

X Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли»
Таруса, 9-12 апреля 2019 г.

Определение параметров р. Мзымта по спутниковым данным и натурным измерениям

Лаврова Ольга, Назирова Ксения

Институт космических исследований РАН

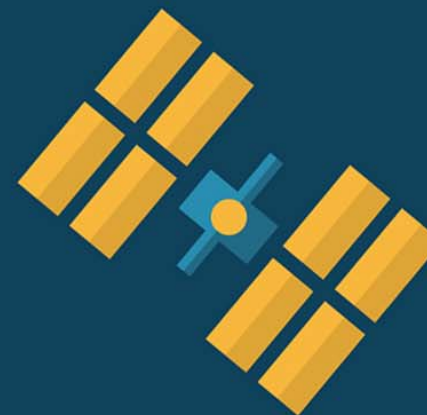
Алферьева Яна

МГУ им. М. В. Ломоносова

olavrova@iki.rssi.ru

knazirova@cosmos.ru

yanalf@yandex.ru



Район исследования



Северо-восточная часть Черного моря, в приустьевой зоне реки Мзымта

Выбор района проведения экспериментальных работ определялся следующими соображениями:

- наличие ярко выраженного речного плюма;
- хорошие погодные условия;
- развитая инфраструктура, в частности, возможность аренды судна вблизи устья;
- многочисленные предыдущие исследования в данном районе в различные годы

Цели подспутниковых экспериментов

Синхронные подспутниковые измерения проводились с 21 по 28 апреля 2018 г.

1. Изучение трехмерной структуры речного плюма р. Мзымты
2. Верификация количественных характеристик, восстановленных из данных спутникового зондирования, по данным натурных измерений
3. Исследование влияния динамических процессов и ветрового воздействия на распространение речного плюма
4. Зафиксировать наличие внутренних волн на границе фронта распресненных вод



Методы исследования



Дата	Выход в море	Спутниковые данные	Время спутниковой съемки (GMT)
21.04.18	ДА	MSI (Sentinel 2B)	08:15
		ETM+ Landsat 7	08:08
		SAR-C Sentinel-1A	15:11
22.04.18	НЕТ	OLI Landsat-8	08:00
23.04.18	НЕТ	MSI (Sentinel 2)	08:17
25.04.18	ДА	SAR-C Sentinel-1A	03:32
		OLCI (Sentinel 3)	08:01
26.04.18	ДА	SAR-C Sentinel-1B	03:24
		MSI (Sentinel 2A)	08:26
		SAR-C Sentinel-1A	15:19
27.04.18	НЕТ	SAR-C Sentinel-1B	15:10
28.04.18	ДА	MSI (Sentinel 2B)	08:17
29.04.18	НЕТ	OLI Landsat-8	08:07

Данные:

➤ измерений *in situ*

- CTD-зондирования (+ датчик мутности и флуоресценции)
- ADCP – профилирование (Work Horse 300Hz)
- Отбор проб
- Использование термисторной цепочки

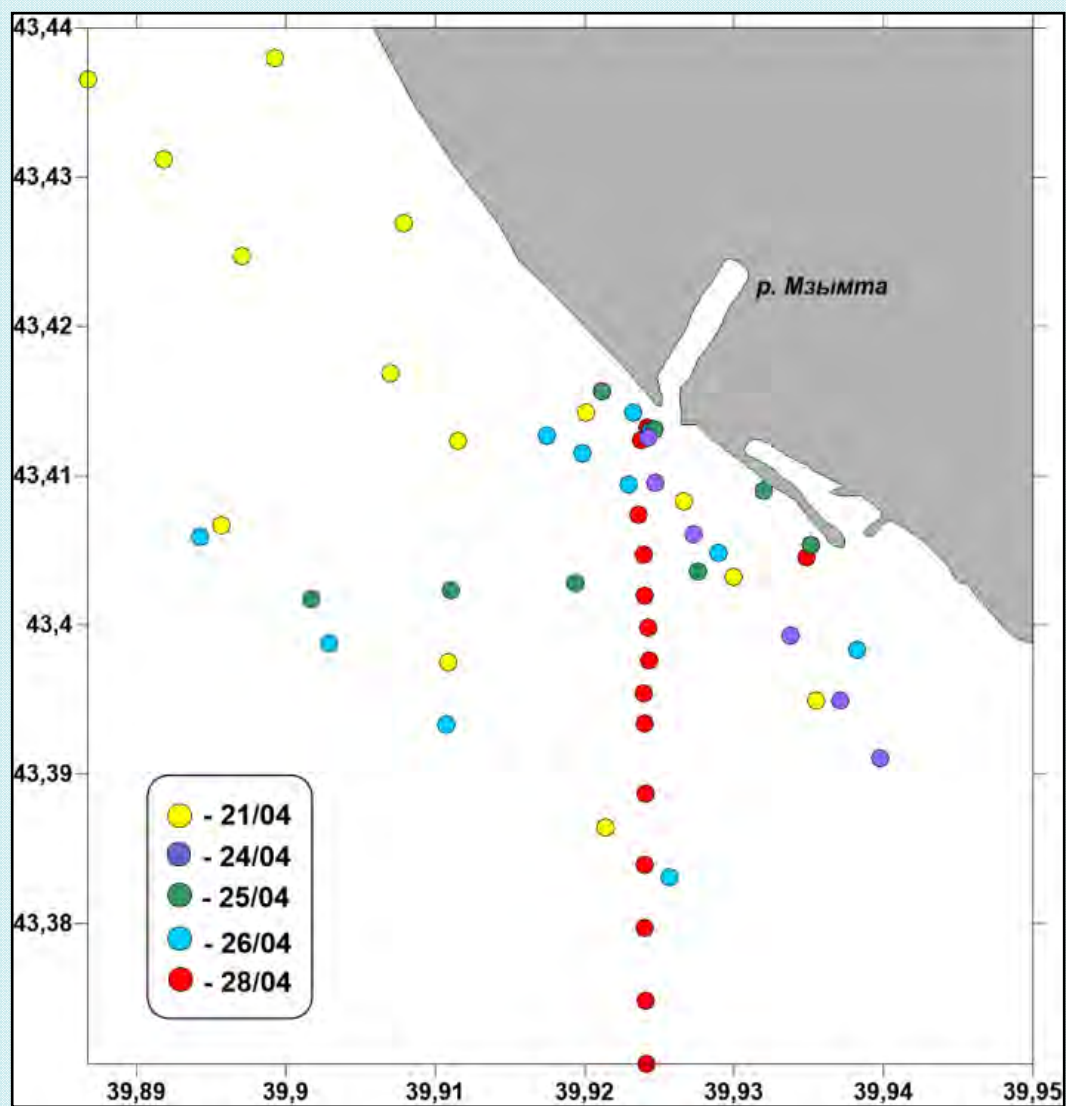
➤ спутникового мониторинга

- SAR-C Sentinel-1
- MSI Sentinel-2
- ETM+ Landsat-7
- OLI-TIRS Landsat-8
- OLCI Sentinel-3

Продукты на основе спутниковых данных:

- Цветосинтезированные изображения в естественных цветах – True Color
- Total Suspended Matter
- Chl-a concentration

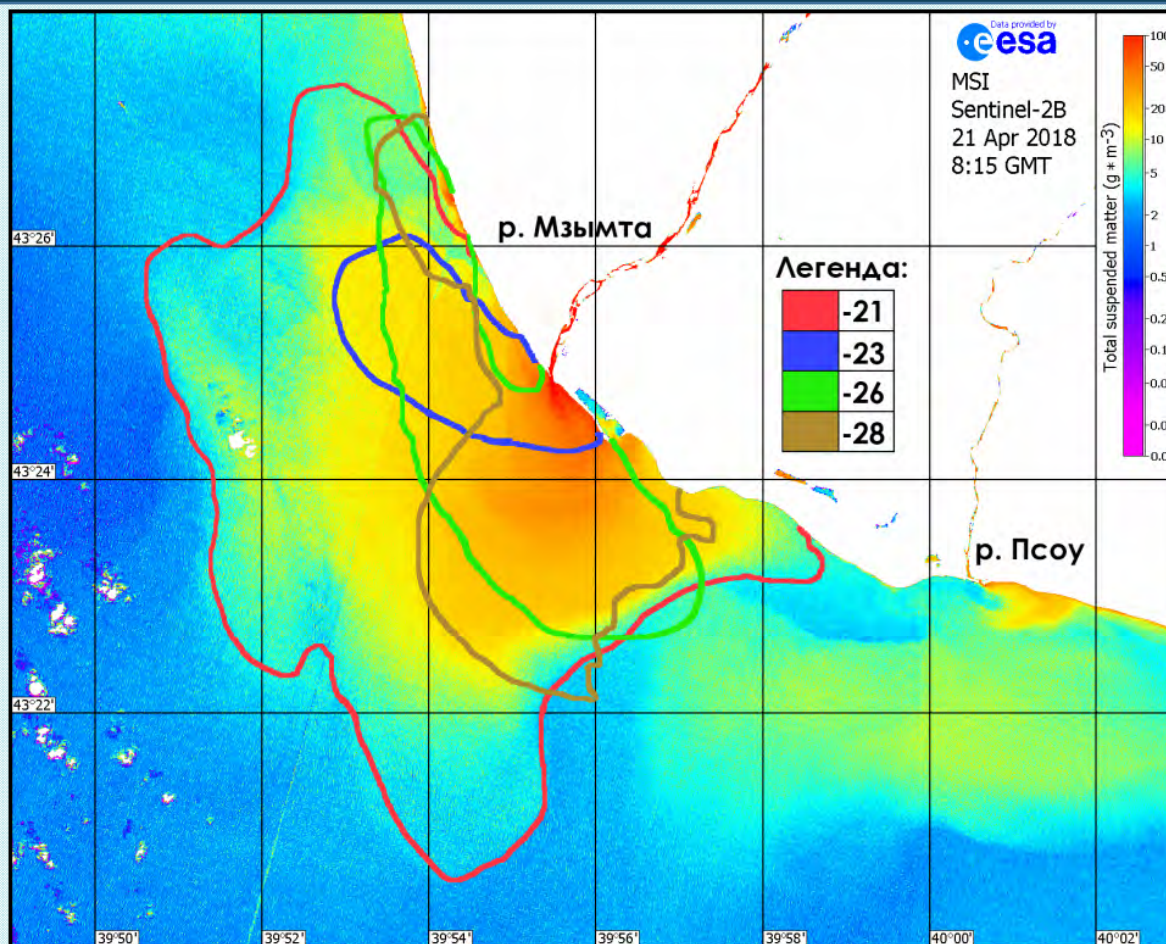
Методы исследования



Положения станций зондирования в различные дни

X Международная Школа-семинар «Спутниковые методы и системы исследования Земли»
Таруса, 9-12 апреля 2019 г.

Результаты. Выделение границ плюма



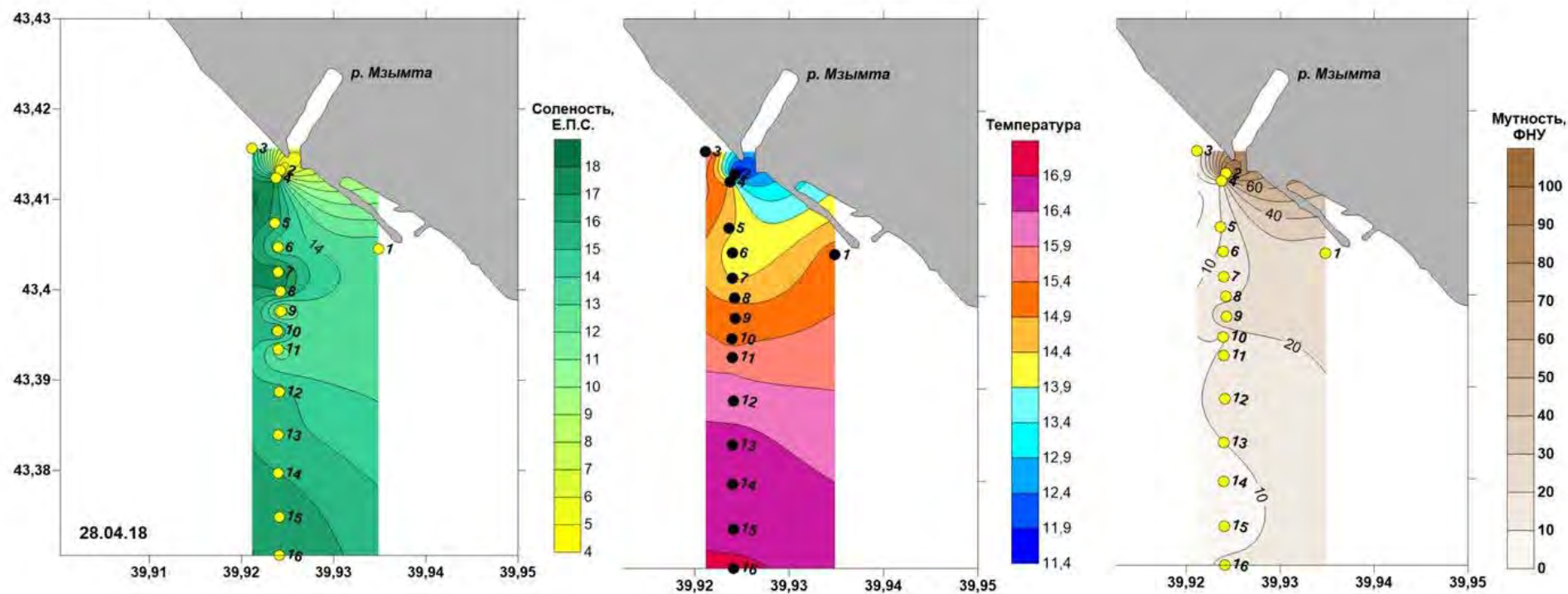
Максимальное
удаление
границы плюма от
устья:

- 21 апреля – 6,4 км
- 23 апреля – 1,37 км
- 26 апреля – 2,9 км
- 28 апреля – 4,47 км

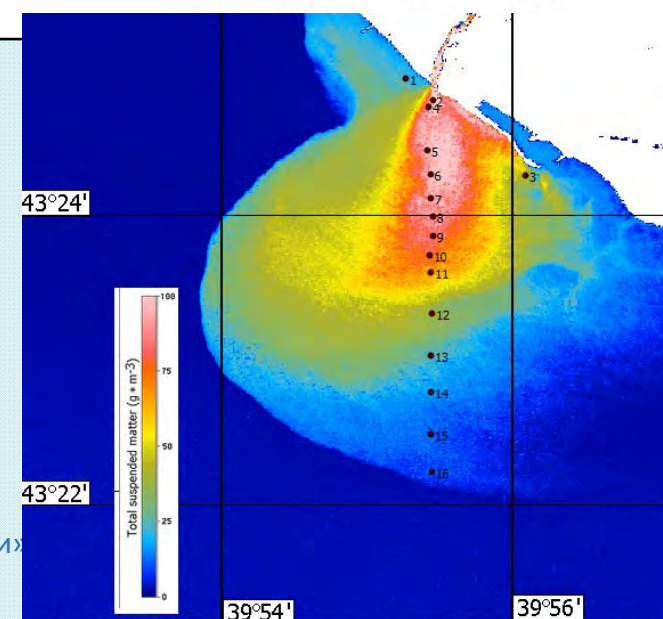
*Граница между речными и морскими водами
западнее устья
25 апреля (слева) и 26 апреля (справа) 2018 г.*



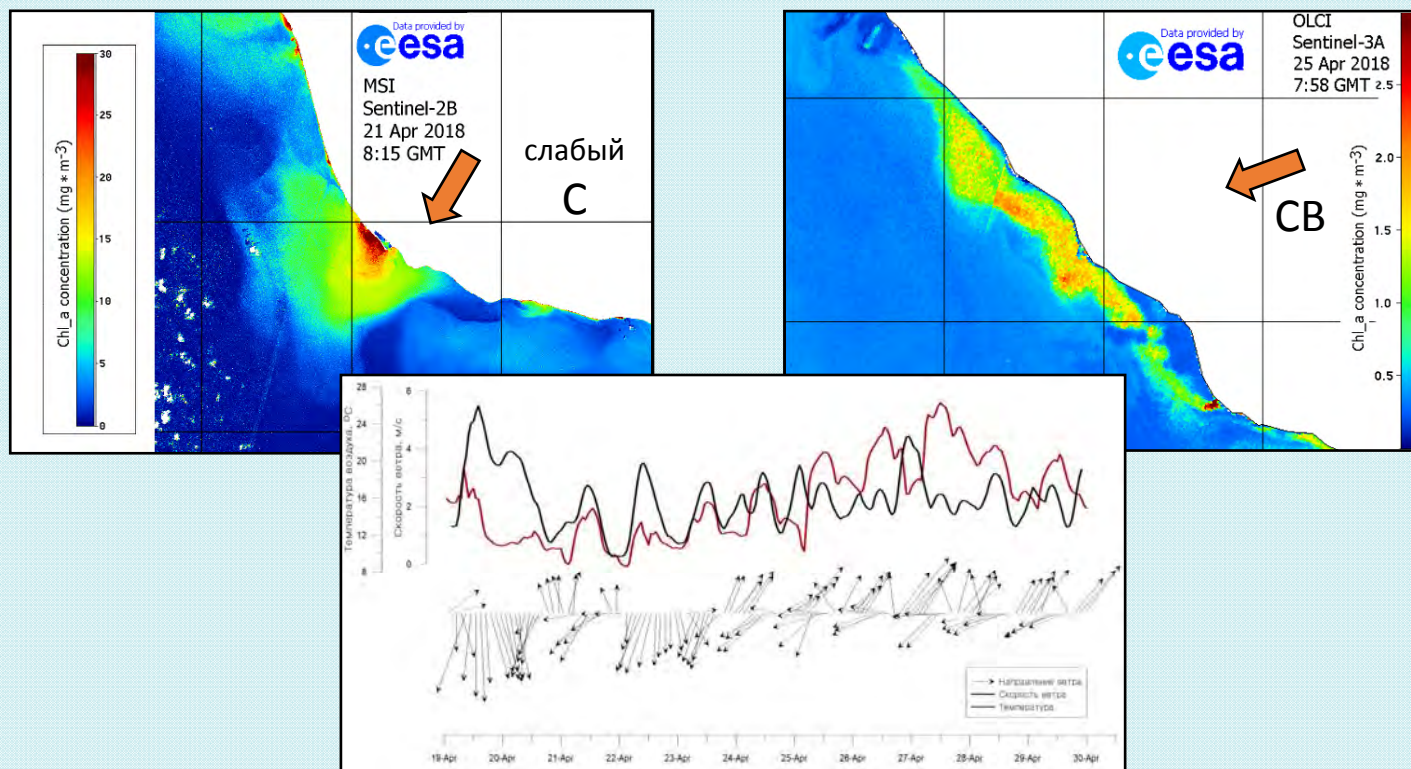
Результаты. Выделение границ плюма



Пространственные распределения полей солености, температуры и мутности по данным CTD-зондирования 28 апреля 2018

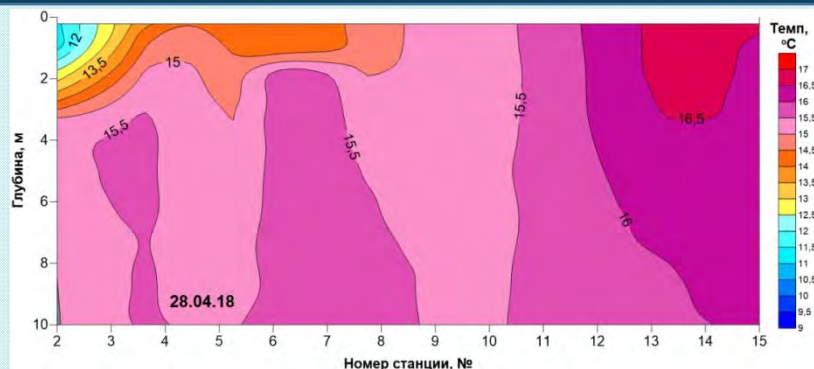


Результаты. Классификация речных плумов

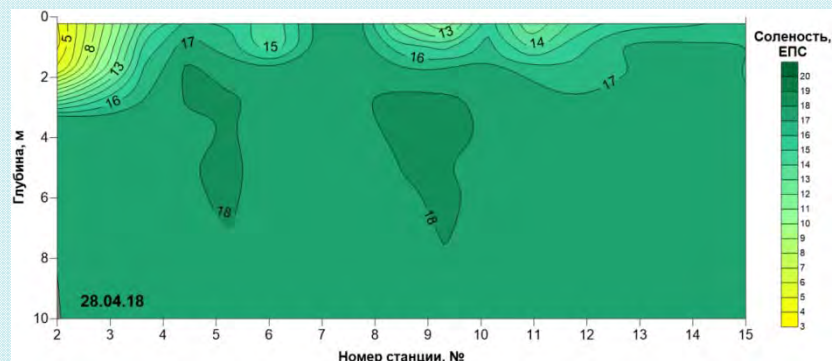


- Плуиы изотропной формы образуются при отсутствии ветра или при слабых ветрах (1-2 м/с). Обладают наибольшей площадью (18,2 км²).
- При сгонных северо-восточных ветрах образуется узкий и сильно вытянутый в юго-западном направлении шлейф малой площади.
- При воздействии юго-западных румбов плум прижат к берегу и незначительно распространяется в обе стороны от устья.
- В силу морфологических особенностей дна и береговой зоны (наличие наносов в виде песчаной косы слева у устья) наблюдается асимметричность распространения речных вод (в приустьевой области вправо) и прослеживается резкая западная граница плума.

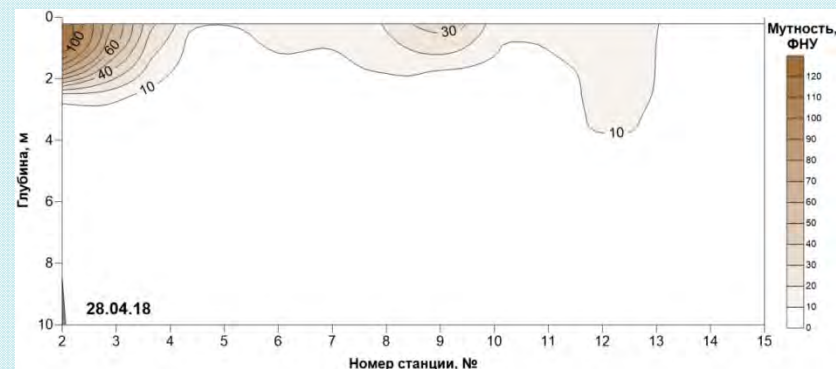
Результаты. Оценка границы выноса речных вод по глубине



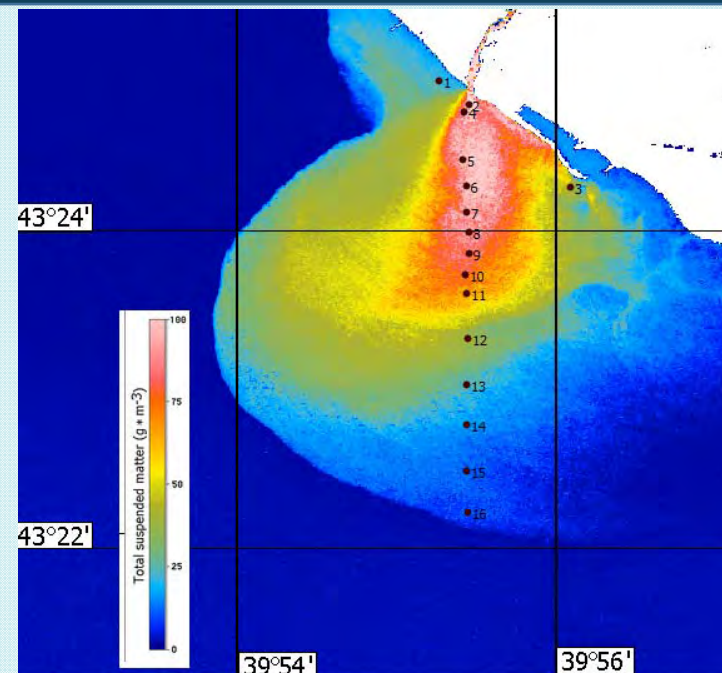
а



б



в



Параметры	Станция №2 (у устья)		Станция № 4 (200 м от берега)		Станция № 15 (4,38 км от берега)	
Глубина (м)	0	5	0	5	0	5
Температура (°С)	9	15,5	14	15,5	17	16
Соленость (ЕПС)	3	18	15	18	16	18
Мутность (ФНУ)	105,5	0	20	0	0	0

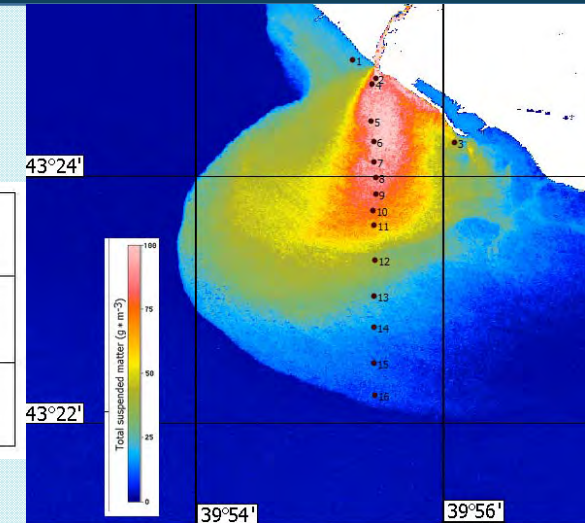
Характерные значения температуры, солености и мутности на разных горизонтах за 28.04.18

Распределение температуры (а), солености (б), мутности (в) по глубине на станциях зондирования 28.04.18

Результаты. Сравнительный анализ значений мутности вод по спутниковым данным и измерениям *in-situ*

Таблица значений мутности в приповерхностном слое по данным CTD-зондирований и ДДЗ в реперных точках

Параметры	Станция №1 (у устья)	Станция № 4 (200 м от берега)	Станция № 15 (4,38 км от берега)
TSM, $g \cdot m^{-3}$ (Satellite)	114	80	15
Turbidity, FNU (CTD)	105,5	20	0



Карта TSM с нанесенными станциями CTD-зондирования за 28.04.18

Таблица значений основных характеристик в приповерхностном слое по данным CTD-зондирований и ДДЗ в реперных точках в период с 25 по 28 апреля 2018 г.

	Температура		Соленость		Мутность				Хлорофилл			
	in-situ		in-situ		in-situ	S2 (MSI)	in-situ	S2 (MSI)	in-situ	S2 (MSI)	in-situ	S2 (MSI)
	°C		PSU		Turb, FNU	TSM, $g \cdot m^{-3}$	Turb, FNU	TSM, $g \cdot m^{-3}$	ODO, mg/L	Chl_a, $mg \cdot m^{-3}$	ODO, mg/L	Chl_a, $mg \cdot m^{-3}$
	Ст. №2	Ст. №7	Ст. №2	Ст. №7	Ст. №2		Ст. №7		Ст. №2		Ст. №7	
25.04	11	15,6	2,65	15,3	22,83	-	3,8	-	10,1	-	8,85	-
26.04	11,9	15,2	4,94	14	45,35	101,6	8	16,64	9,41	19,52	8,8	8,52
28.04	11,3	14,4	3,77	17	105,5	114	15	86,22	9,38	6,64	8,8	18,67

Увеличение мутности в 4 раза!

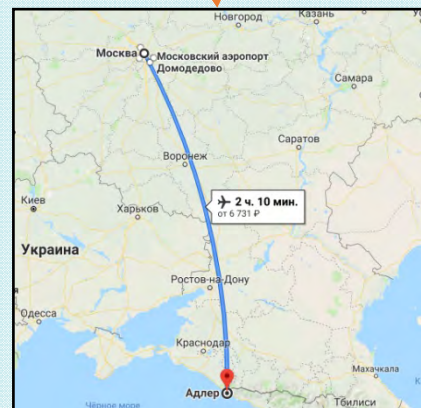
Завышение значений, малочувствительность

Основные выводы

- Границы распространения речных вод, определенные по спутниковым изображениям, идентифицируются не так однозначно по натурным измерениям. «Поймать» яркую границу плюма, как на изображениях True color, на основе результатов натурных измерений в поле температуры, солености и мутности практически невозможно.
- Для проявления речных плюмов на спутниковых изображениях достаточно тонкого по глубине слоя с небольшими величинами мутности (по нашим данным <5 ФНУ).
- Несмотря на километровые пространственные (поверхностные) размеры плюма, глубина "интрузии" речных вод составляет не более 3-4 метров для р. Мзымта.
- Стандартные алгоритмы для определения общего содержания взвешенного вещества по спутниковым данным требуют существенной доработки. При их применении для областей, подверженных речным выносам, отмечается сильное зашумление выходных данных. Они также малочувствительны к различиям на небольших расстояниях при высоких значениях мутности и склонны к завышению истинных значений.
- Необходимы более точные измерения мутности в слое до 1 м, отбор проб, для верификации не только спутниковых данных, но и датчика мутности, для перевода значений мутности из одной системы в другую.

План дальнейших работ

Портативный мутномер
Apera Instruments TN400



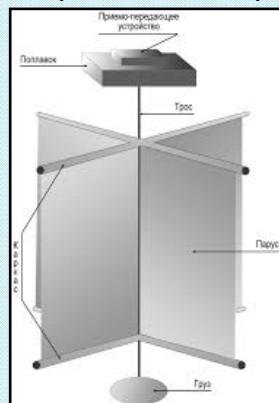
Экспедиция в г. Сочи
22.04.19-04.05.19

Вакуумная установка для фильтрации
морских проб воды



Lafil 400-LF30

Лагранжевый буй





Благодарим всех участников экспедиции и команду яхты Арабелла,
а также РФФИ за финансовую поддержку в рамках гранта 17-05-00715

Спасибо за внимание!