

Вынос р. Кубань в Темрюкский залив: спутниковые наблюдения и измерения in-situ

Лаврова О.Ю.(1), Назирова К.Р.(1), Алферьева Я.О.(2),
Князев Н.А. (1)

¹Институт космических исследований РАН, Москва

*²Московский государственный университет им. М.В.
Ломоносова, геологический факультет, Москва*

[**olavrova@iki.rssi.ru**](mailto:olavrova@iki.rssi.ru)



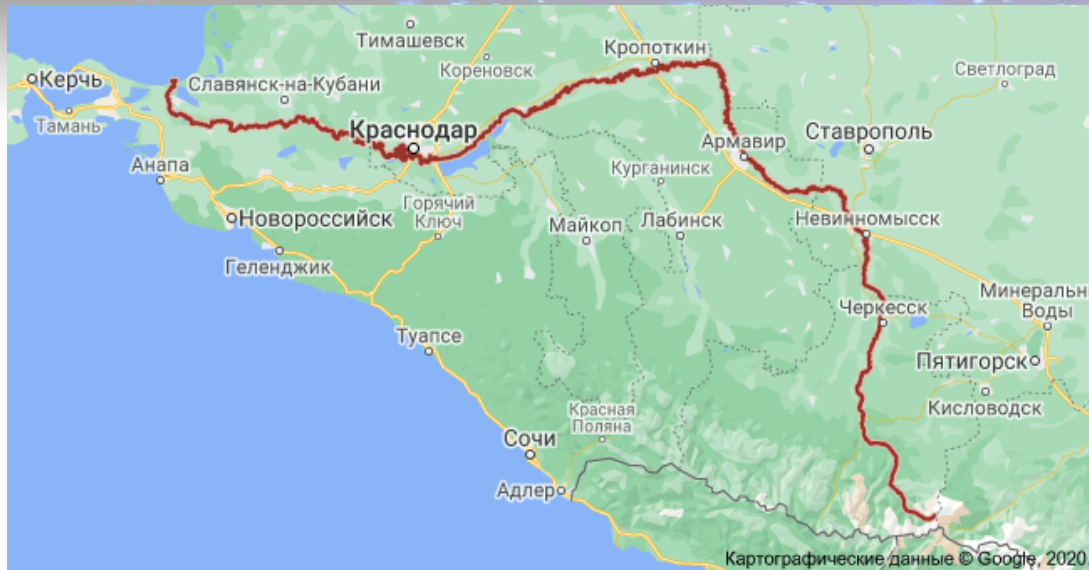
В работе также принимали участие

- Щеголихина Мария – Факультет космических исследований МГУ, Москва
- Соловьев Дмитрий – Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь
- Жук Елена – Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь
- Строчков Алексей – Институт космических исследований РАН, Москва
- Виталий – капитан маломерного судна

Мотивация

- Одна из основных задач при получении количественных характеристик на основе спутниковых данных – их верификация с помощью измерений in-situ
- В европейской части России не так много рек, выносы которых хорошо проявляются на спутниковых изображениях, и в то же время доступных для проведения подспутниковых измерений в их приустьевой зоне
- Сток р. Кубань отличается от хорошо изученных черноморских рек Краснодарского края и Абхазии

Река Кубань



Река Кубань берет своё начало с северо-западного и юго-западного плеча Эльбруса.

Длина Кубани составляет 870 км, площадь водосборного бассейна — 57,9 тыс. км².

По высоте бассейн реки Кубань делится на 4 основные зоны:

- *среднегорную*, свыше 1000 м над уровнем моря;
- *низкогорную*, от 500 до 1000 м;
- *равнинную*, от 200 до 500 м;
- *низменную*, до 200 м.

При впадении в Азовское море река образует крупную дельту площадью около 4300 км².

Общий сток Кубани в Азовское море составляет около 11,0 км³ в год.



Задачи нашего исследования

- Оценить пространственную и временную изменчивость плюма реки Кубань в период 2016-2019 гг.;
- исследовать влияние гидрометеорологических факторов на распространение речных вод Кубани в Темрюкском заливе;
- определить максимальные значения мутности и концентрации взвешенного вещества по данным синхронных контактных измерений;
- сравнение результатов спутниковых наблюдений и измерений in-situ
- проведение дрифтерных экспериментов с целью определения параметров прибрежных течений

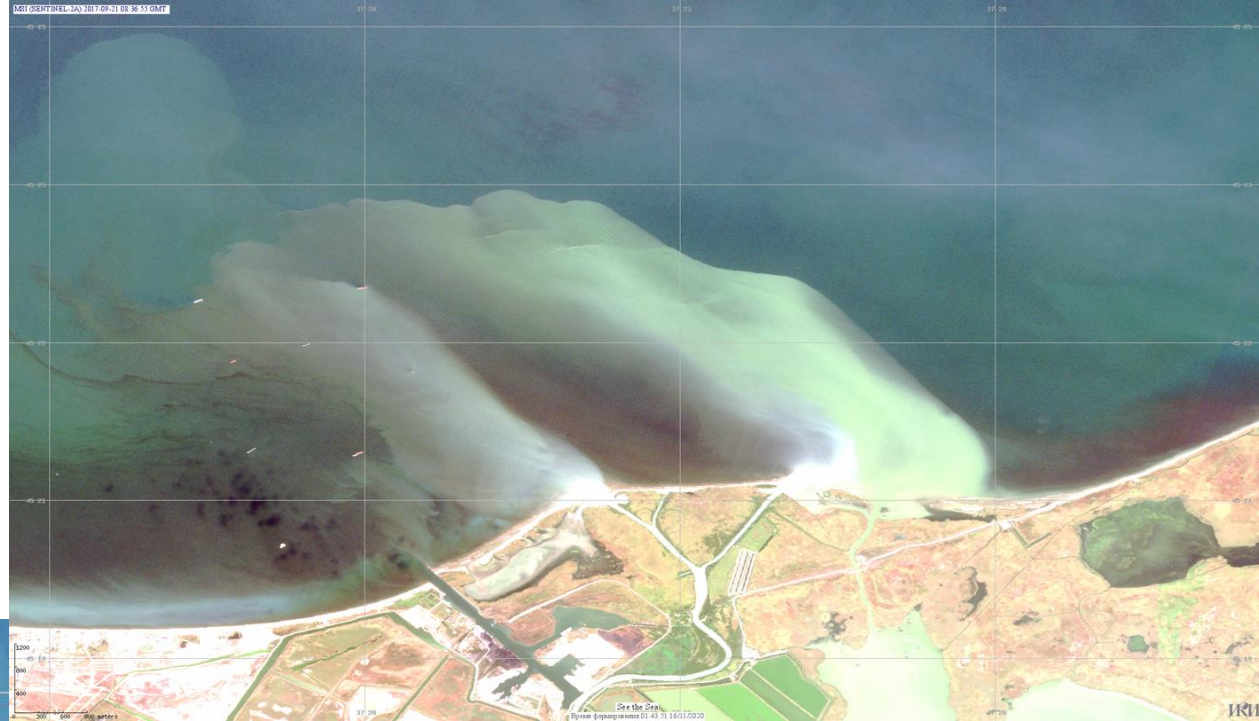
Используемые спутниковые данные

Ocean Color Data

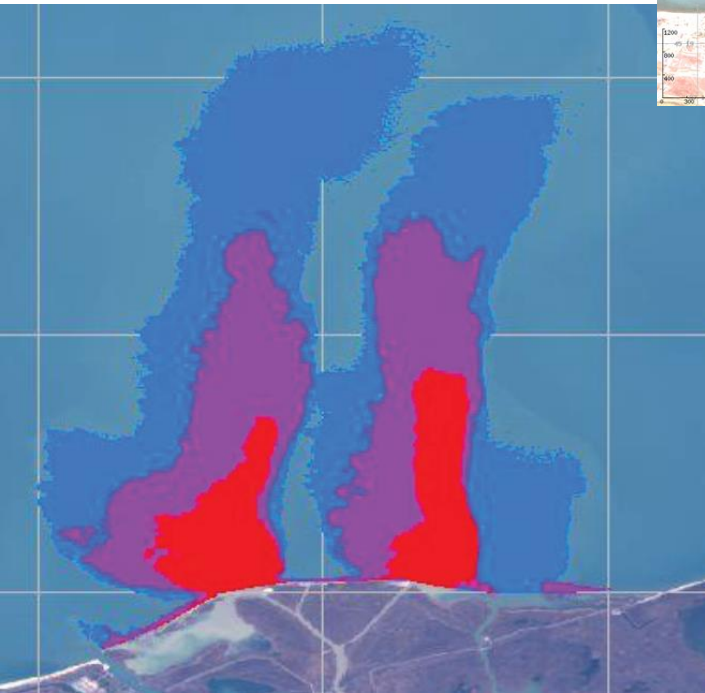
- Terra MODIS,
- Aqua MODIS,
- Landsat-8 OLI
- Sentinel-2A/2B MSI

Radar Data

- Sentinel-1A/1B SAR-C

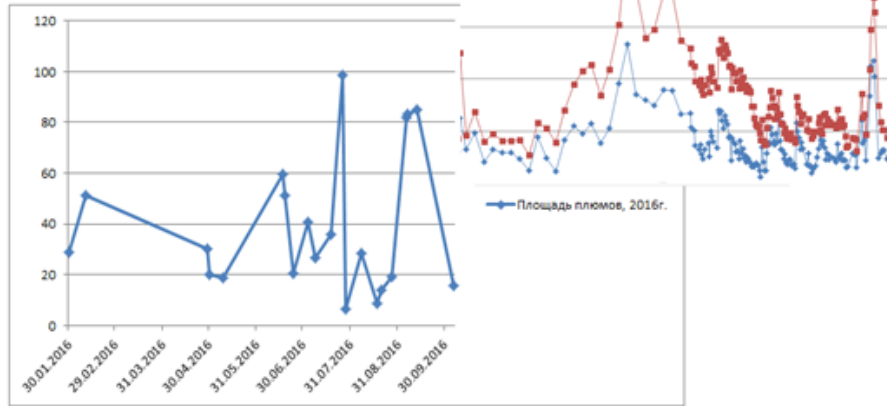


Пример проявления плумов р. Кубань на цветосинтезированном изображении (4, 3, 2 каналы) MSI Sentinel-2A от 21 сентября 2017 г. Суммарная площадь плумов – 23,5 кв. км.



Кластеризованное изображение MSI Sentinel-2A от 10 февраля 2016 г. Получено с использованием инструментов в информационной системе “See the Sea”

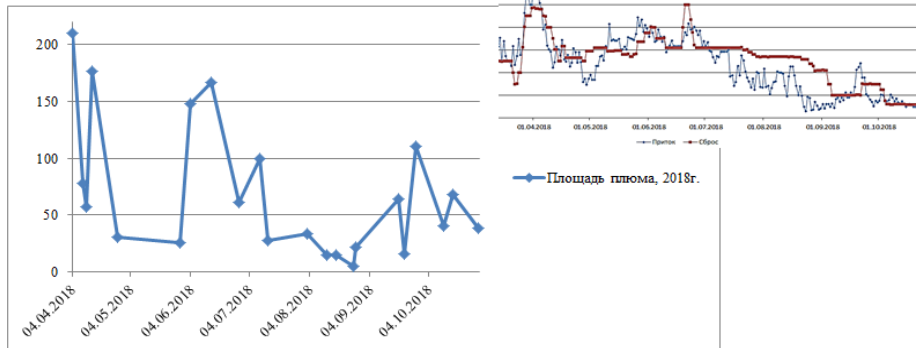
Взаимосвязь между объемом сброса на Краснодарском водохранилище и площадью плюмов



2016 г.



2017 г.



2018 г.

Площадь плюмов (кв.км) – сплошные синие линии;
приток на Краснодарское водохранилище ($\text{м}^3/\text{с}$) – голубые точки;
сброс с Краснодарского водохранилища ($\text{м}^3/\text{с}$) – красные точки.

Плюм р. Кубань в Темрюкском заливе увеличивается по площади спустя 3-7 дней после сброса с водохранилища.

Из дипломной работы Щеголихиной Марии

Измерения *in-situ*

2018 г.

Измерения проводились с 28 сентября по 3 октября
Выполнены 31 станция отбора проб воды для дальнейшей фильтрации и определения концентрации взвешенного вещества.
Запущено 3 дрефтера



2019 г.

Измерения проводились с 21 и 23 сентября в очень сложных погодных условиях.
Выполнены 14 станций измерений с помощью портативного мутномера с одновременным отбором проб воды и измерениями с помощью CTD с дополнительными датчиками мутности и хлорофилла-а.
Запущено 2 дрефтера

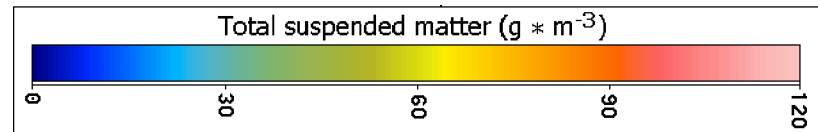
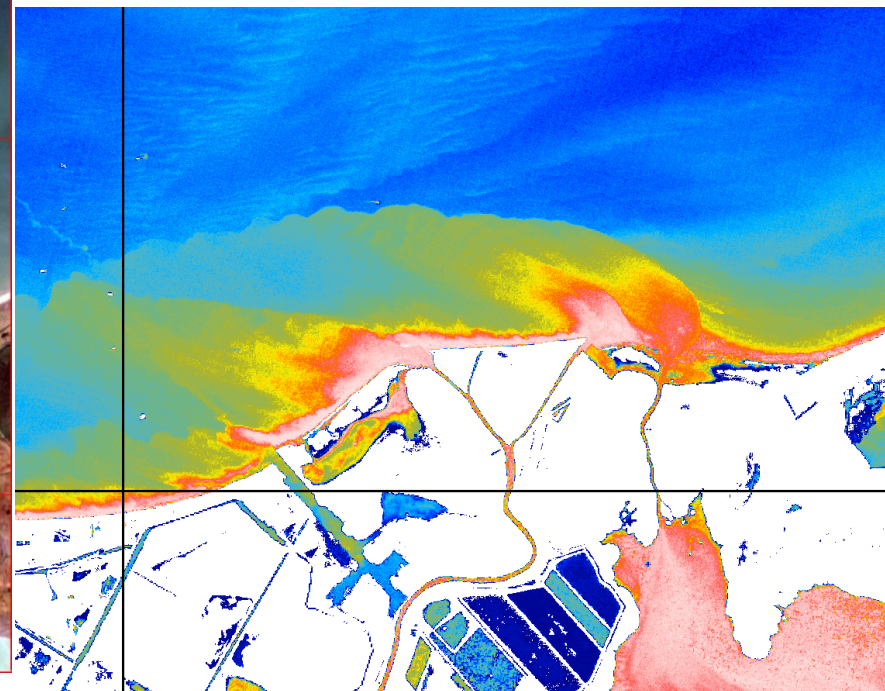
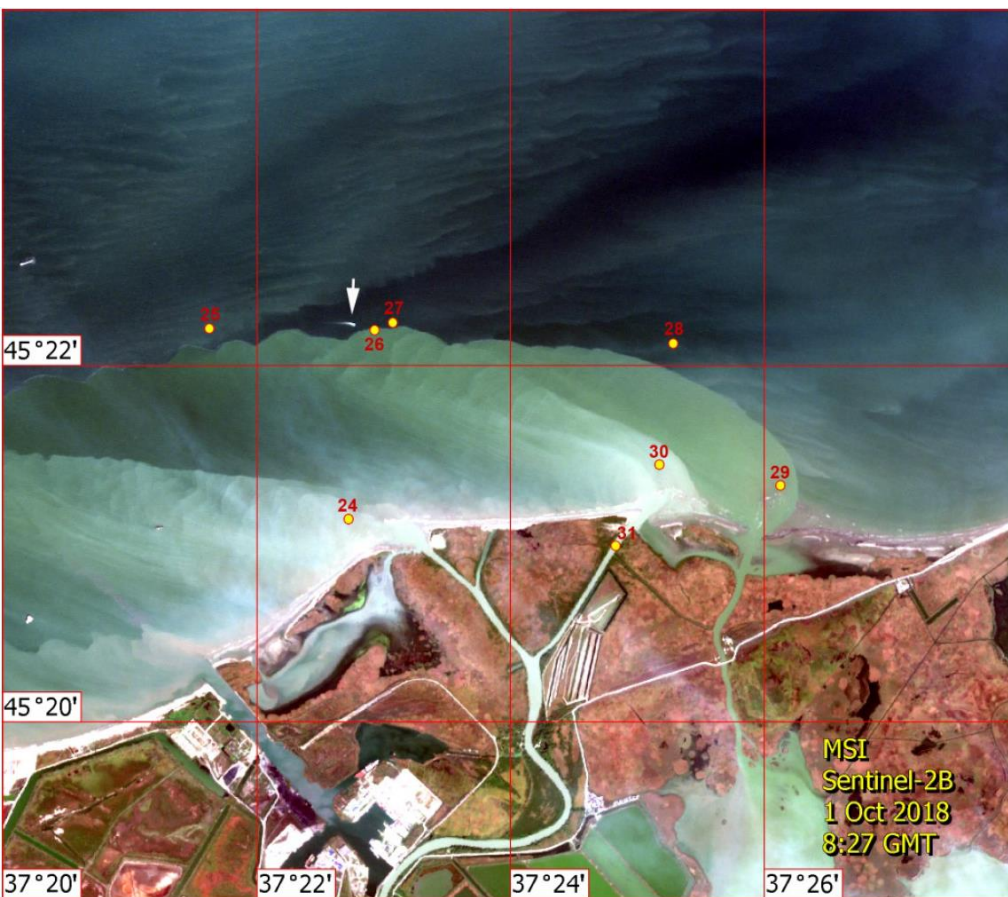
Портативный мутномер
Apera Instruments TN400



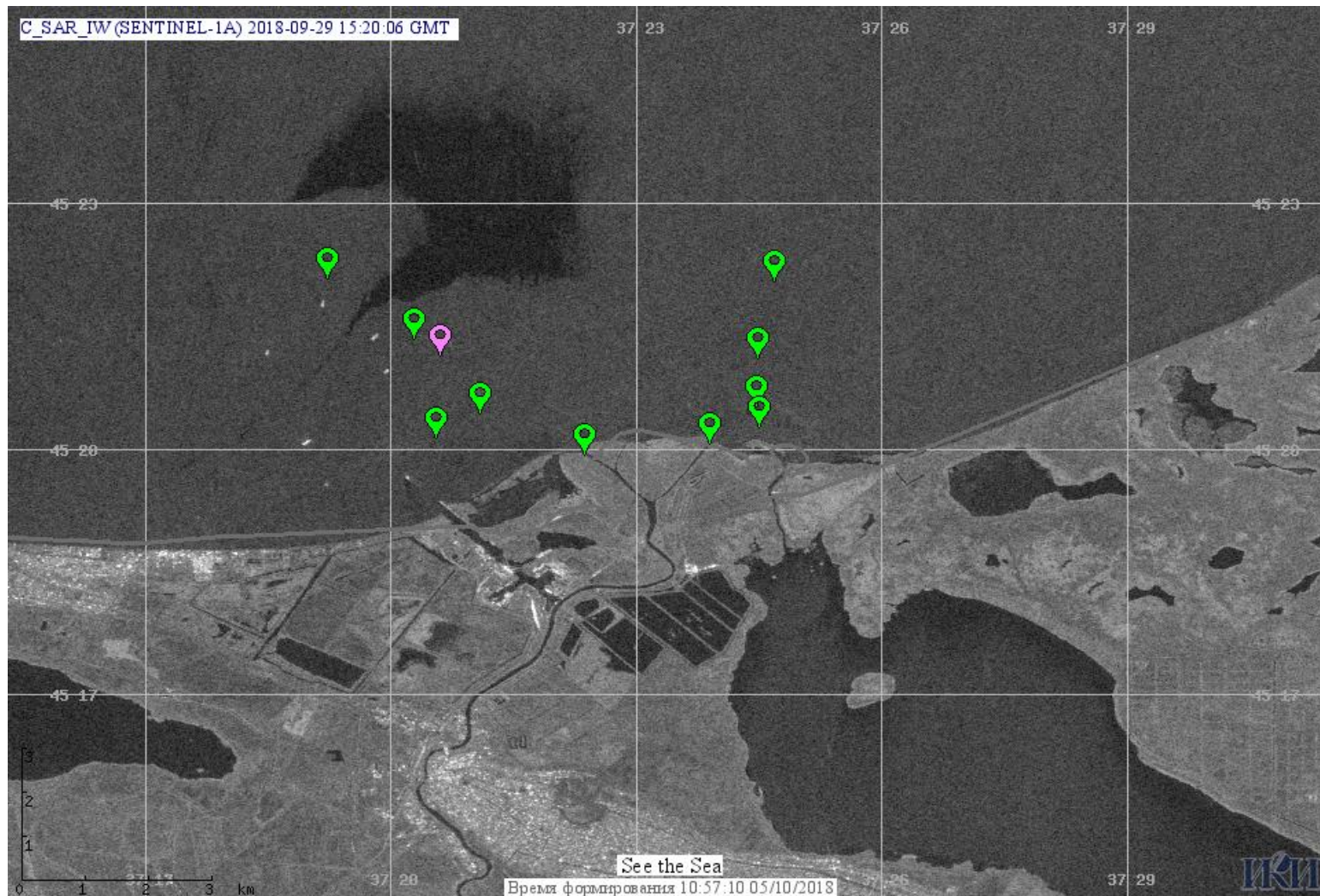
Вакуумная установка
для фильтрования
морских проб воды



Определение концентрации взвешенного вещества по данным MSI Sentinel -2B на станциях натуральных измерений 01 октября 2018 г.



Время местное	№ станции	Широта		Долгота		TSM $г/м^3$
11:19	24	45	21.1427	37	22.7267	114,15
11:31	25	45	22.2112	37	21.6351	21,23
11:40	26	45	22.2026	37	22.9272	35,93
	27	45	22.2426	37	23.0811	16,55
11:52	28	45	22.1252	37	25.2829	18,24
12:00	29	45	21.3287	37	26.1335	97,82
12:04	30	45	21.4445	37	25.1733	113,09
12:08	31	45	20.9874	37	24.8297	120,14



Положение станций забора проб 29 сентября 2018 на РЛИ от этого же числа. Плюм на РЛИ не отображается. Розовая метка отмечает положение слика, который был расположен на границе плюма



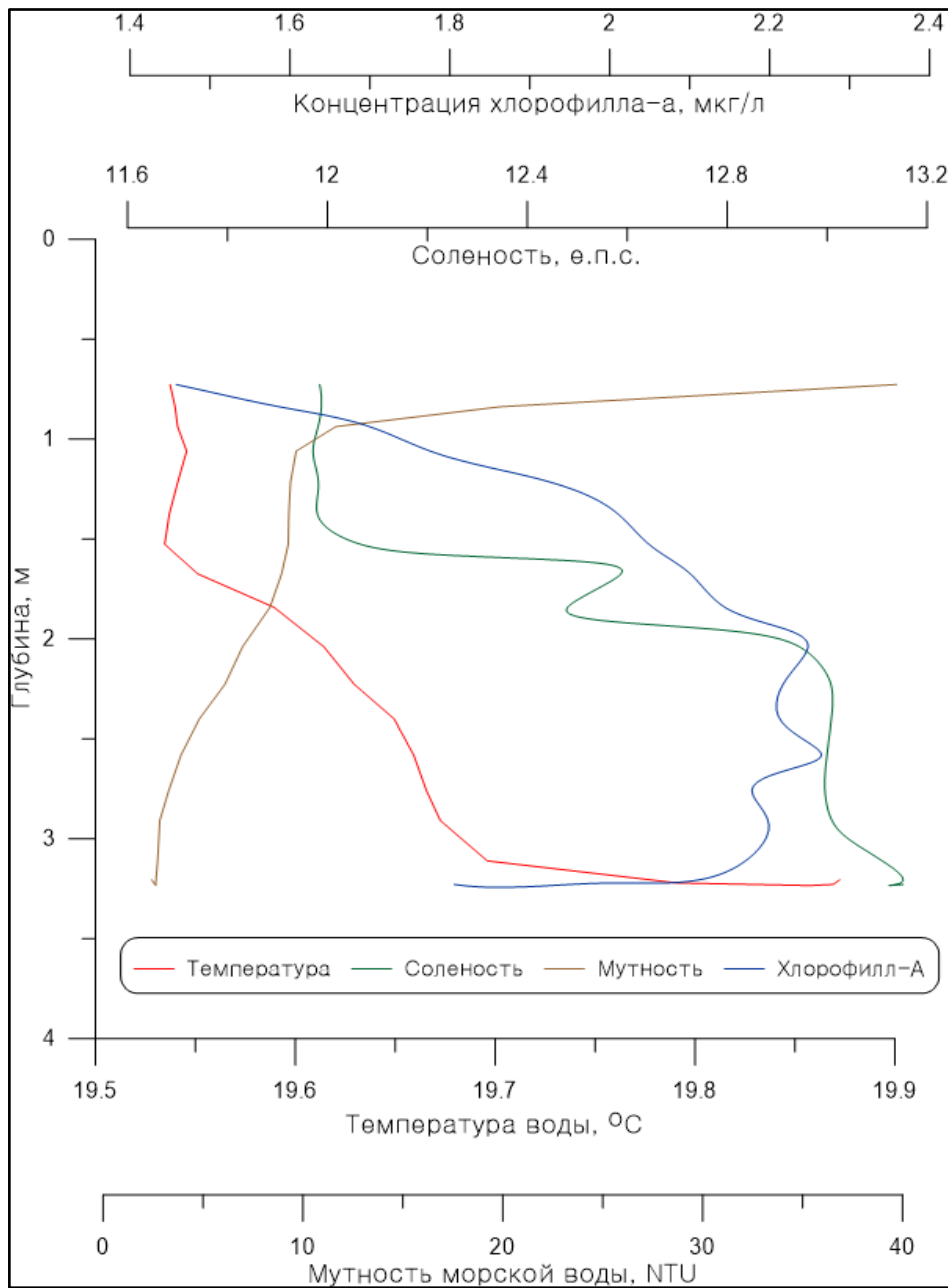
Расположение станций в экспериментах 2019 г. Цифры обозначают измеренную портативным мутномером значения мутности в NTU

23 сентября 2019

21 сентября 2019

В реке и вблизи устьев значения мутности не превышали 60 NTU и быстро уменьшались с при удалении от берега



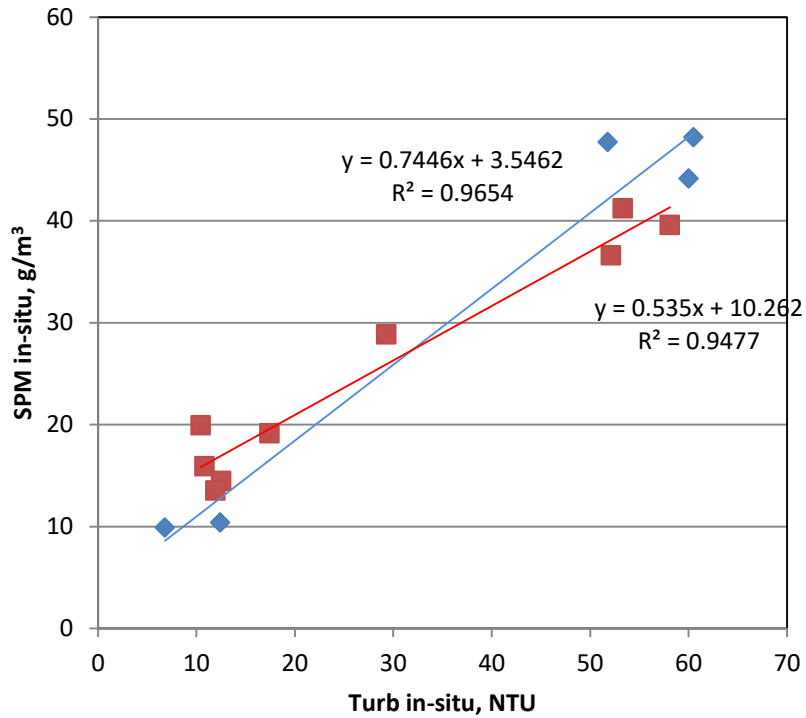


Измерения с помощью CTD с дополнительными датчиками мутности и хлорофилла-а 21 сентября 2019 г. вблизи устья

Мутность резко уменьшается с 40 до 10 NTU на глубине 60 – 110 м

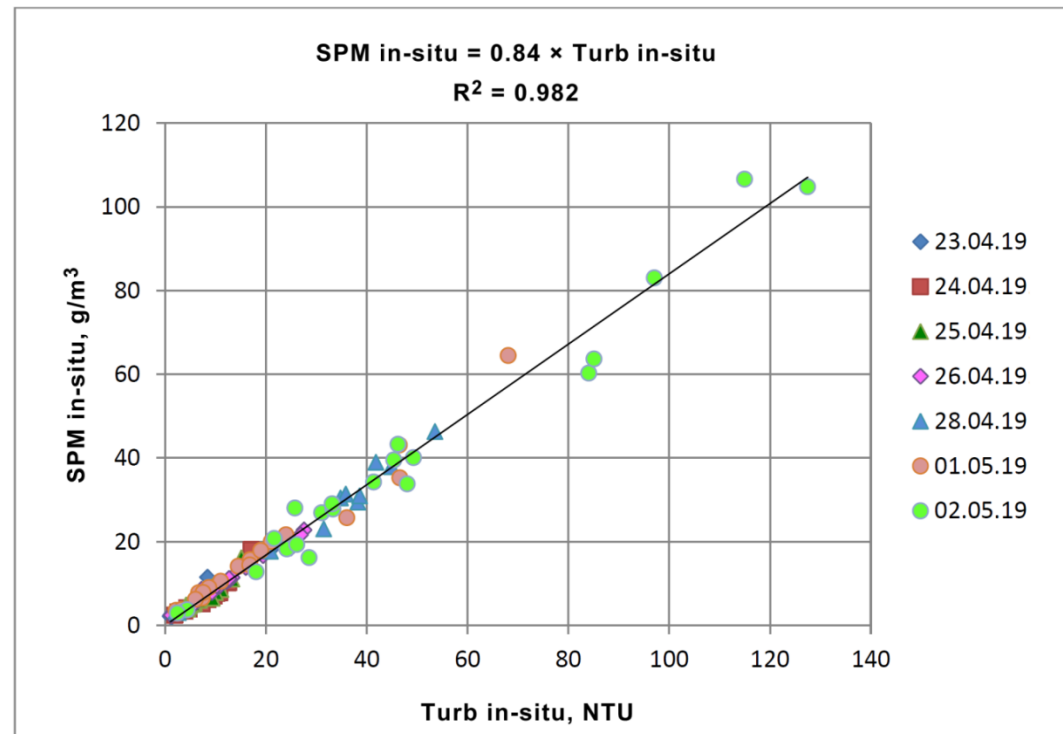
Соленость практически не меняется до 1,4 м; глубже резко увеличивается

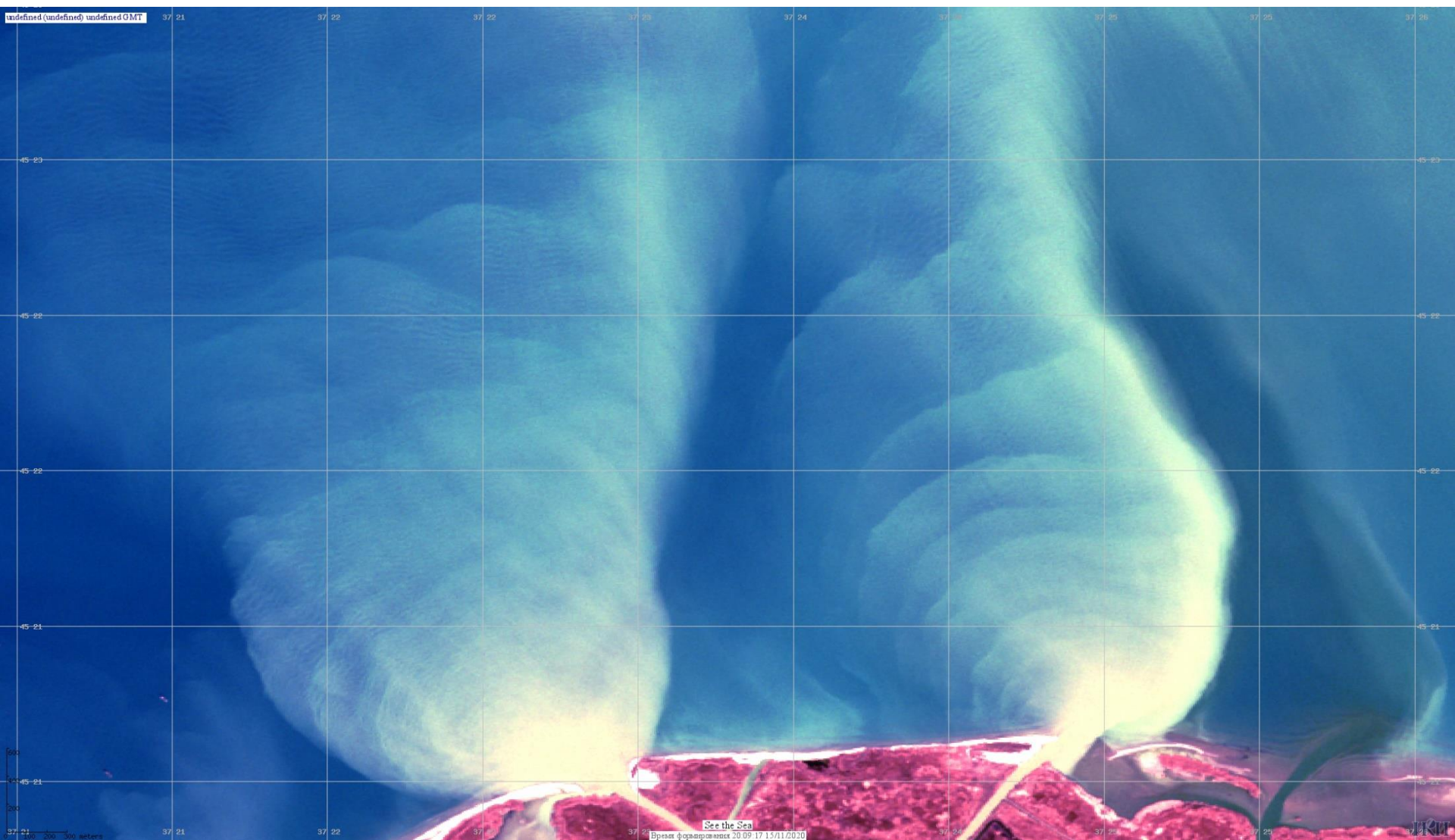
Взаимосвязь между мутностью и концентрацией взвешенного вещества по данным in-situ



- ◆ 21.09.2019
- 23.09.2019
- Линейная (21.09.2019)
- Линейная (23.09.2019)

При большом количестве данных прослеживается четкая линейная зависимость. Измерения в плюме р. Мзымта в апреле-мае 2019 г.

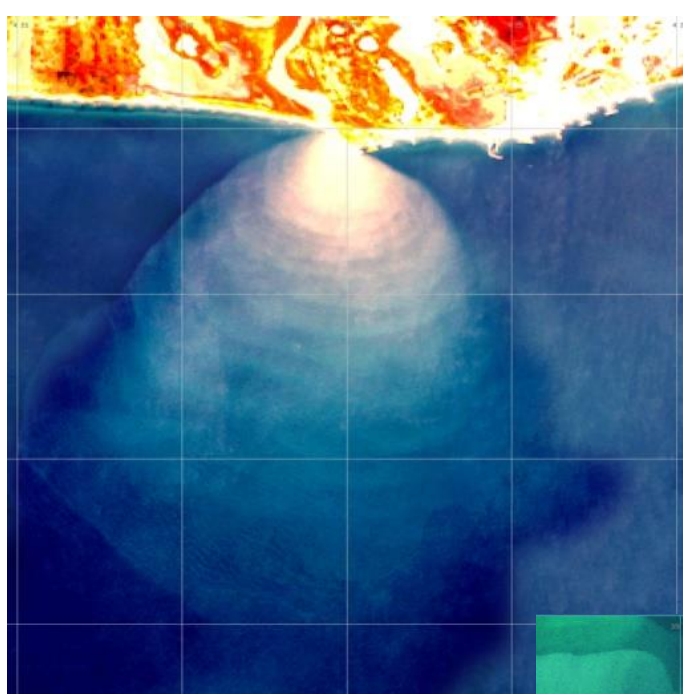




По теории Александра Осадчиева (ИО РАН им. П.П. Ширшова) – это внутренние волны.

На наш взгляд – это не так. Во всяком случае это не внутренние волны в их классическом понимании

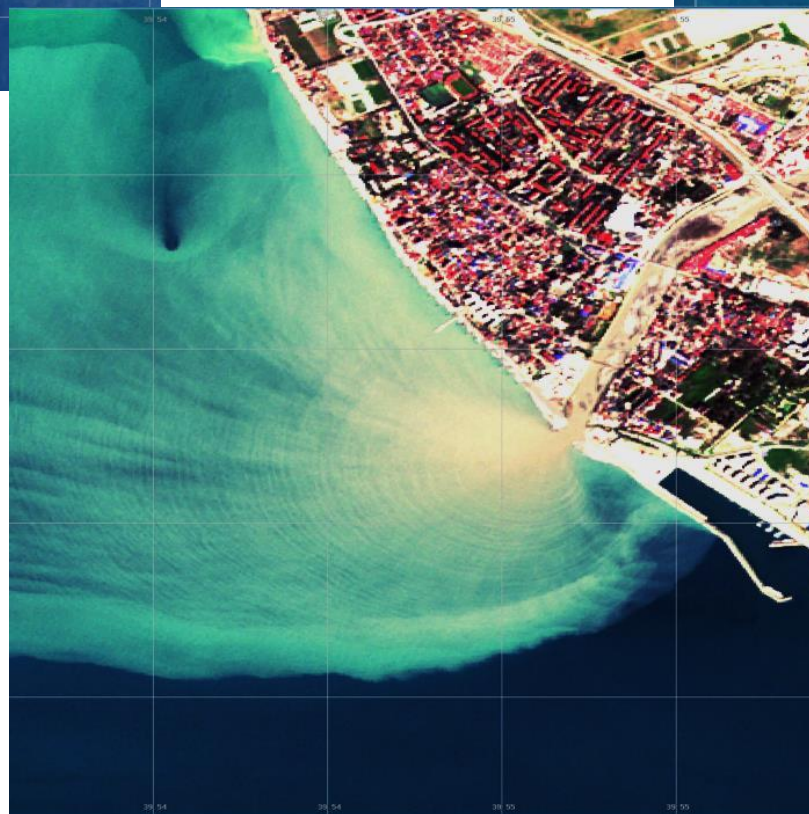
Примеры подобных структур в разных районах



25.02.2018, р. Малая
Рона, (Франция). OLI-
TIRS Landsat-8, ветер
северный 5 м/с



21.03.2016, р. Натанеби,
(Грузия). MSI Sentinel-2A,
ветер западный 3 м/с



19.03.2019, р. Мзымта,
Россия. MSI Sentinel-2A,
ветер юго-восточный 3 м/с

Внутренние волны на границе плюма р. Кодор



MSI Sentinel 2-A; 10 сентября 2017 г.

Благодарности

- Экспедиционные работы проводились при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках гранта № 17–05–00715.
- Разработка и усовершенствование лагранжевых минидрифтеров, а также обработка и анализ спутниковых данных осуществлялась в рамках государственного задания ИКИ РАН, темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).
- Авторы благодарят всех участников экспедиционных работ, а также пограничные службы г. Темрюк, которые дали разрешение на проведение работ

См. на сайте отдела Исследование Земли из космоса ИКИ РАН каталог морфологии плюмов http://www.iki.rssi.ru/asp/col_0008/col_0008.htm

A wide-angle photograph of a calm blue sea under a clear sky. The water is a deep blue with many small whitecaps and reflections of light. The horizon is a straight line across the middle of the frame. The sky is a pale, uniform blue. Overlaid on the center of the image is the Russian text "Спасибо за внимание" in a white, sans-serif font.

Спасибо за внимание.