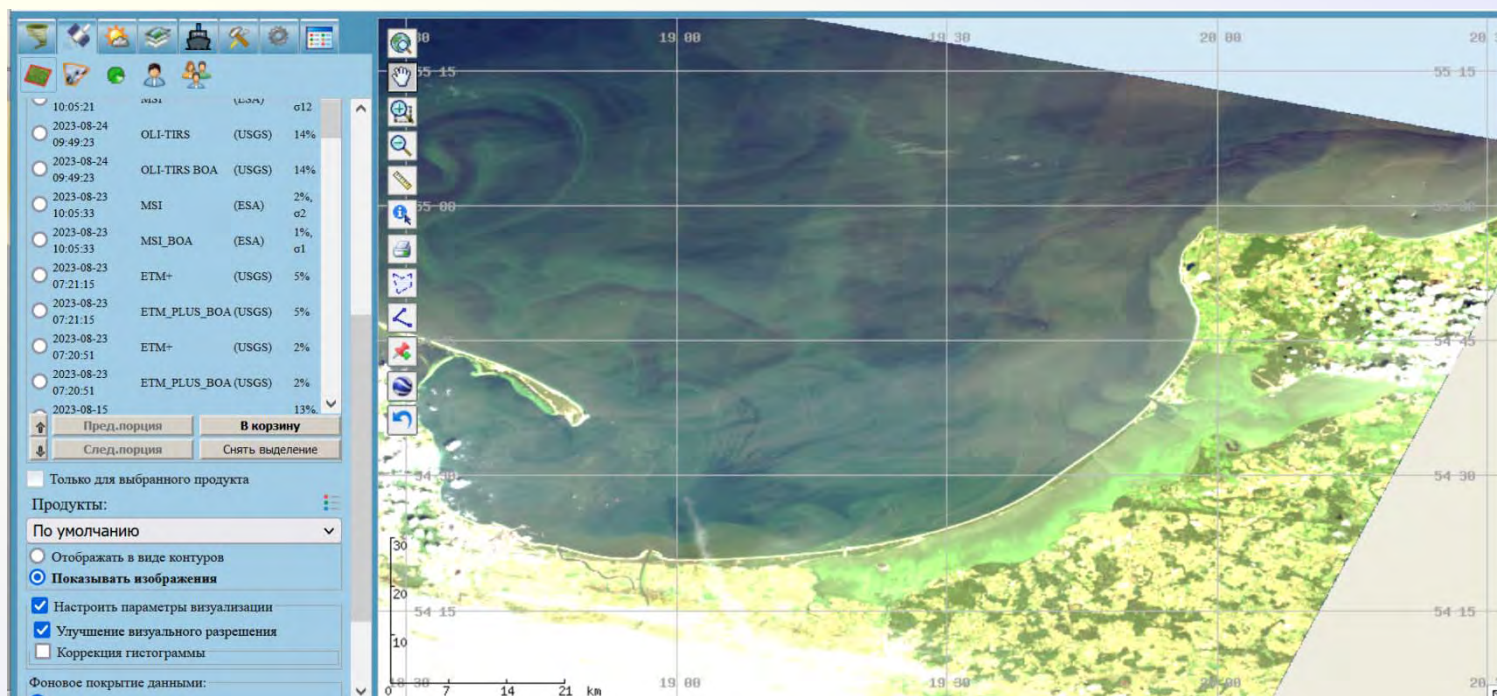


Веб-сервис, предназначенный для хранения и обработки данных подспутниковых измерений, включает в себя следующие интерфейсы, для взаимодействия с пользователями:

- интерфейс, предназначенный для создания и редактирования метаданных экспедиций;
- интерфейс, обеспечивающий возможность экспорта и импорта экспедиционных данных;
- интерфейс визуализации данных, предоставляющий средства для наглядного представления информации;
- интерфейс хранения файлов, предназначенный для работы с локальными архивами экспедиций, т.е. журналами экспедиций и т.д.

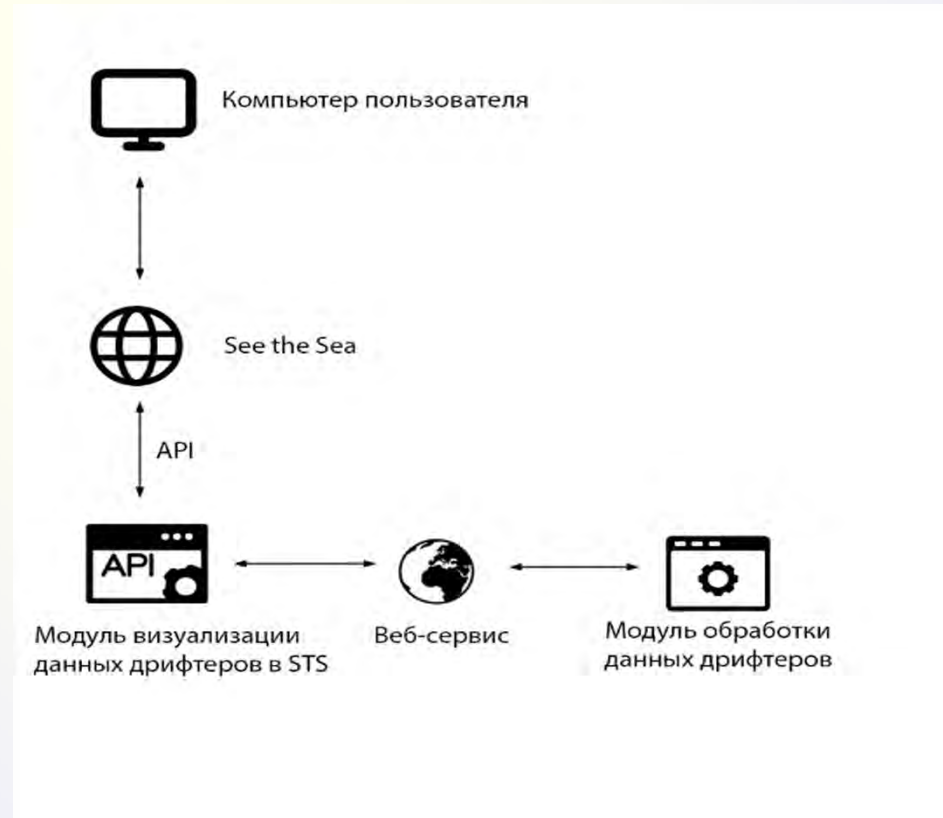


# Информационная система See the Sea



See the Sea (<http://ocean.smislabs.ru>) представляет собой информационную систему, ориентированную на междисциплинарные исследования Мирового океана с использованием данных спутниковых наблюдений. Она является неотъемлемой частью Центра коллективного пользования ЦКП-ИКИ мониторинг (<http://ckp.geosmis.ru/>)

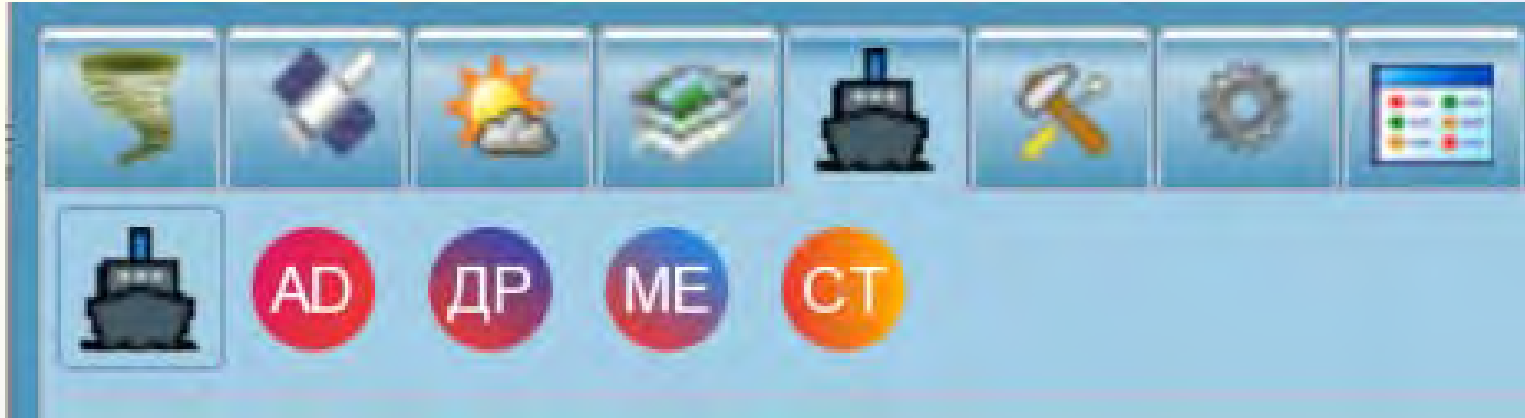
# Схема интеграции и взаимодействия веб-сервиса и See the Sea



Для работы с данными подспутниковых измерений на стороне STS написан пользовательский интерфейс, который включен в модуль визуализации



# Интеграция в STS данных подспутниковых измерений



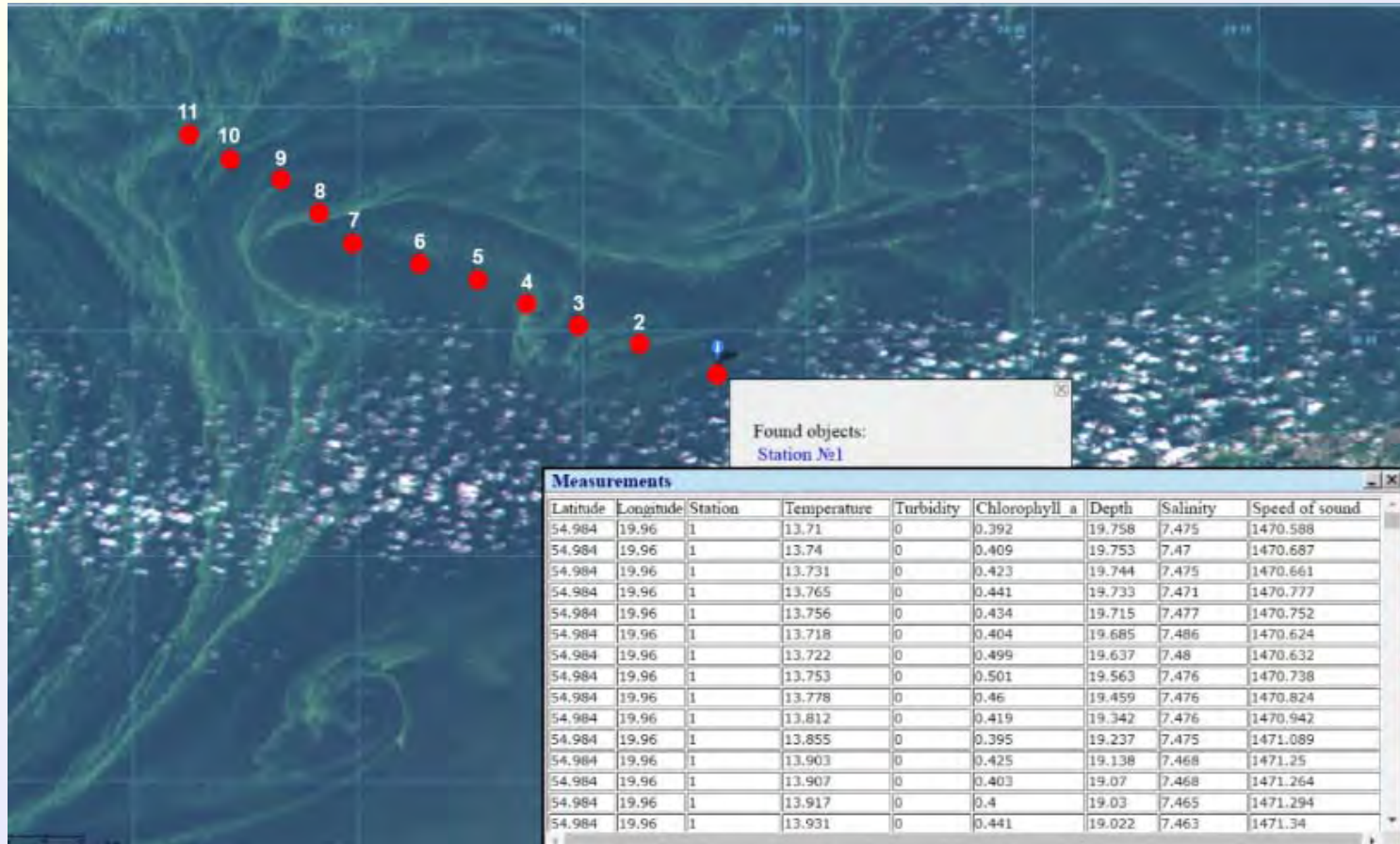
**К настоящему моменту в информационную систему See the Sea интегрированы данные:**

- **Акустического доплеровского измерителя течений (ADCP)**
- **Лагранжевых дрейфтеров**
- **Судовой метеостанции**
- **Зонда CTD, датчиков мутности и хлорофилла-а**





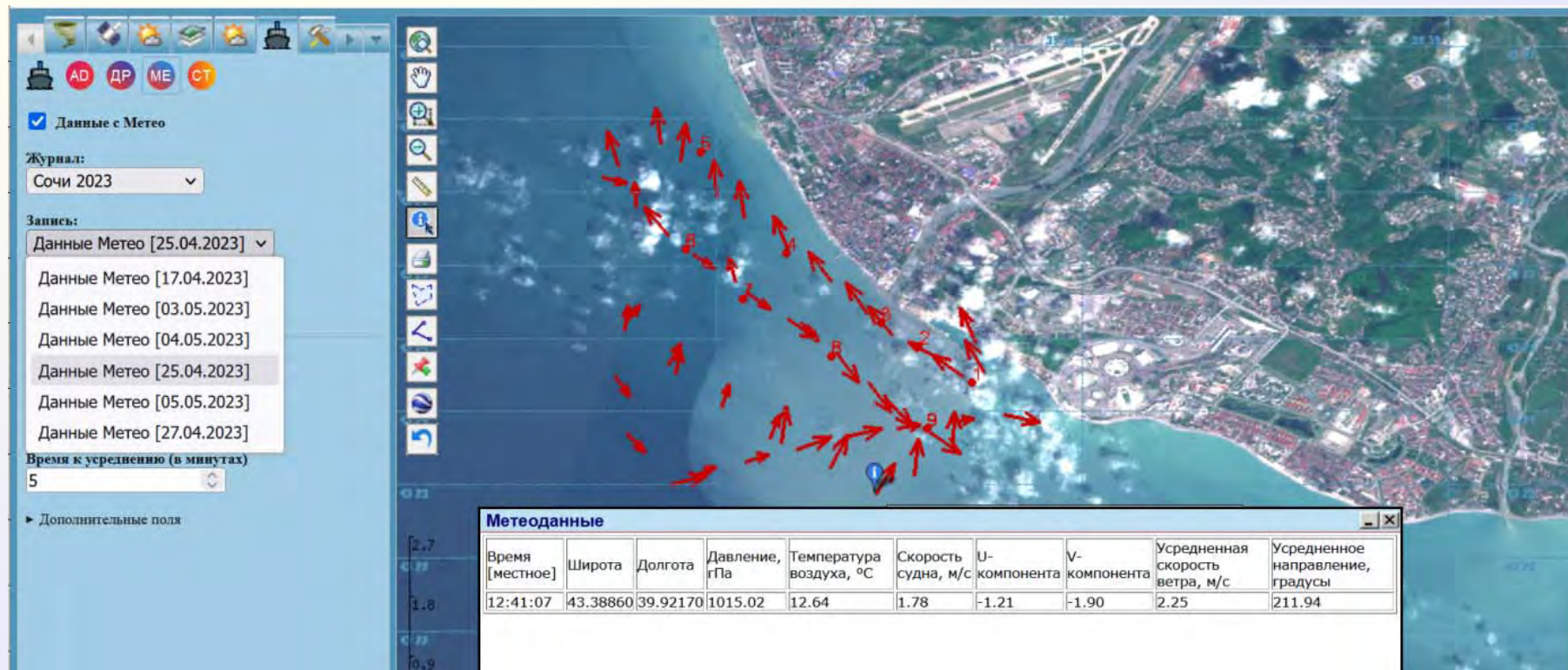
# Интеграция данных CTD-зонда в систему See the Sea



Результаты визуализации и просмотра данных CTD-зонда и датчиков мутности и концентрации хлорофилла-а



# Интеграция метеоданных в систему See the Sea



Результаты визуализации и просмотра метеоданных



# Интеграция данных лагранжевых дрейфтеров в систему See the Sea



Результаты визуализации и просмотра данных дрейфтеров



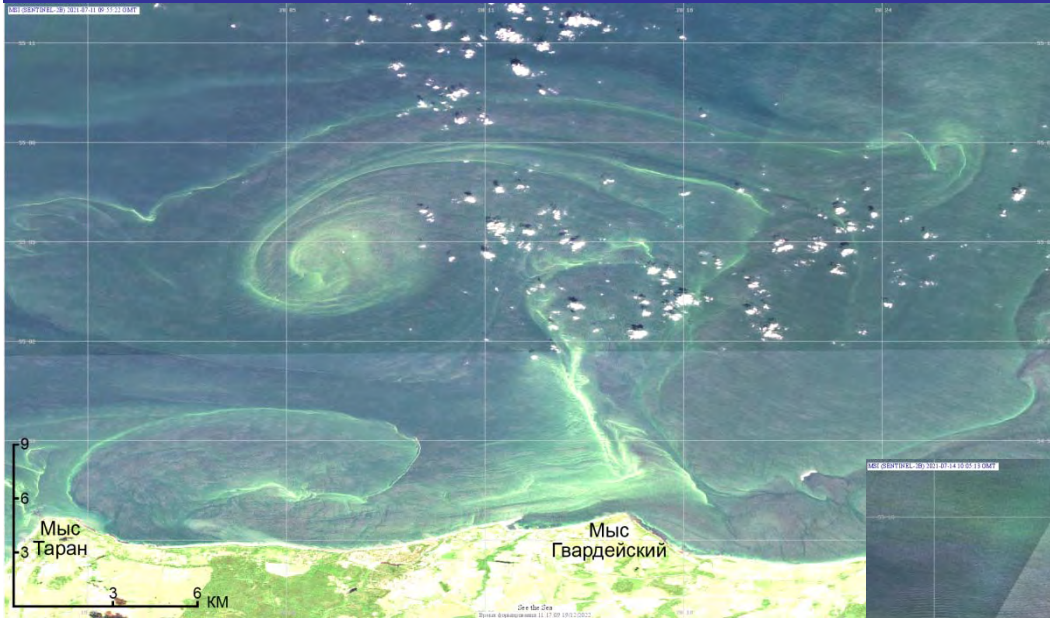
# Интеграция данных акустического доплеровского измерителя течений в систему See the Sea



Результаты визуализации и просмотра данных ADCP

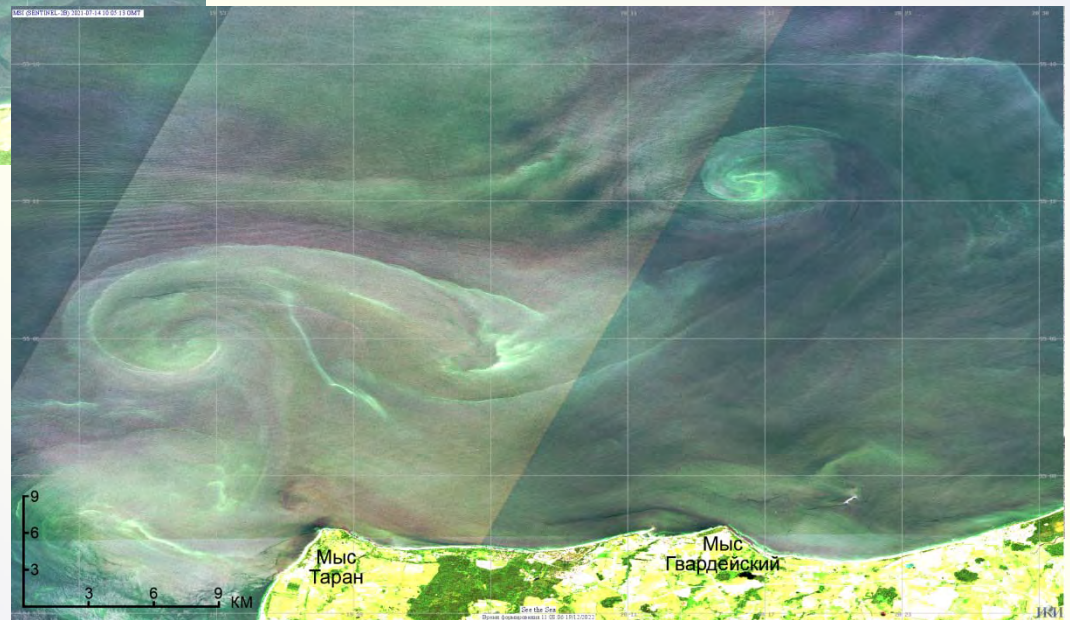


# Использование данных ADCP и спутникового зондирования для определения трехмерной структуры вихревого диполя



MSI Sentinel-2B, 11.07.2021, 09:55 UTC

MSI Sentinel-2B, 14.07.2021, 10:05 UTC



Фрагменты спутниковых изображений видимого диапазона высокого пространственного разрешения, содержащих проявления вихревых диполей



# Использование данных ADCP и спутникового зондирования для определения трехмерной структуры вихревого диполя

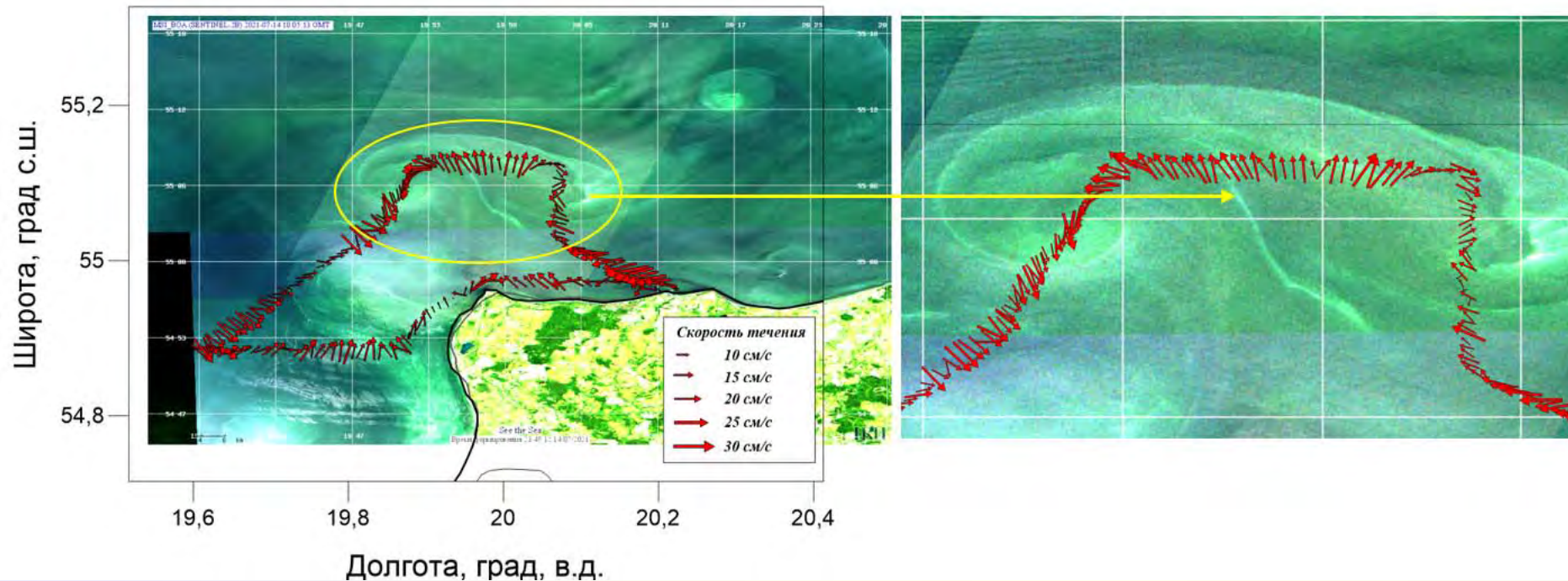
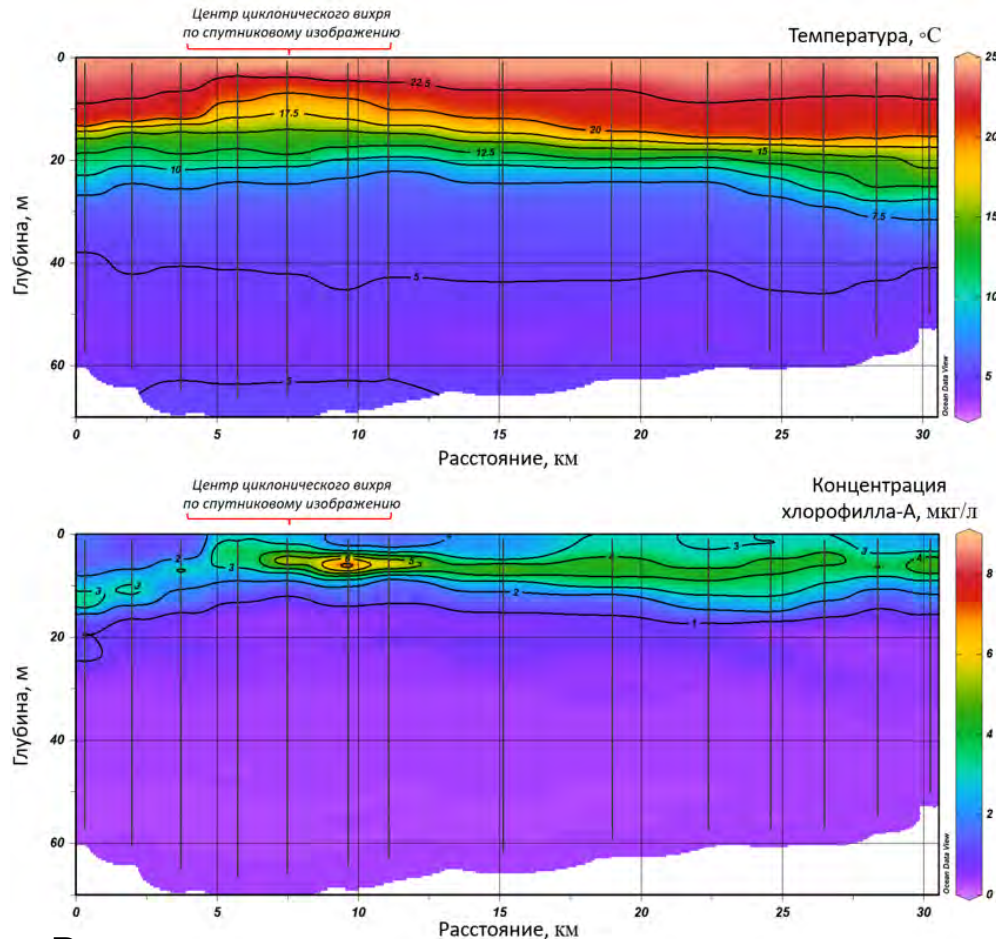


Схема проведения экспериментальных работ по исследованию структуры течений в районе обнаружения вихревого диполя 14.07.2021: а — общая схема; б — увеличенный фрагмент, соответствующий пересечению судном вихревого диполя



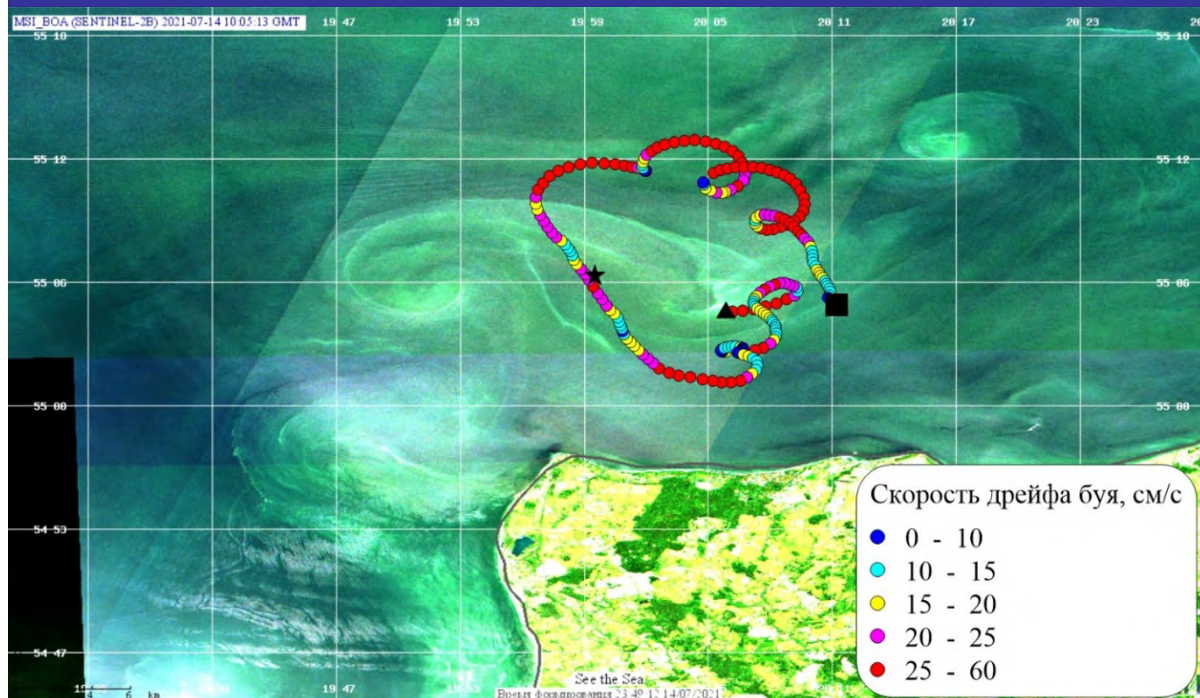
# Использование данных ADCP и спутникового зондирования для определения трехмерной структуры вихревого диполя



Вертикальные распределения температуры воды и концентрации хлорофилла-а на разрезе через вихревой диполь 14.07.2021

В области обнаружения по спутниковым изображениям циклонической части вихревого диполя наблюдается характерный для циклонической завихренности подъём вод, что выражается в локальном подъёме изотерм к поверхности. Величина вовлечения (подъёма) нижележащих вод в циклоническую завихренность на примере изотермы 20 °C составляет порядка 5 м относительно областей разреза вне вихревого диполя и областей внутри ножи. Подъём вод прослеживается с глубины ~12 до ~7 м в центральной части циклонического вихря

## Использование данных дрейтера и спутникового зондирования для определения скоростей в вихревом диполе



Дрейф лагранжевого дрейтера за период 11.07.21 20:38 – 17.07.21 11:40. В момент получения спутникового изображения лагранжевый дрейтер находился в точке, отмеченной на рисунке черной звездой.

Начиная с 13.07.2021 19:50 дрейтер был захвачен установившимся течением, возникшим при формировании вихревого диполя, и распространялся в северо-западном направлении со средней скоростью 35-40 см/с. На момент получения спутникового изображения дрейтер находился в центральной части грибовидной вихревой структуры (в «ножке») и двигался в северо-западном направлении со средней скоростью 23 см/с.





## Заключение

Проведение синхронных подспутниковых измерений является необходимым условием для валидации спутниковых данных.

Для хранения, обработки, визуализации и проведения совместного анализа данных натуральных измерений и спутниковой информации был разработан веб-сервис, позволяющий интегрировать в спутниковую информационную систему “See the Sea” данные различных океанологических приборов, которые были собраны сотрудниками лаборатории Аэрокосмической радиолокации ИКИ РАН во время проведения подспутниковых измерений в Черном, Балтийском, Каспийском и Азовском морях в 2016-2023 гг.

Совместный анализ разнородных данных позволил определять параметры различных гидрофизических процессов, в частности восстанавливать трехмерную структуру прибрежных течений.



- Авторы благодарят всех многочисленных участников подспутниковых измерений.
- Обработка и анализ спутниковых данных проводились с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-мониторинг» с помощью инструментария информационной системы See the Sea.
- Работа выполнена в рамках и при финансовой поддержке госзадания ИКИ РАН, темы «Мониторинг» (госрегистрация № 122042500031-8).



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**