



Распространение азовоморских вод по акватории Черного моря по спутниковым и контактным данным

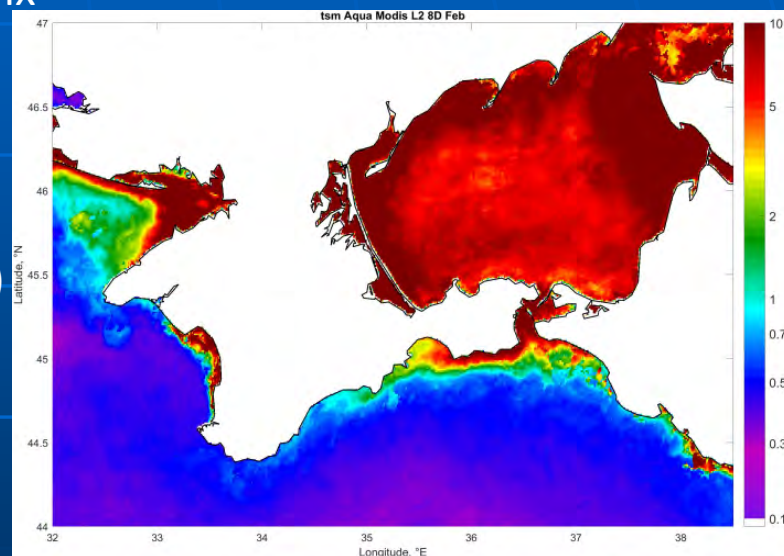
**Алескерова А.А., Кубряков А.А., Горячкин Ю.Н., Станичный С.В., Латушкин А.А.,
Федирко А.В.**

г. Севастополь 2019

Опресненные и богатые взвешенным веществом воды **Азовского моря** (Ильин и др., 2009), попадая в **Черное море** через Керченский пролив (Альтман, 1975), значительным образом влияют на **термохалинную структуру, стратификацию и экосистему** прибрежных районов северо-восточной части Черного моря (Еремеев и др., 2003; Ильин и др., 2009; Матишов и др., 2006; Горячкин, Иванов, 2006; Иванов, Белокопытов, 2012).

Протяженность и направление распространения этих вод зависит от величины потока через пролив (Altman, 1975; Ильин и др., 2009; Дьяков и др., 2016), крупномасштабной и синоптической динамики вод (Stanev et al., 2017), ветровых условий (Альтман, 1975; Иванов и др., 2011; Фомин и др., 2017; Шульга и др., 2017) и определяет районы, наиболее подверженные влиянию Керченских вод.

Оптические и термохалинные свойства Азовских вод значительно отличаются от Черноморских вод и их распространение можно отчетливо наблюдать на спутниковых снимках (Щербак и др., 2007; Алескерова и др., 2017).



Средние значения концентрации взвешенного вещества (TSM) в феврале

Цель работы - исследование особенностей распространения вод из Керченского пролива по акватории Черного моря при различных ветровых условиях на основе анализа спутниковых изображений высокого разрешения и по контактными данным

Данные

Использовался массив данных со спутников **Landsat 4,5,7 и 8** с 1987 по 2016 гг. за более, чем 30 период (с 1983-по наст. время, всего 173 сцены) и архив данных **MODIS/Aqua** с 2003 по 2016 гг.

Спутники **Landsat 7 и 8** - **15-30 м** для видимого и **60-100 м** для теплового ИК.

Спутники **Landsat 4 и 5** - **30 м** для видимого излучения и **80 м** для ИК

MODIS - пространственное разрешение **1 км** для видимого диапазона,
временное разрешение **1 сутки**

Для определения **концентрации взвешенного вещества** (tsm - total of suspended matter) применялся региональный алгоритм, основанный на **комбинации спектральной яркости** на различных длинах волн (Кременчуцкий и др., 2014).

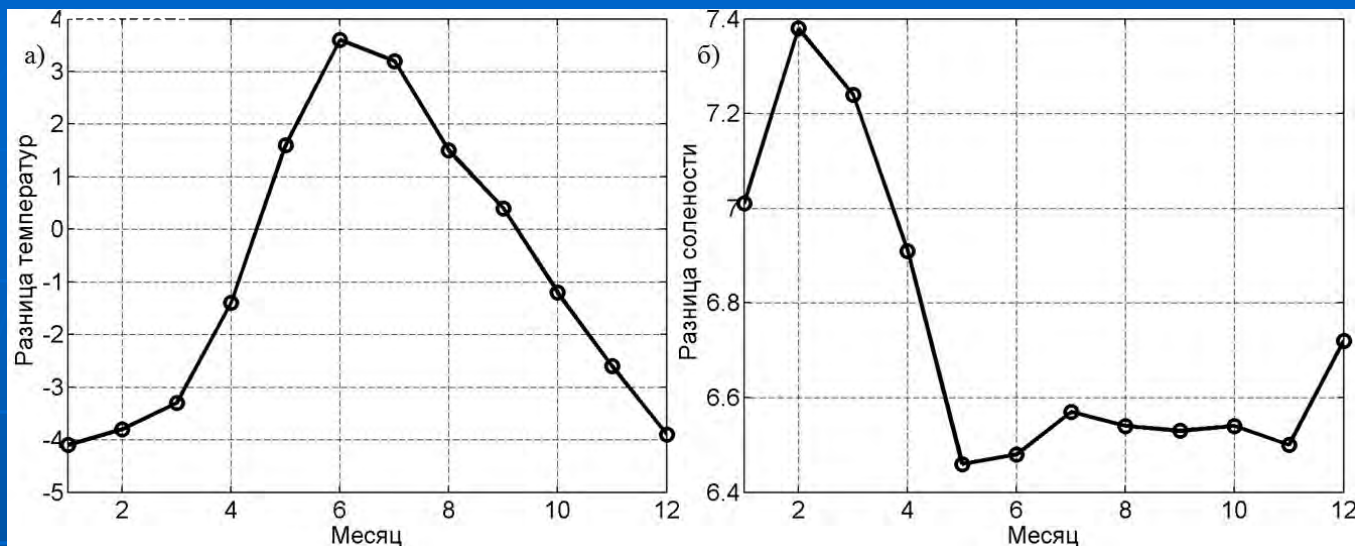
Контактные данные: 2 гидрологические съемки «Профессор Водяницкий» (№ 87 и № 94), проведенных в северной и северо-восточной частях Черного моря в июне-июле 2016 г. и апреле-мае 2017 г. (архив Моисеенко и Белокопытова, 2008; Латушкин, 2013; Маньковский и др., 2009; Артамонов и др., 2017) .

Аномалия уровня моря, полученная на основе измерений нескольких альтиметрических спутников (Pascual et al., 2006) и **средняя динамическая топография Черного моря** (Kubryakov et al., 2011) были использованы для восстановления **поверхностных геострофических скоростей** с разрешением $1/8^\circ$ и 1 день.

Для определения **скорости ветра** используются **данные реанализа Era-Interim**.

Разница температуры и солёности Азовского и Черного морей

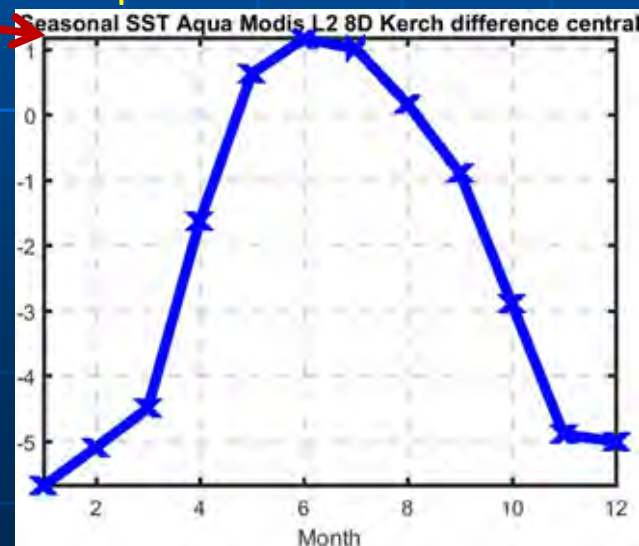
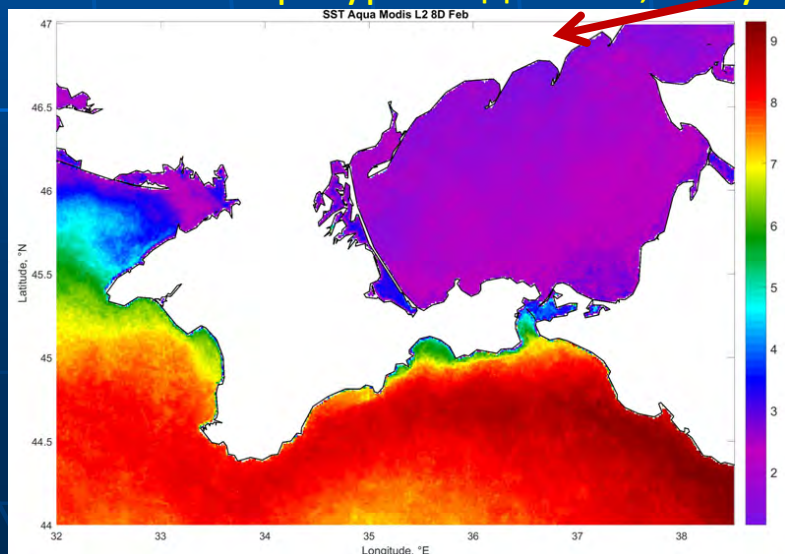
Азовские и Черноморские воды значительно отличаются по солёности и температуре в холодный



Данные полученные с гидрологических станций, расположенных в Опасном и Феодосии

Среднеголетняя разность температур (а) и солёности (б) Азовского и Черного морей по данным ГМС Мысовое и Феодосия

Температурные данные, полученные со спутника Modis Aqua с 2003 по 2017 гг.



Среднеголетняя разность температур Азовского и Черного морей по спутниковым данным

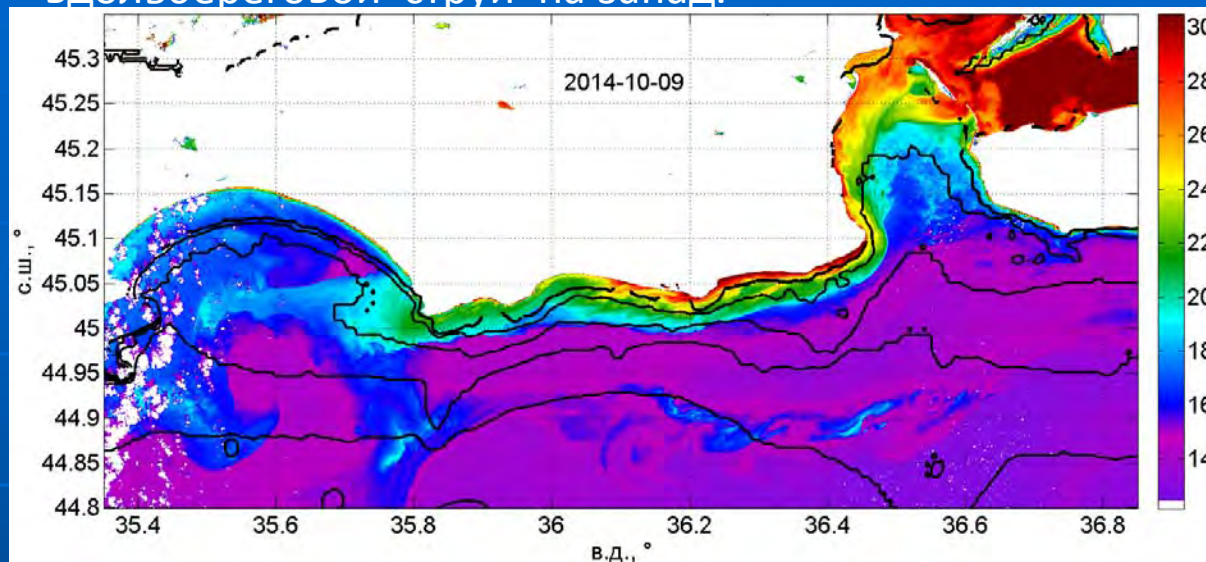
Пример распространения азовоморских вод



Северо-восточный ветер
с 7 по 10 ноября со скоростью 10-12 м/с

Западное распространение азовоморских вод

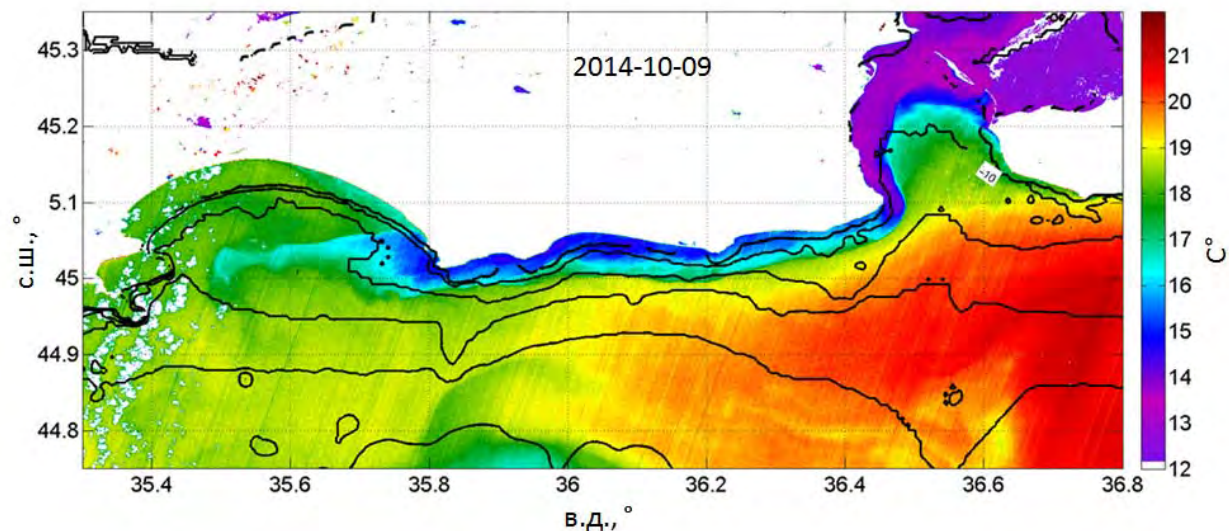
При северо-восточном ветре азовоморские воды распространяются вдоль берега в виде вдольбереговой струи на запад.



9 октября 2014 года, Landsat 8, разница каналов 3-5

В основном наблюдаются
затоки азовоморских вод
до м. Чауда или м.
Меганом, где происходит
их отрыв от берега.

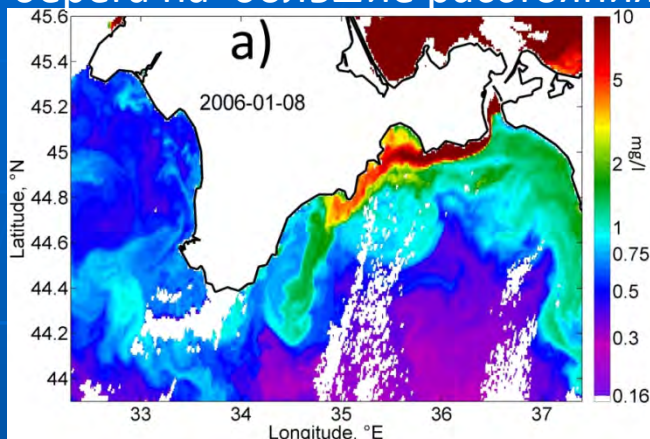
Струя распространяется по
мелководью вдоль изобат и
не выходит за глубины **более
20 метров.**



Восстановление температуры по данным Landsat 8

Распространение азовоморских вод при сильных северо-восточных штормах

При сильном северо-восточном ветре азовоморские воды могут распространяться вдоль берега на большие расстояния, около 150 км.

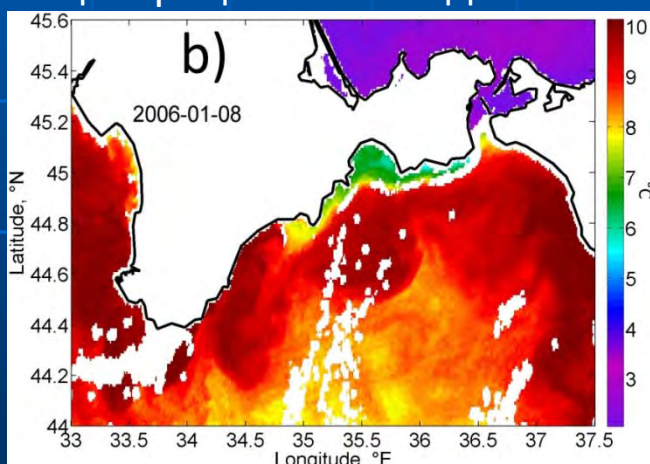


TSM в струе (5-25 мг/л)

TSM в окружающих водах (1,5 мг/л)

Большая разность значений TSM делает его хорошим индикатором азовоморских вод

Концентрация TSM по данным MODIS

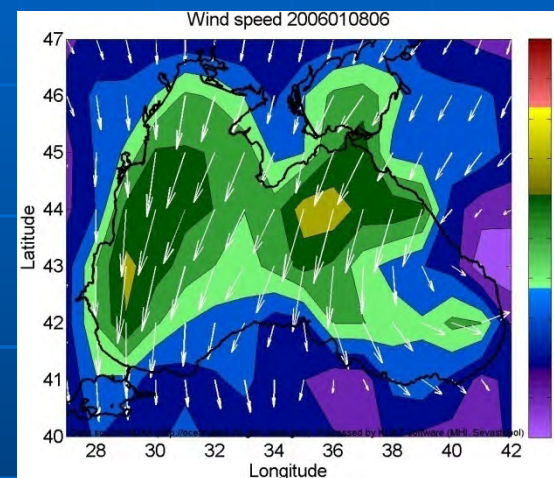


SST по данным MODIS

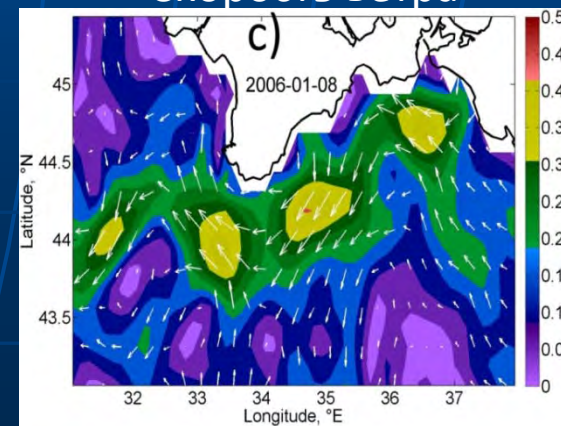
Разность температур Азовского и Черного морей ~ 6°C
Температура струи ~ 6°C

В данном случае, скорость ОЧТ ~ 0,3-0,4 м/с.

Поэтому азовоморские воды достигают м. Меганом и отрываются от него.

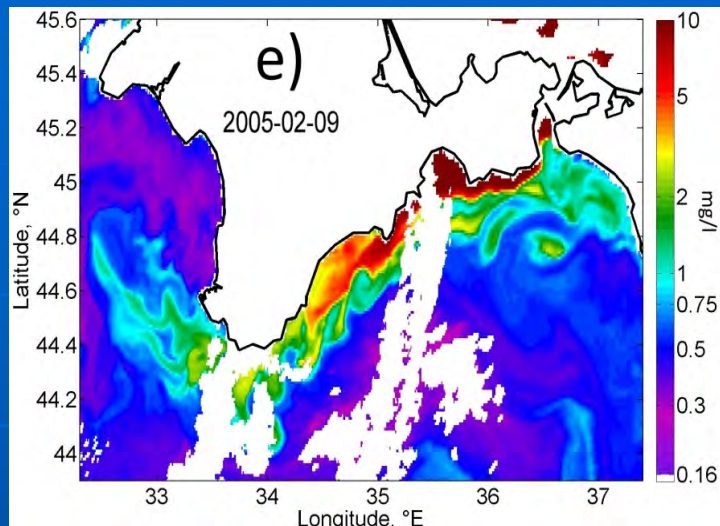


Скорость ветра

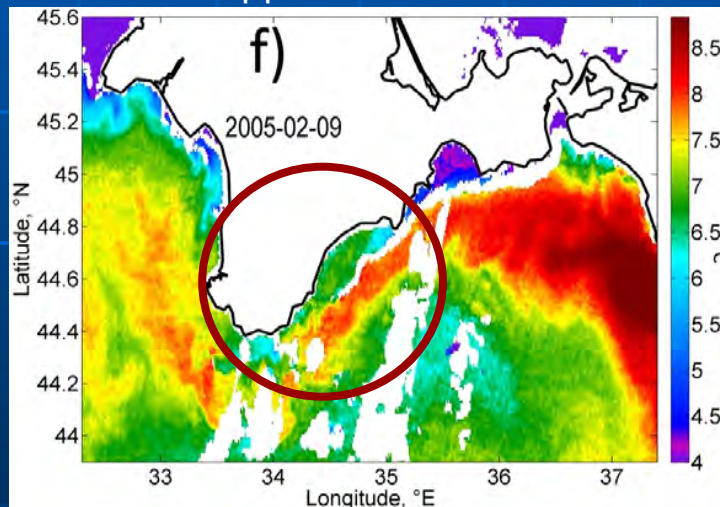


Геострофическая скорость

Экстремальное распространение азовоморских вод при северо-восточном ветре



TSM по данным MODIS

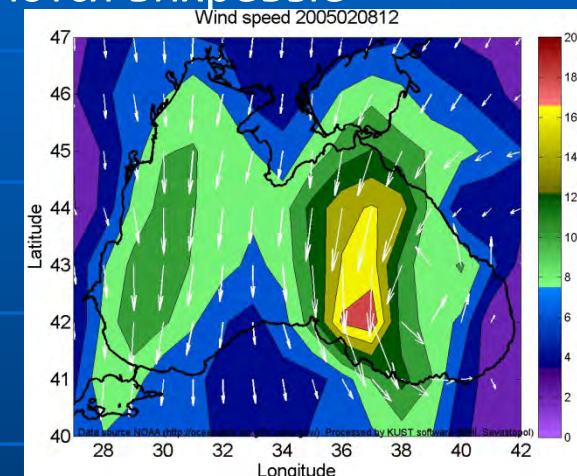


SST по данным MODIS

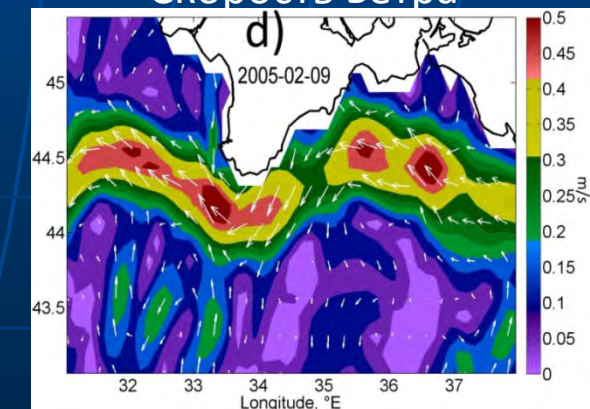
Скорость ОЧТ - 0,5 м/с, что является одной из причин такого интенсивного распространения азовоморских вод, они распространяются до ЮБК

На снимках спутника MODIS наблюдается распространение струйного течения вдоль Крымского побережья, вплоть до м. Херсонес.

Вдоль струи образуются вихревые структуры.



Скорость ветра

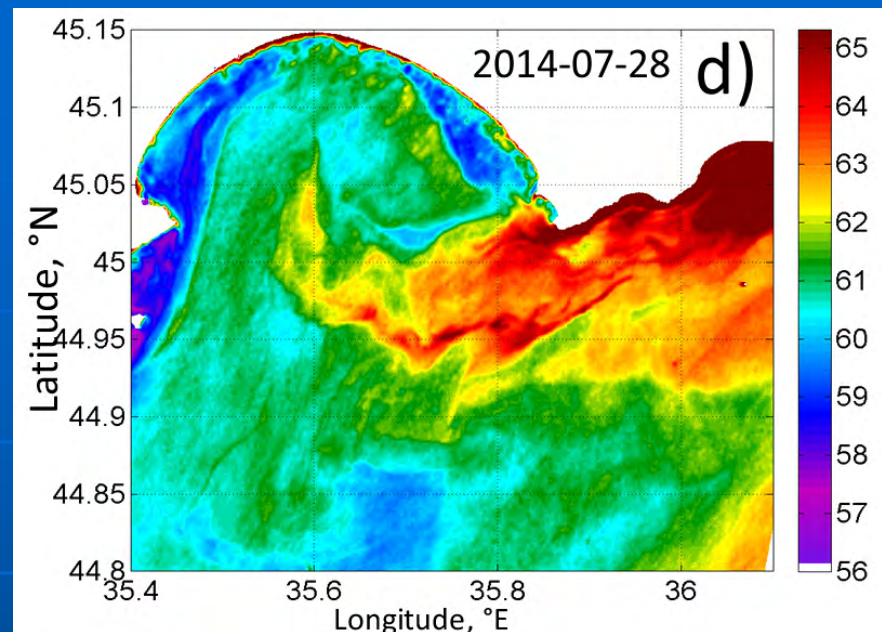


Геострофическая скорость

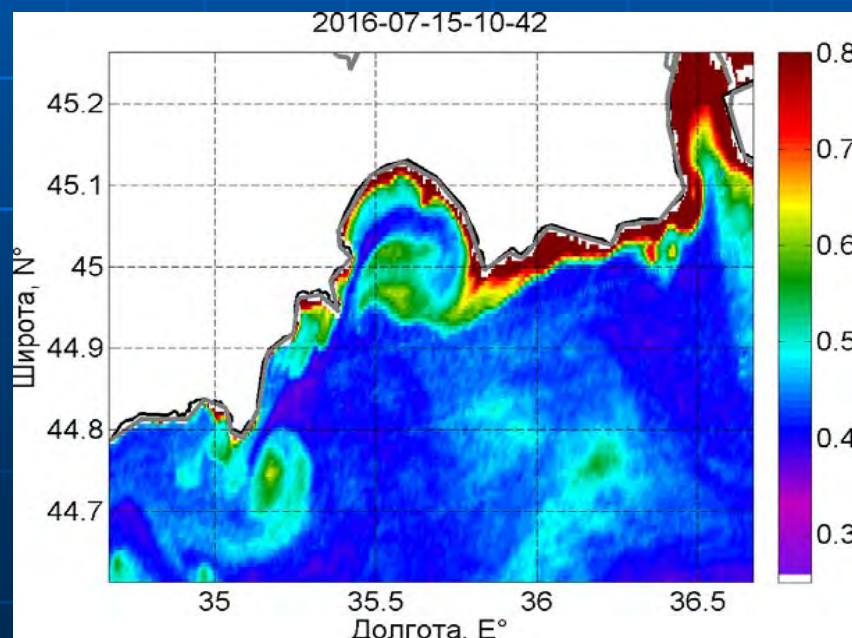
Образование антициклона в Феодосийском заливе

Формирование прибрежного субмезомасштабного антициклона

За мысом образуется область низкого давления и воды, ранее движущиеся вдоль берега закручиваются в антициклоническом направлении



Яркость излучения на $\lambda = 0,450-0,515$ мкм

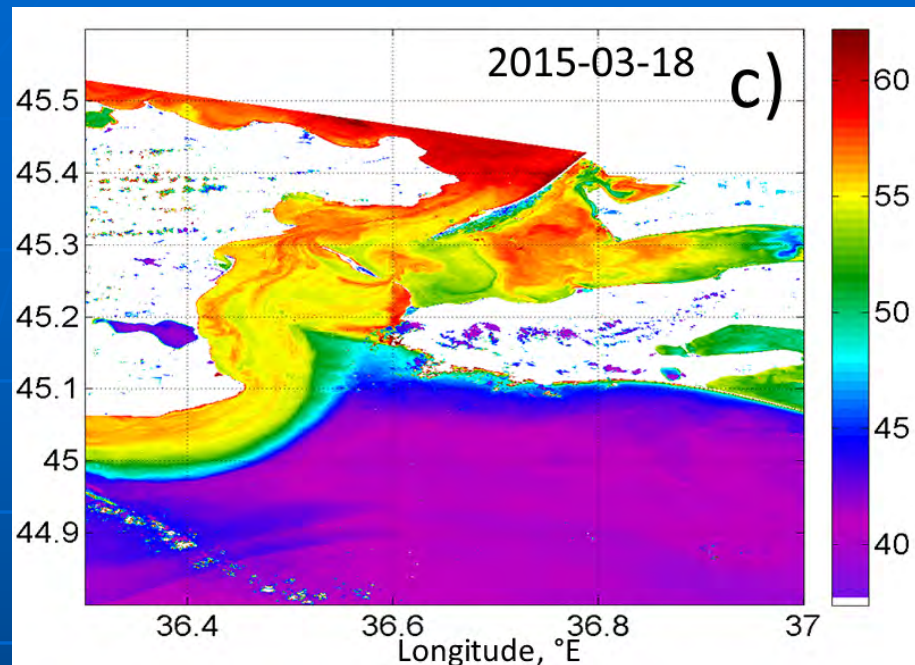


Концентрация хлорофилла А



При образовании антициклона азовоморские воды поступают в Феодосийский залив и таким образом влияют на его экосистему

Возможности наблюдения за динамикой Керченского пролива с помощью спутников с высоким разрешением



Яркость излучения на $\lambda = 0,450—0,515$ мкм
Landsat 8

Возможно наблюдать за струями через
Тузлинский канал и узость Павлова

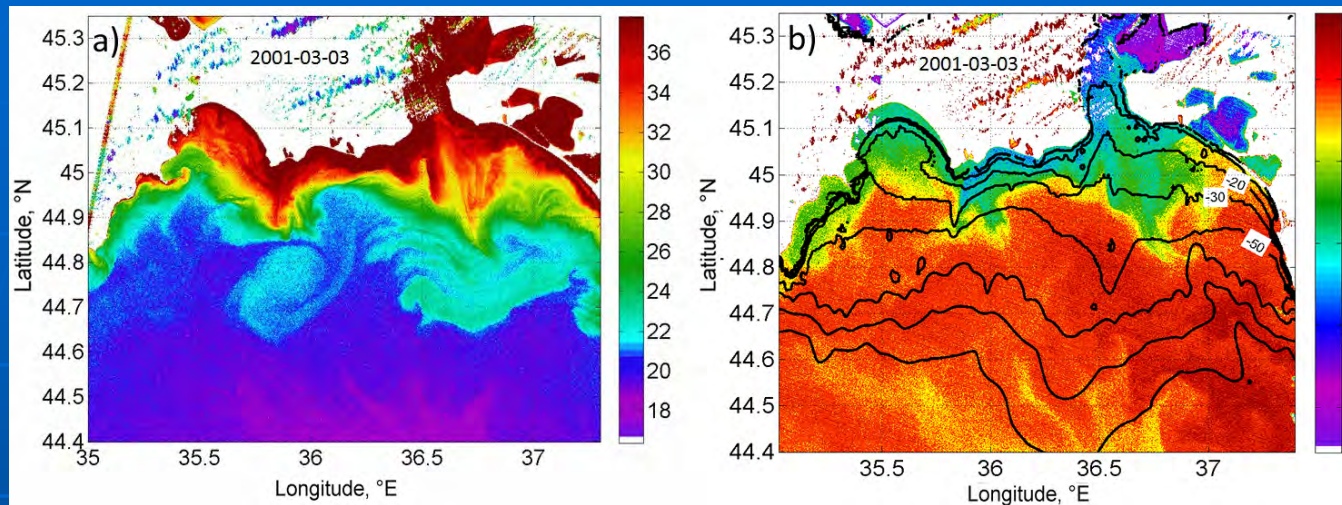
RGB снимок Sentinel-2 с разрешением 10 м
14 июля 2016 год

При сильных северо-восточных ветрах, скорость более 14 м/с, сильно мутные воды занимают около половины пролива шириной 8-10 км. В то же время воды Черного моря слабо вторглись в восточную часть пролива вплоть до южного побережья Тамани.



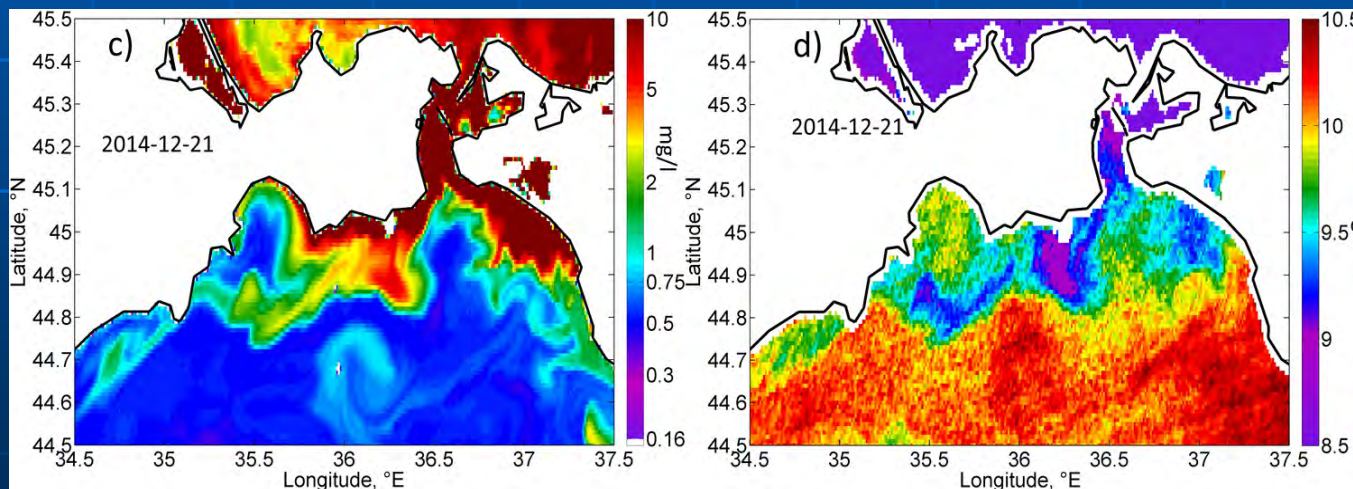
«Центральное» распространение АВ на запад и восток

При сильных ветрах с юга, юго-запада и запада наблюдается распространение АВ вдоль западного и восточного побережья Крымского и Таманского полуостровов.



Юго-восточный
штормовой ветер
 $W = 8-10$ м/с.

Яркость излучения и яркостная температура по данным Landsat 7



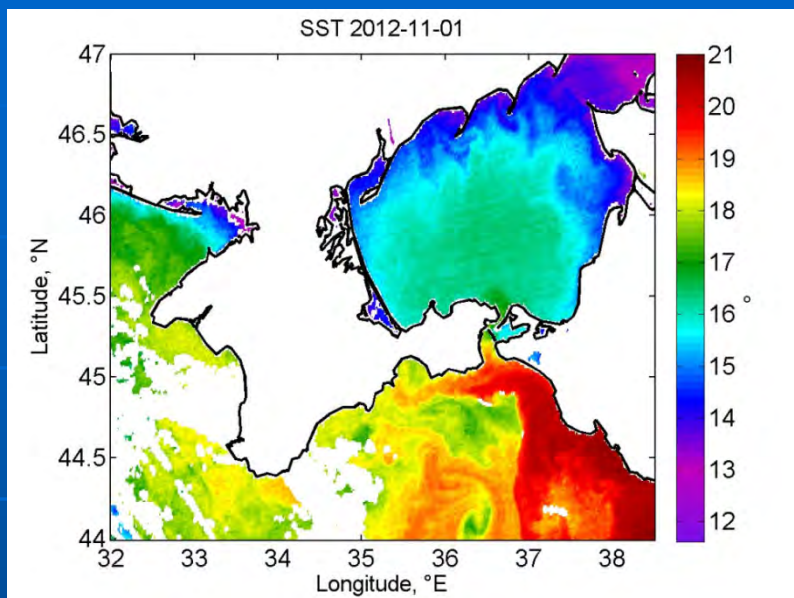
17 марта Северо-
западные ветры
 $W = 18$ м/с сменились
юго-юго-восточными
ветрами с $W = 8-12$ м/с
18-20 марта.

Концентрация хлорофилла А и SST по данным MODIS

- Экмановский транспорт во время таких ветров способствует распространению АВ на восток.
- В то же время такие ветры уменьшают обмен через Керченский пролив и могут полностью его блокировать

Запирание азовоморских вод при южных ветрах

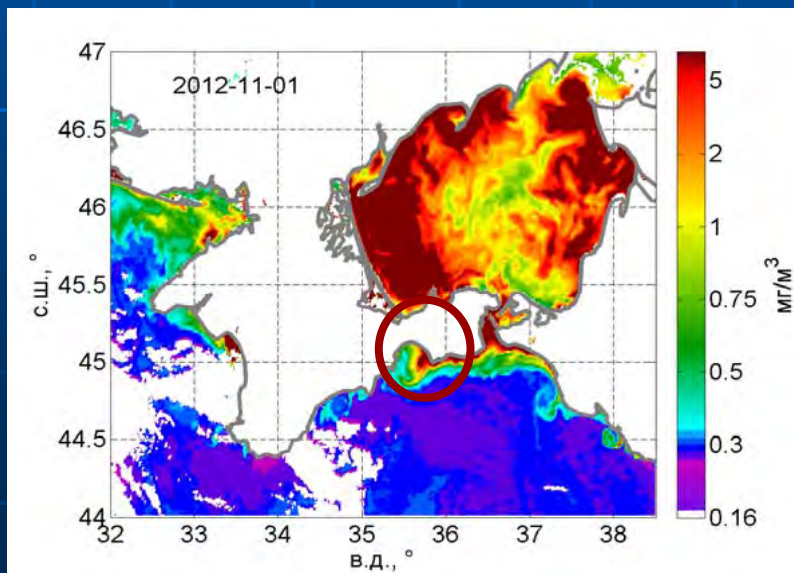
При южных ветрах рост концентрации взвеси у берегов Керченского и Таманского полуостровов может быть связано с локальными процессами взмучивания.



SST по данным MODIS

По данным SST **Modis** видно, что обмен между Черным и Азовским морями заблокирован. Теплые воды Черного моря наблюдаются во всей южной части Керченского пролива, до к. Тузла.

Наблюдаемое сильное взмучивание в районе Керченского пролива не связанное с поступлением Керченских вод в данный регион.



TSM по данным MODIS

Взмученные воды распространяются более чем на 30 км от берега, занимая всю шельфовую зону, где **глубина** составляет не **более 50 м**.

Максимальная область со взмученной водой наблюдается у **восточной части Феодосийского залива**. Так как берег здесь представляет собой разрушаемый клиф, сложенный глинистыми породами.

и4

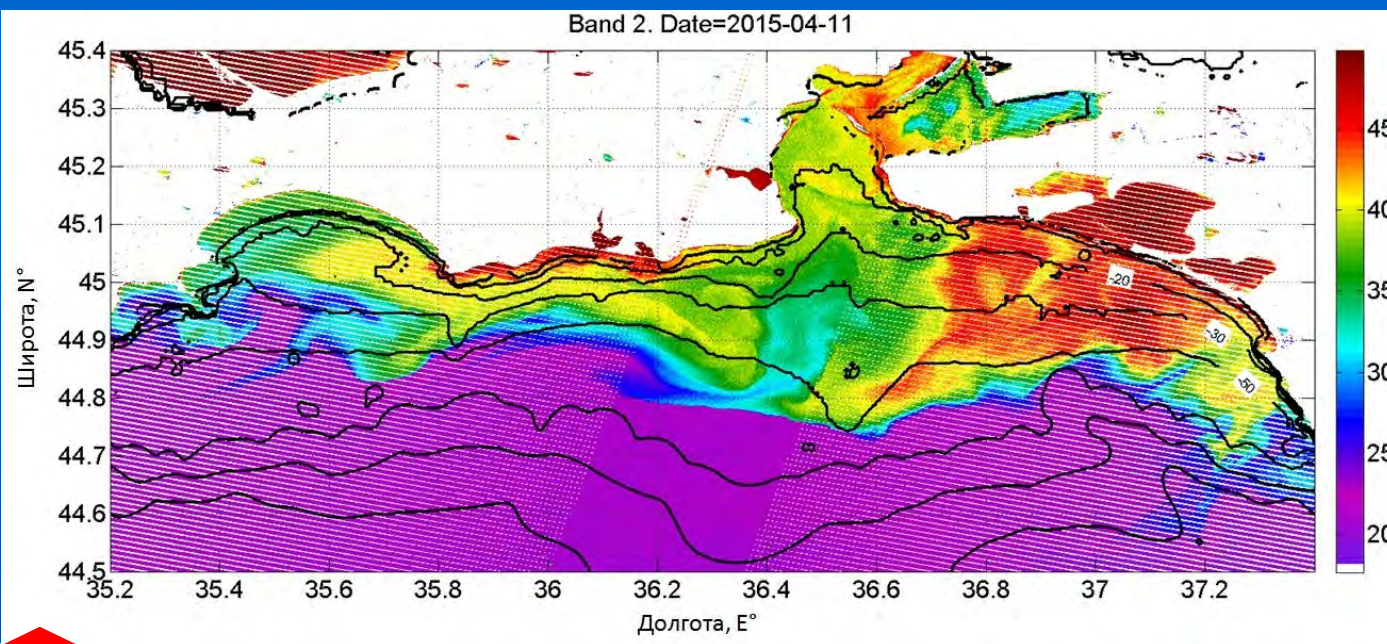
Рассмотрим распространение вз при действии северного штормового ветра. Одна из таких ситуаций наблюдалась на снимке за 20 октября 2013 года. Интенсивный шторм наблюдался 19 октября. Карта скорости ветра изображена на правом нижнем рисунке. Эпицентр шторма находился у берегов Турции, с максимальной скоростью ветра до 20 м/с. Скорость ветра у западного побережья Крыма, составила до 15 м/с. На спутниковых снимках хорошо видна область с повышенными значениями яркости по сравнению с окружающими водами, что указывает на повышенную концентрацию вз в этих областях.

На снимке за 20 октября, видно что действие шторма привело к образованию струи вз, распространяющейся вдоль берега и уходящая в море за берегами севастопольской бухты. На картин 1 и 2 представлены снимки ландсат. Мощная прибрежная струя выносила взвесь в море на расстояние 30 км от берега. При этом вдоль течения струи заметно образования циклонических вихрей размером от 1 до 3 км. Большая взмученность наблюдается у м Лукулл. При этом эта струя развивалась в периферии циклонического вихря заметного в поле спутниковой температуры.

Центры вихрей характерны пониженными показателями температур и повышенной концентрации взвешенного вещества.

user; 17.09.2014

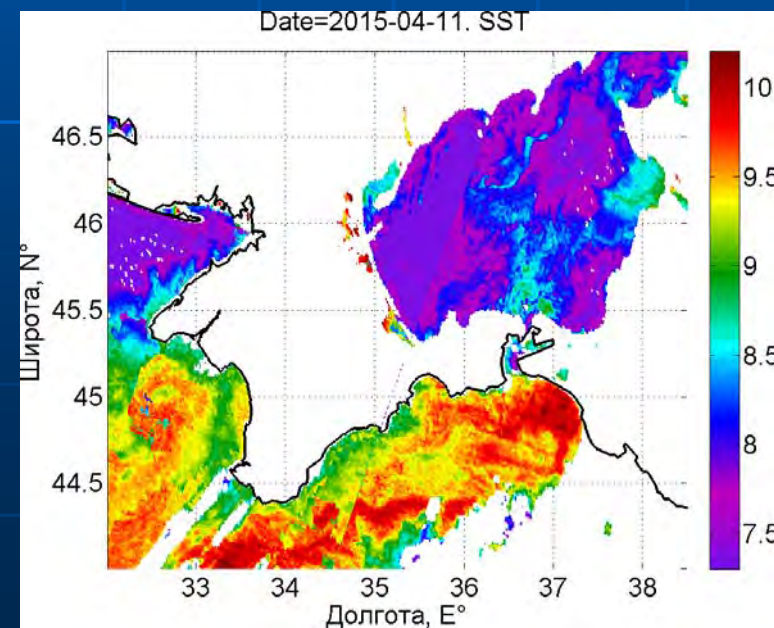
Запирание азовоморских вод при южных ветрах



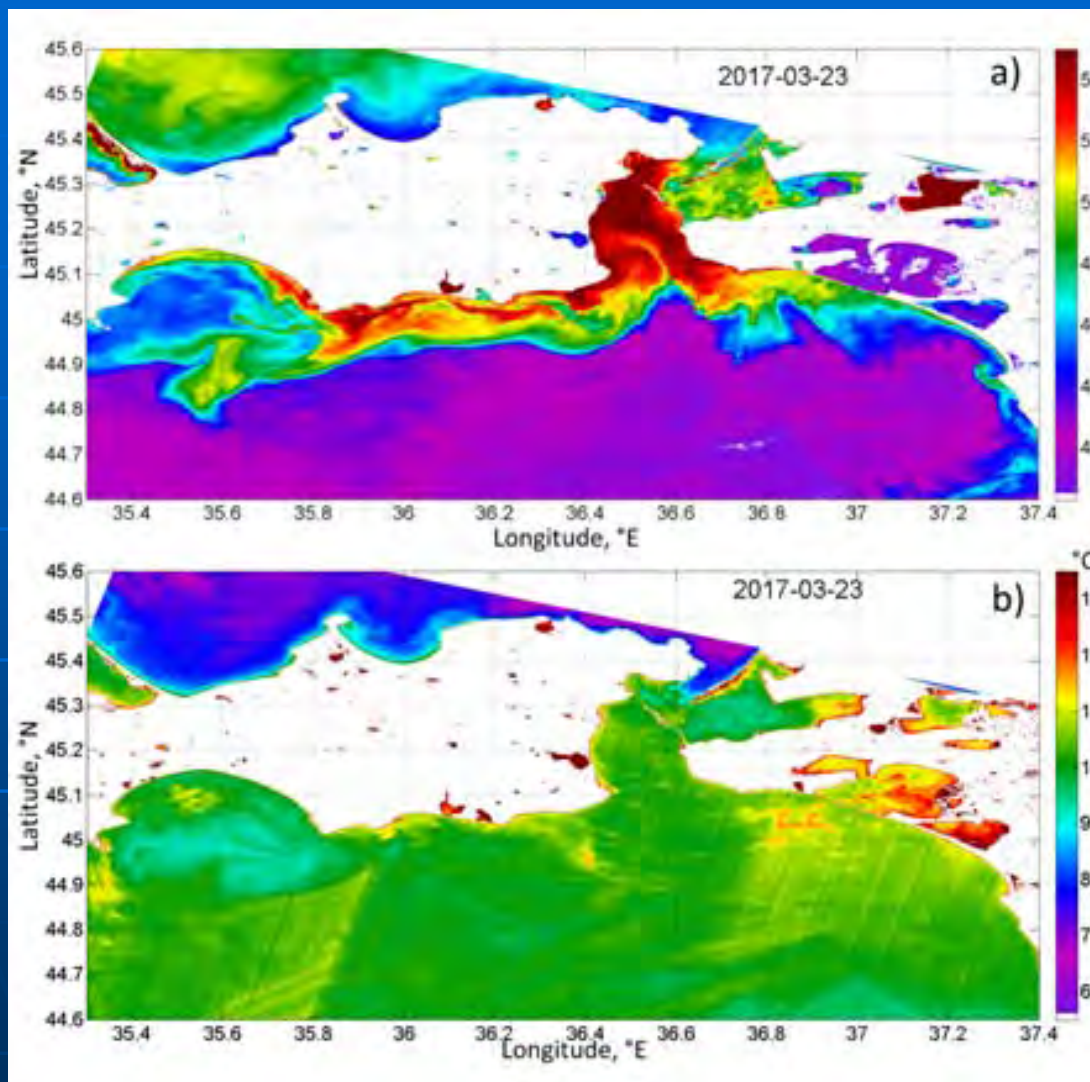
Яркость излучения на $\lambda = 0,450\text{—}0,515$ мкм Landsat 8

Области повышенной яркости хорошо согласуются с **распределением глубин** в районе и наблюдаются в прибрежной шельфовой зоне, не выходя за изобаты **50-70 метров**.

По данным **Modis** SST Черного моря у берегов Керченского пролива на 2°C больше, чем воды Азовского моря



Формирование зоны интенсивной мутности после южного ветра



Южные ветры формируют ветровые волны
Длина волны может достигать значений **100-200 м**.

Данные метеостанции Феодосия показывают, что высота волны достигала **3-3,5 м**.

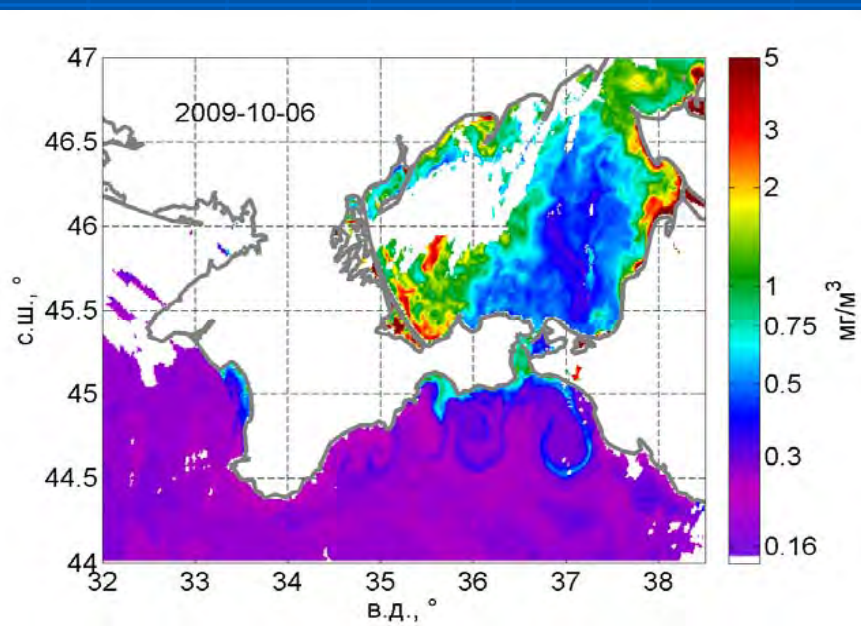
Орбитальные движения таких волн могут достигать дна на мелководном Керченско-Таманском шельфе и вызывать взмучивание донных отложений, что может объяснить сильную корреляцию наблюдаемых мутных областей и батиметрии.

Яркость излучения на $\lambda = 0,450\text{—}0,515$ мкм и восстановленная температура по данным Landsat 8

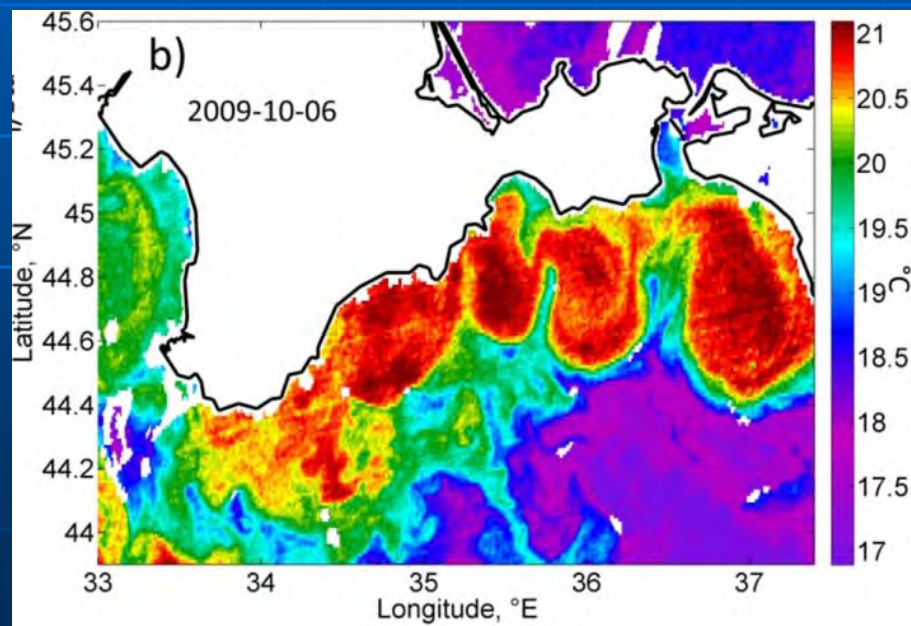
Влияние синоптические вихрей на распространение азовоморских вод

Синоптических вихри, антициклоны, могут захватывать азовоморские воды в свое орбитальное движение и относить их на расстояние равное диаметру вихря в глубоководную часть моря.

Таким образом, взвесь перемещается по периферии вихря и переносится поперек изобат на юг от пролива



TSM по данным MODIS



SST по данным MODIS

и6

Достаточно интересный вид имеет распространение взвеси при западных ветрах.

Рассмотрим 2 случая

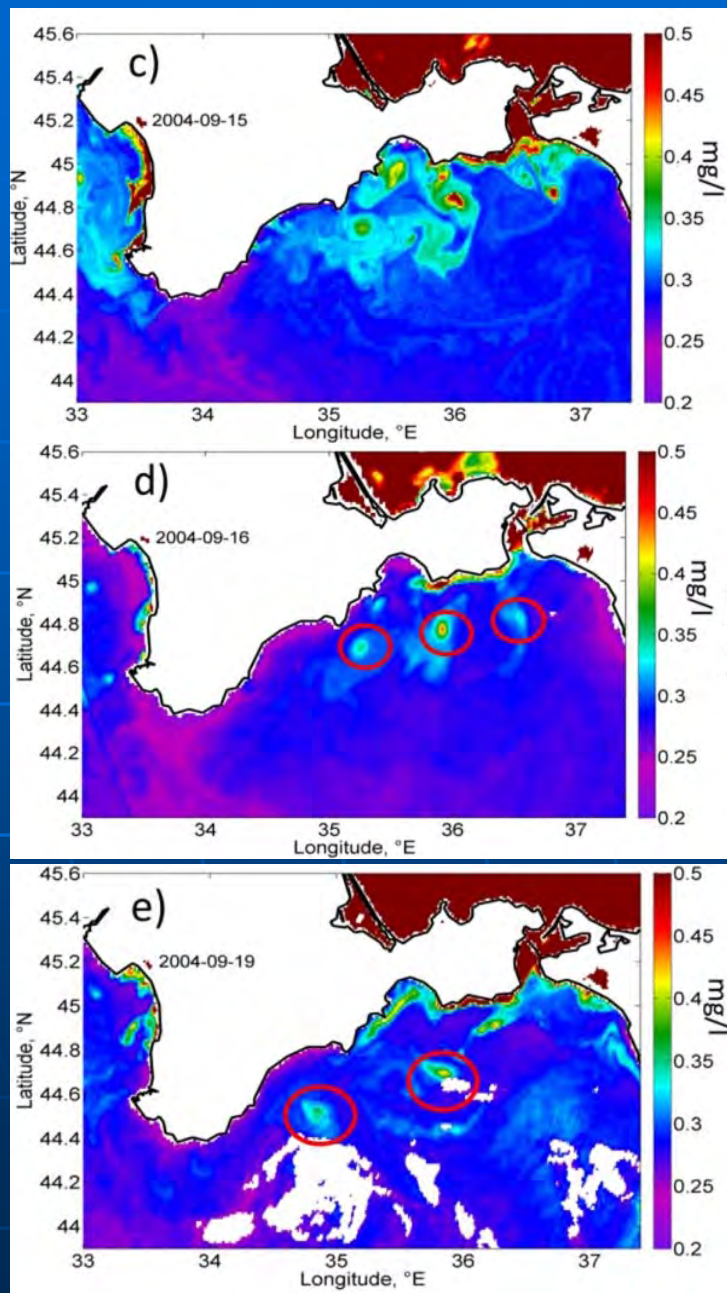
В первом случае 18 января 2003 года наблюдались последствия интенсивного шторма, который проходил 15 января, с эпицентром в центральной части Черного моря. Скорость ветра составляла до 16 м/с.

Видны образования различных структур вдоль берега. (грибовидные структуры, струи).

22 августа 2012, наблюдались многочисленные вихревые структуры по всему западному побережью. Все потоки взвеси направлены на юго-запад, против направления ветра. При этом образовался ряд небольших циклонических вихрей, расположенных на определенном расстоянии друг от друга. При действии штормового западного ветра происходит нагон воды к берегу, что возможно приводит к образованию волновых течений и возникновению цепочки циклонических вихрей при релаксации нагона, который и наблюдается на снимке

user; 17.09.2014

Перенос азовоморских вод субмезомасштабными вихрями

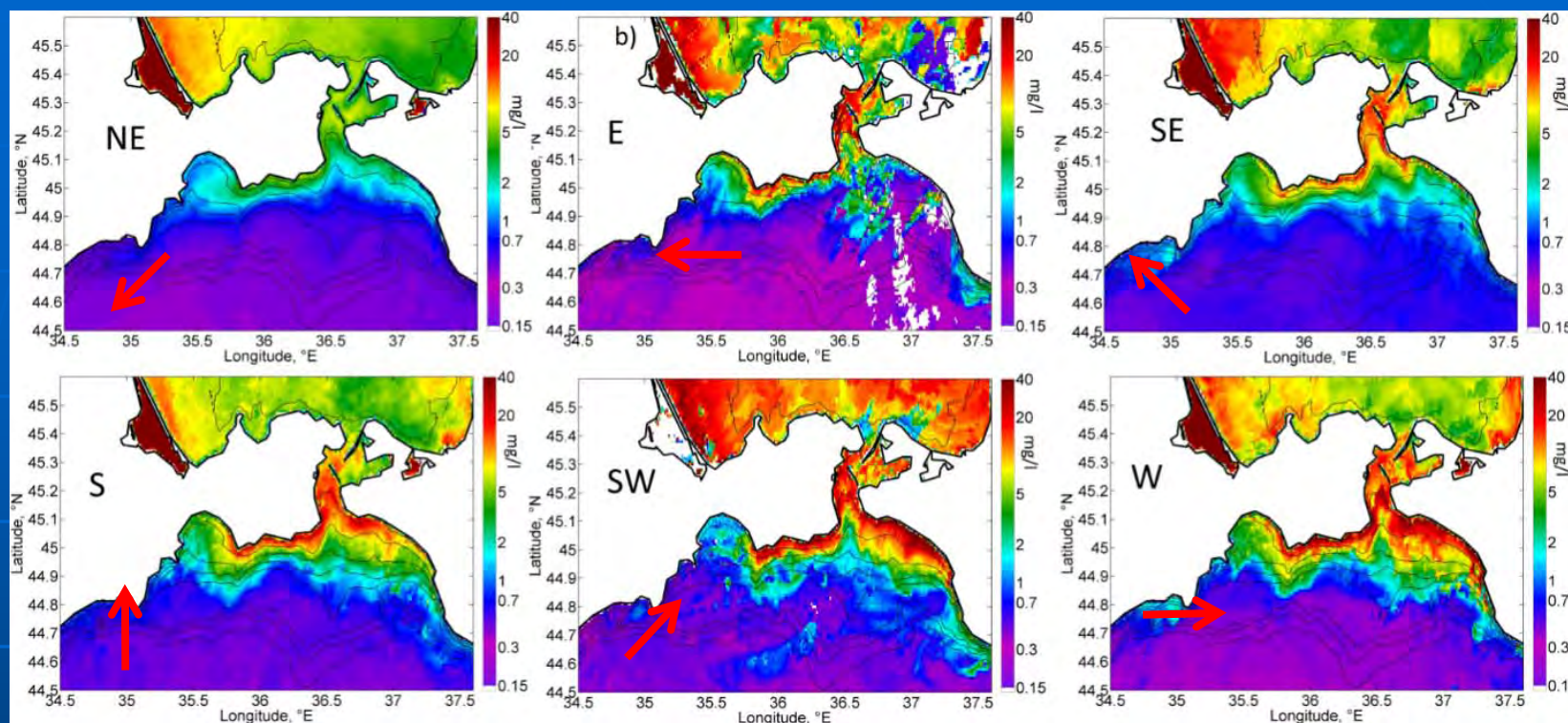


Кроме того, азовоморские воды могут захватываться в ядра субмезомасштабных вихрей и переноситься на значительные расстояния на **запад** вместе с Основным Черноморским течением.

При этом концентрация взвешенного вещества уменьшается медленно, т.к. по-видимому процессы перемешивания в ядре вихря ослаблены.

Концентрация хлорофилла А по данным MODIS

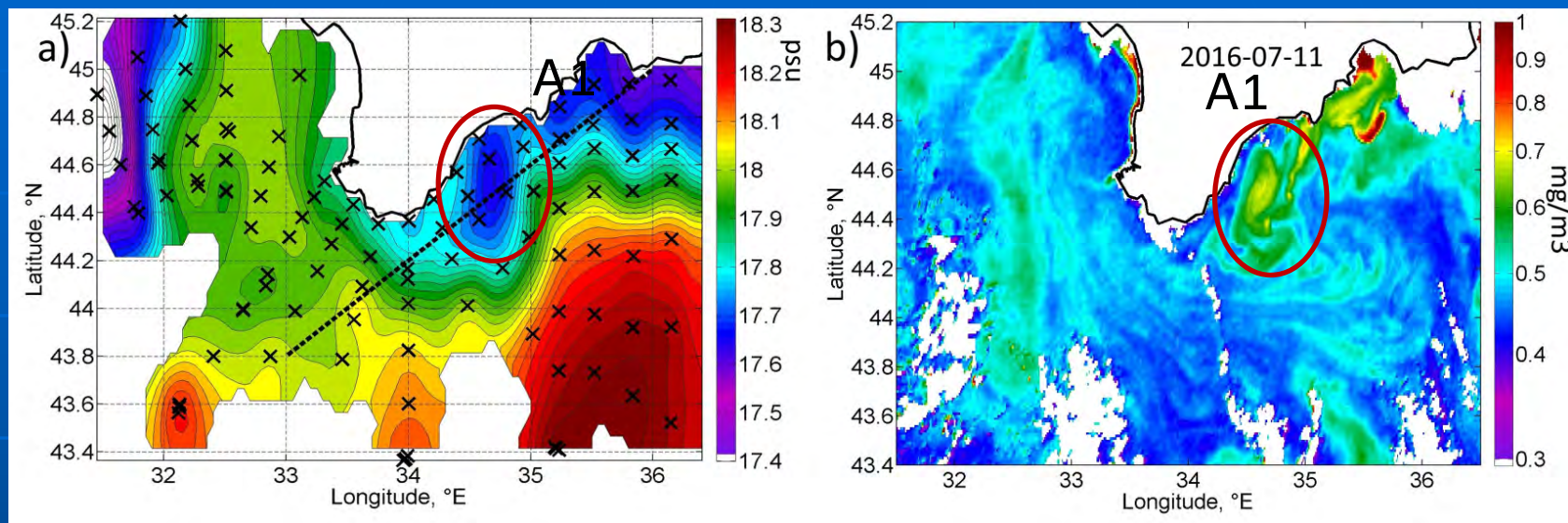
Композитный анализ воздействия шторма на TSM в районе Керченского пролива



Композитные карты TSM после действия штормов ($W > 10$ м/с), различных направлений

- Для данного анализа по Era-Interim reanalysis отбирались даты, когда скорость ветра была выше, чем 10 м/с
- Затем все карты TSM, соответствующие выбранным датам и последующим 7 дням, были усреднены для разных направлений ветра.

Термохалинная структура АВ по гидрологическим данным



Соленость на глубине 5 м

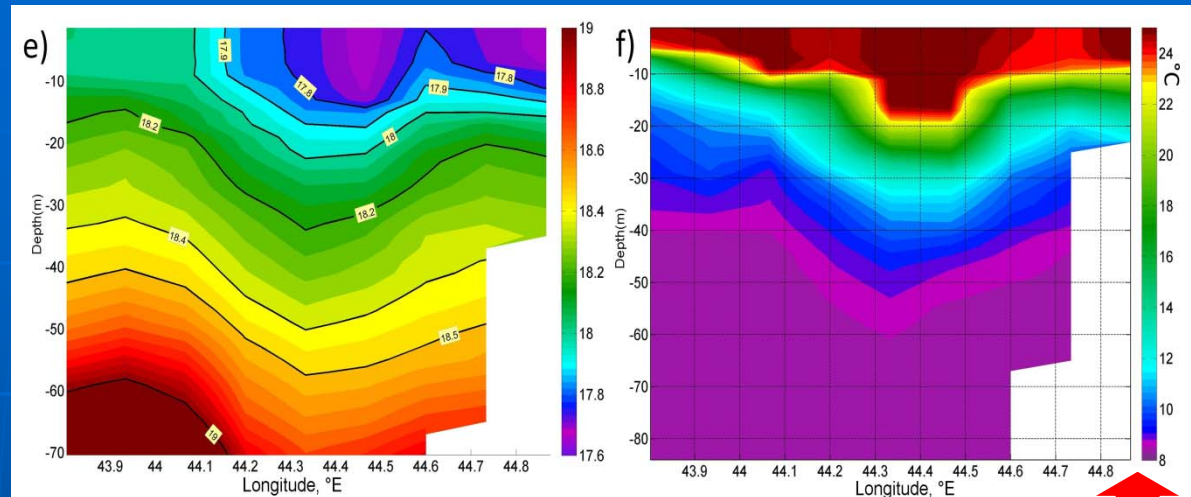
Концентрация хлорофилла А по MODIS

Данные съемки рейса «Профессор Водяницкий» № 87 с 30 июня - 17 июля 2016 г. показали, что воды с низкими значениями солености совпадают с водами с высокими показателями концентрации хлорофилла А.

Отрицательные аномалии солености, которые были получены по данным съемки, наблюдаются в вихре, который четко прослеживается по данным MODIS хлорофилла А.

Вертикальная структура АВ по гидрологическим данным

Азовоморские воды
наблюдаются в верхнем слое
0-15 м. Максимальная
толщина АВ (20-25 м)
наблюдается в
мезомасштабном
антициклоне А1

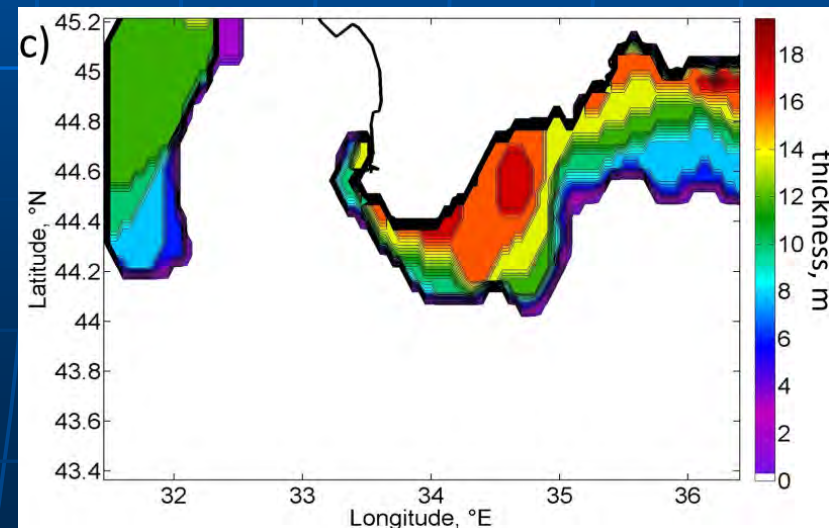


Вертикальный разрез солености (е) и температуры (f) вдоль Азовского плюма

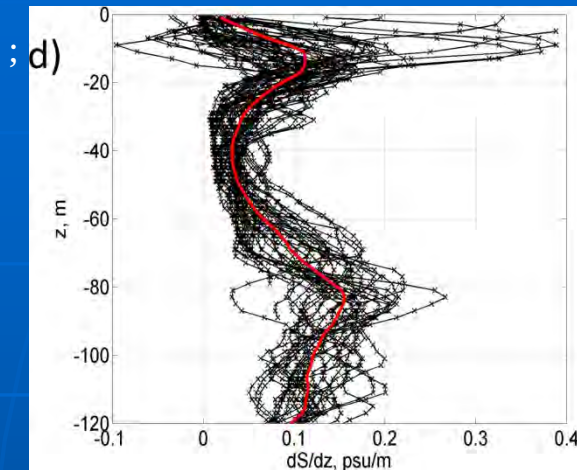


Аккумуляция теплых поверхностных вод в вихре хорошо видна в разрезе температуры.

Использовался порог солености 17,9 епс,
что бы выделить гидрологические
станции, затронутые азовоморскими
водами.



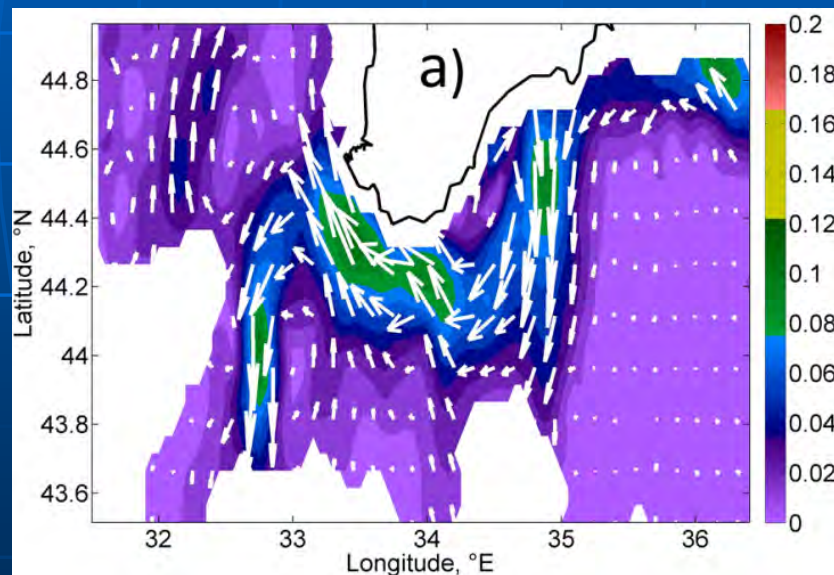
Динамическая структура АВ по гидрологическим данным



Вертикальные градиенты солёности для точек, в которых солёность на глубине 5 м была менее 17,9 епс

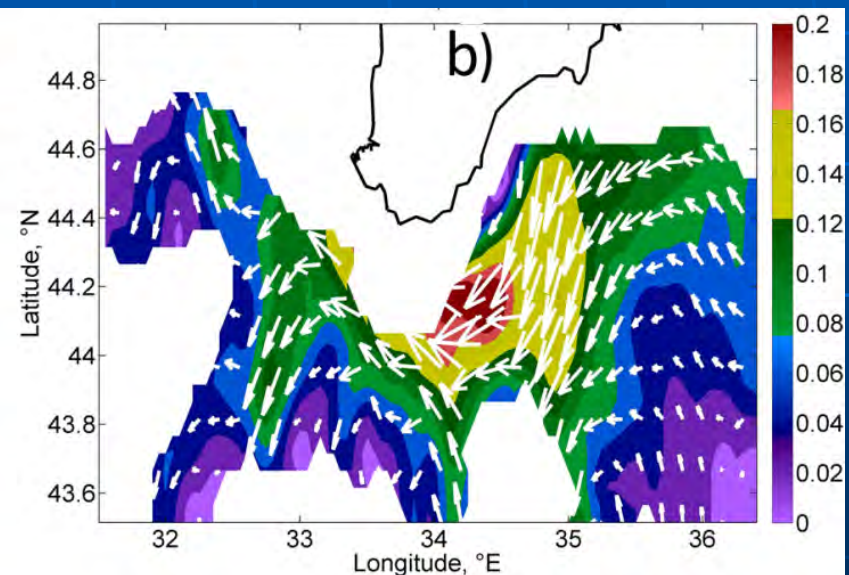
Пространственные градиенты плотности определяют скорость геострофических течений:

$$V_{geo}(z) = -\frac{g}{f \cdot \rho_0} \int_{z_{ref}}^z \frac{d\rho}{dx} dz$$



Геострофические скорости на поверхности, вызванные градиентами плотности в верхнем слое 0-40 м

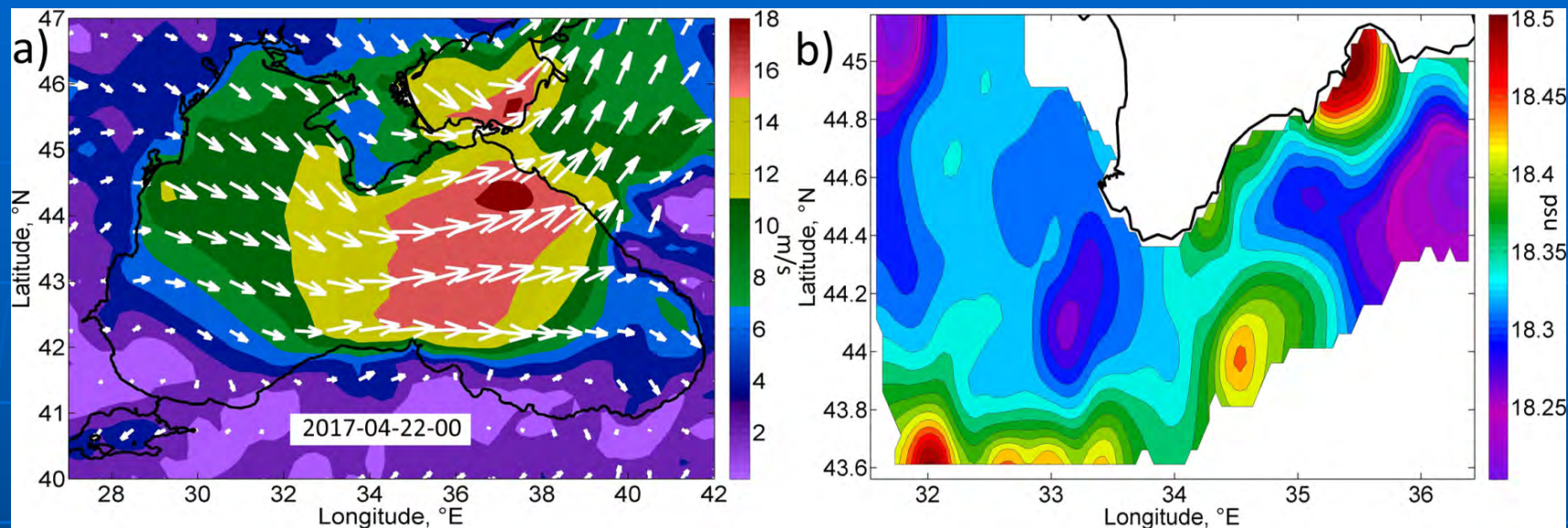
$$V_{geo}(0-40) = 0,06-0,12 \text{ м/с}$$



Суммарные геострофические скорости на поверхности

$$V_{geo}(0-300) = 0,12-0,25 \text{ м/с}$$

Вертикальное распределение TSM вблизи Керченского пролива во время южных штормов



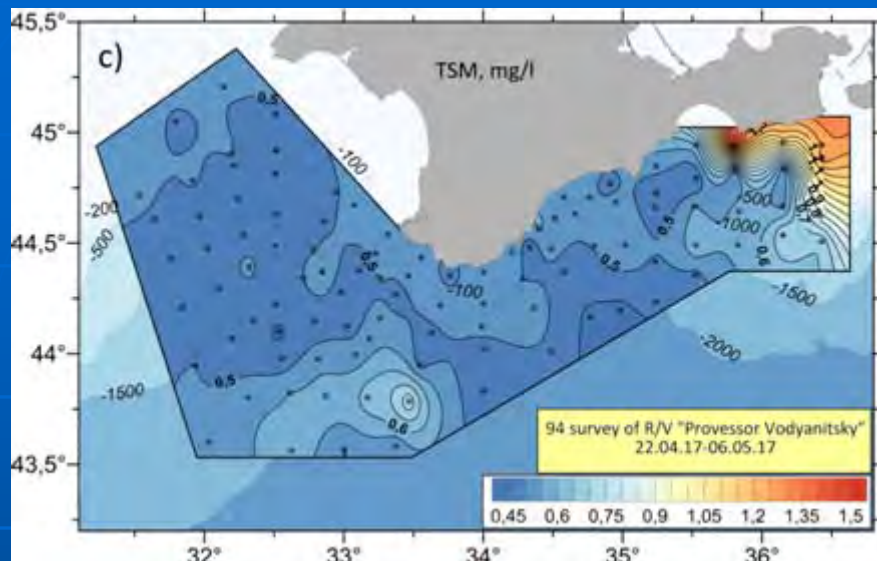
а) Скорость ветра (м/с) из архива данных NOMADS 22 апреля 2017 года;

б) Распределение солености (psu) на 5м при съемке № 94 НИИ «Профессор Водяницкий»;

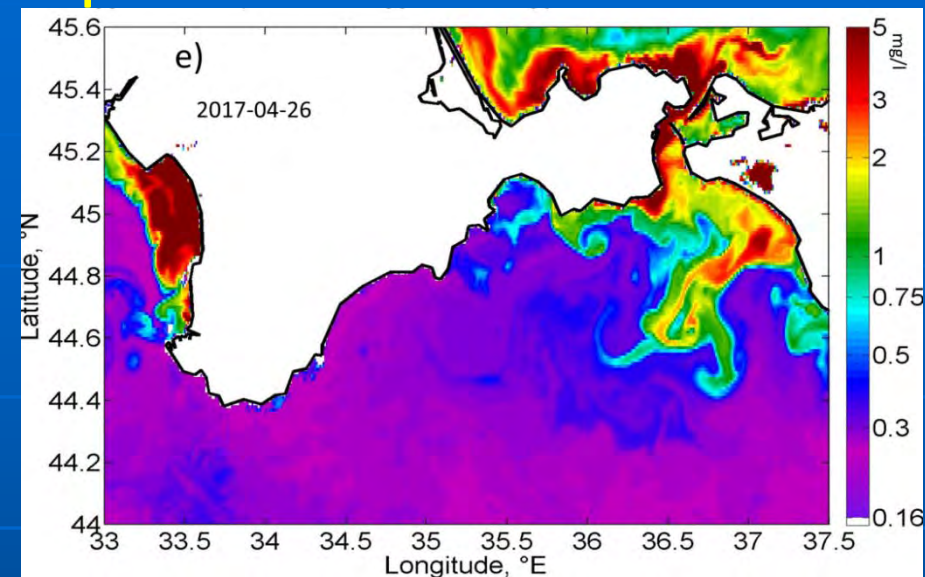
Видно, что в данном случае не наблюдаются воды с низкой соленостью у берегов юго-восточного Крыма.

Таким образом, наблюдается запираение Азовских вод Черноморскими водами при южных штормовых ветрах.

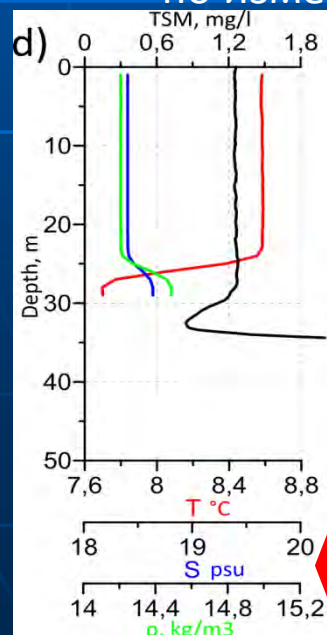
Вертикальное распределение TSM вблизи Керченского пролива во время южных штормов



Распределение TSM (мг/л) на поверхности по измерениям в рейсе 94



Карта MODIS TSM (мг/л)



Юго-западный ветер вызвал интенсивное волновое воздействие, которое способствует образованию большого количества ВВ в юго-западной части Черного моря.

При изменении ветра на северо-восточный происходит вертикальное проникновение TSM в толщу воды на глубину 30 м, с концентрацией 1,2 мг/л.

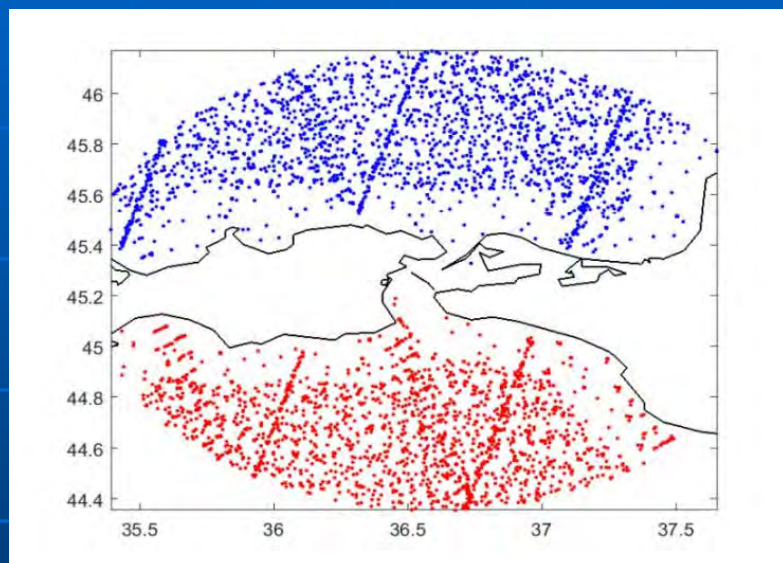
In-situ профили TSM (мг/л, черный), температуры (°C, красный), солености (psu, синий), плотности (кг/м³, зеленый) на станции 26 (точка 36,5 °E, 44,9 °N)

Разница уровня Азовского и Черного морей

$$v = \frac{g}{f} * \frac{dh}{dl}$$

Уравнение геострофический баланс используется для определения баротропной (интегрированной по глубине) скорости через пролив

где, dh - разница уровня моря (**DSL**) по проливу, dl = 40 км - длина пролива

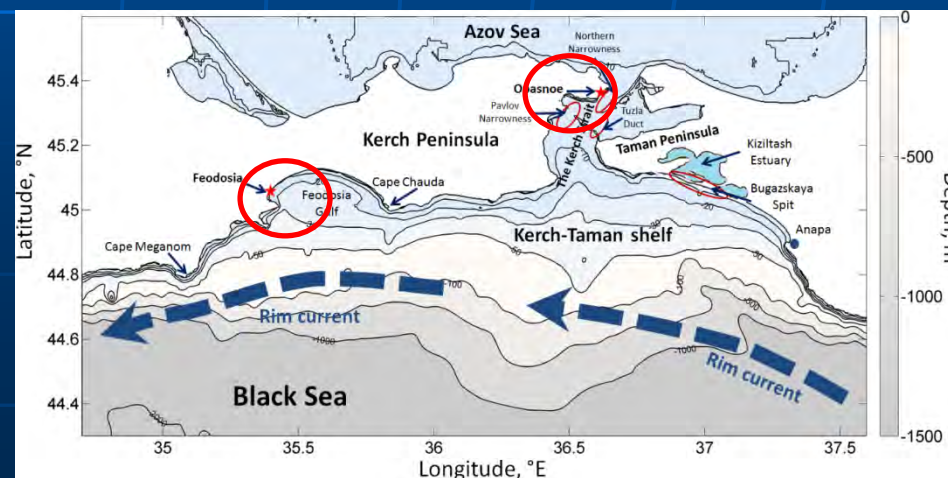


Точки альтиметрических измерений по спутниковым данным с 1993 по 2015 гг.

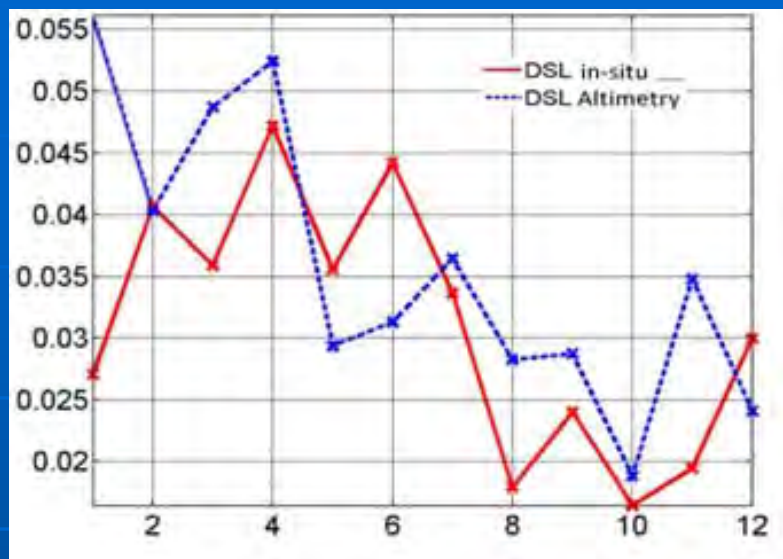


Использовались точки в радиусе 70 км от пролива

Использовались контактные данные для определения разницы уровня моря (DSL) на станциях Опасное (Азовское море) и Феодосия (Черное море)



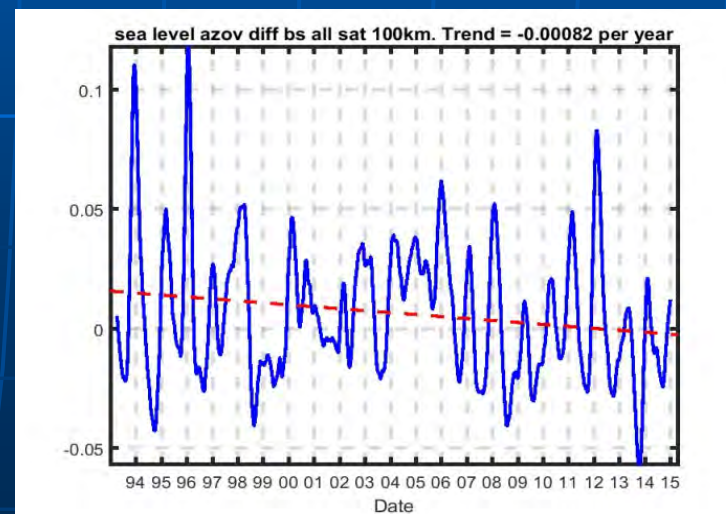
Разница уровня Азовского и Черного морей



Разница уровней имеет сезонный ход.
Наибольшая - в зимне-весенний период.
Минимальная - в летний.

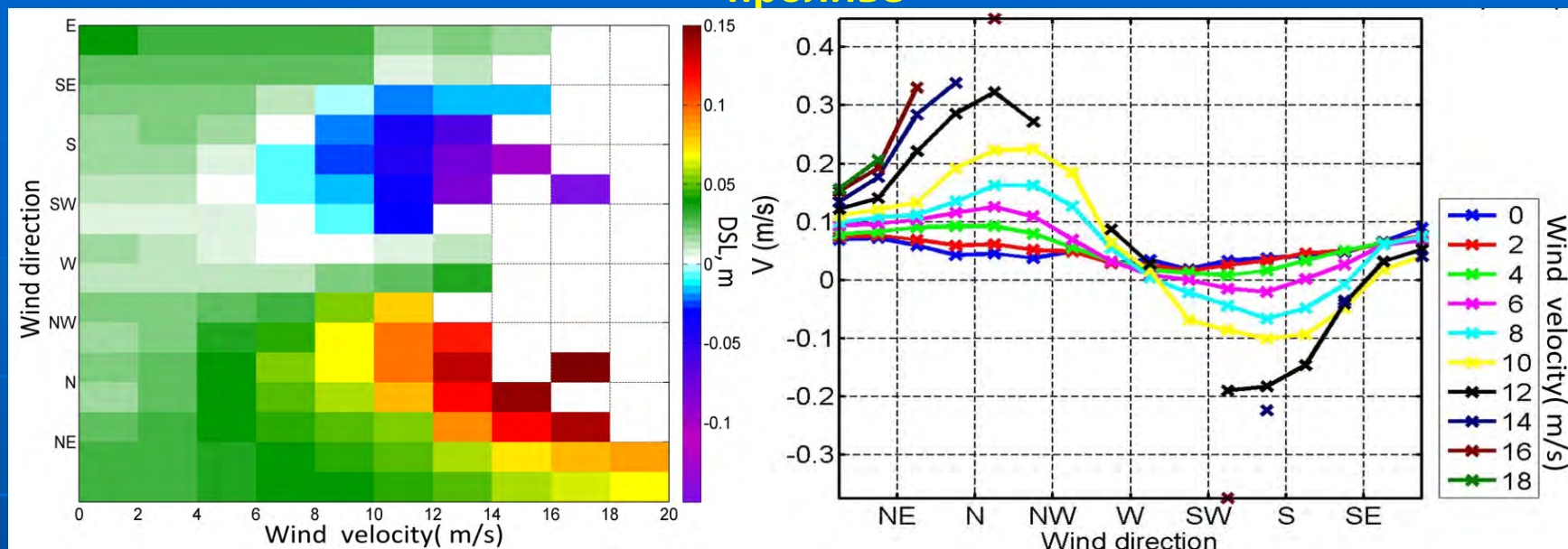
Сезонная изменчивость разницы уровня (DSL) между Азовским и Черным морями в районе Керченского пролива по данным альтиметрии и контактными измерениями на станциях Опасное и Феодосия

С течением времени разница уровней уменьшается.



Разница уровня Азовского и Черного морей по альтиметрическим данным с 1993 по 2015 гг.

Влияние ветра на сезонную изменчивость водного транспорта в Керченском проливе



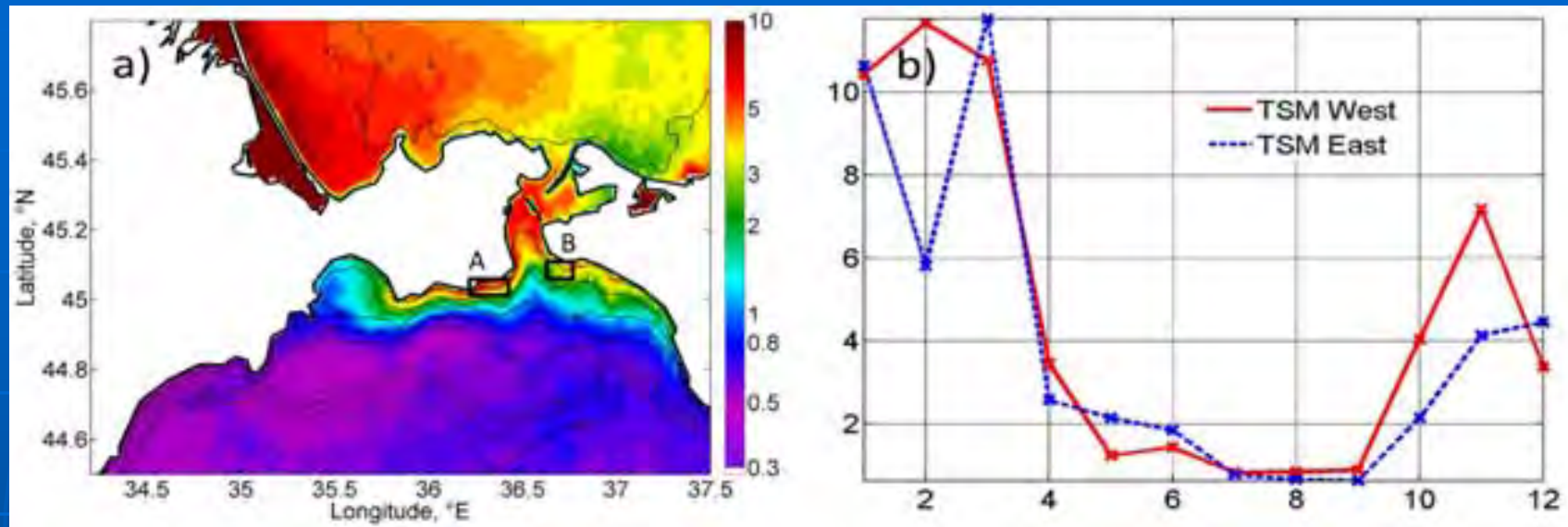
Соотношение DSL с величиной и направлением ветра в районе Керченского пролива ($36,75^\circ$ в.д., 45° в.д.) При **северных** ветрах, которые вызывают нагон в Азовском море, **DSL увеличивается**, а во время **южных** ветров **уменьшается**.

Наибольшая DSL наблюдается при ветрах с **севера** со скоростью выше **12 м/с**. Во время таких событий DSL увеличивается до значений более **15 см**. Это соответствует увеличению баротропной скорости в Керченском проливе на 30-40 см/с.

При сильных **южных** и юго-западных ветрах с $W > 12$ м/с DSL падает на **10-15 см**, что приводит к увеличению скорости притока вод Черного моря в Азовское море на 20-30 см/с.

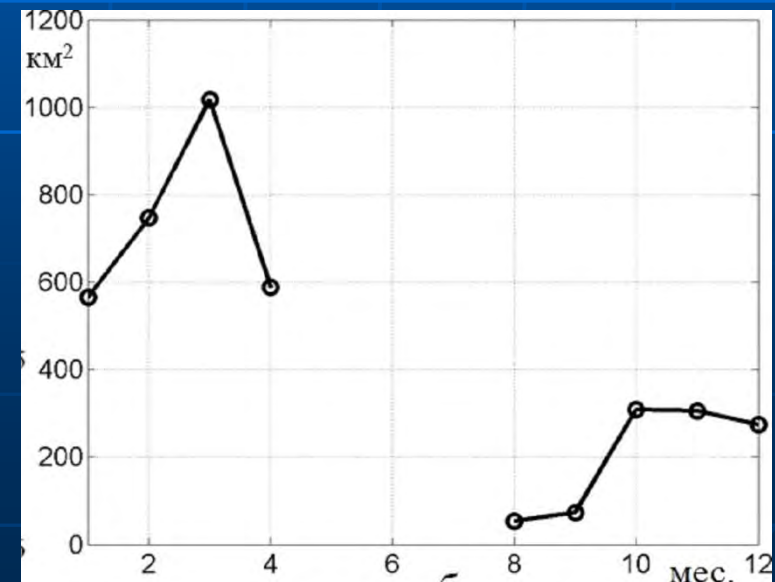
Полученные результаты соответствуют работе (Fomin et al., 2017), в которой вычислялась зависимость переноса через Керченский пролив на основе численного моделирования с высоким

Сезонная изменчивость взвеси к западу и востоку от пролива



- Для **западного побережья** концентрация взвеси максимальна в **феврале**. Когда действуют сильные **северные шторма**. Наименьшие значения - в летнее время.

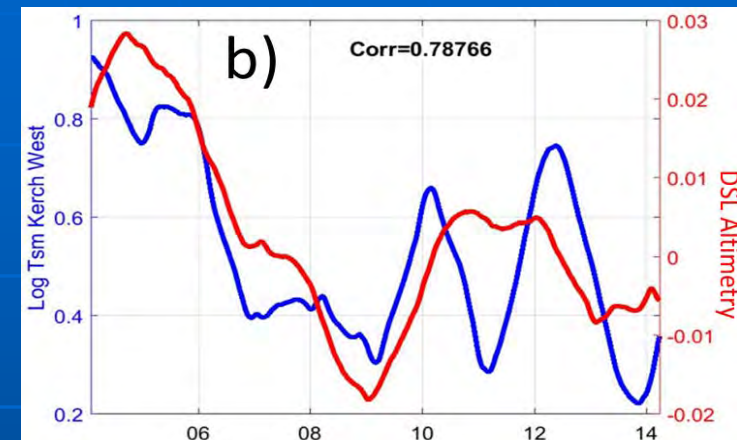
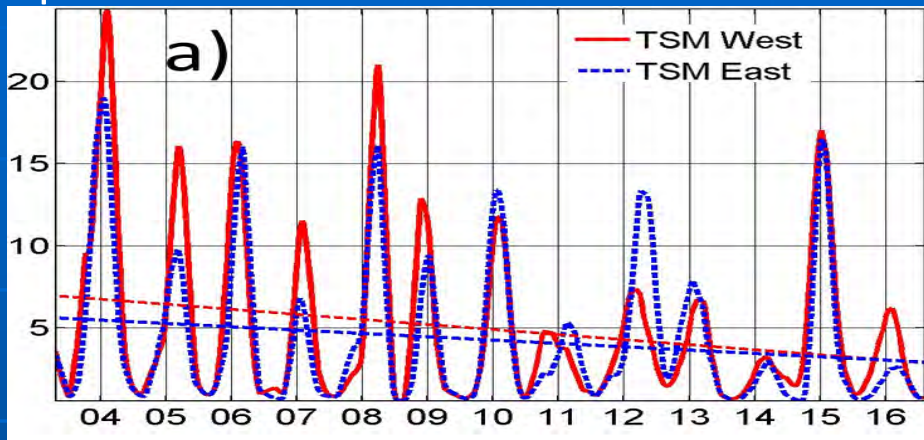
- У **восточного берега** максимум концентрации взвешенного вещества наблюдается в **марте**. Что связано с действием в это время **южных штормовых ветров**.



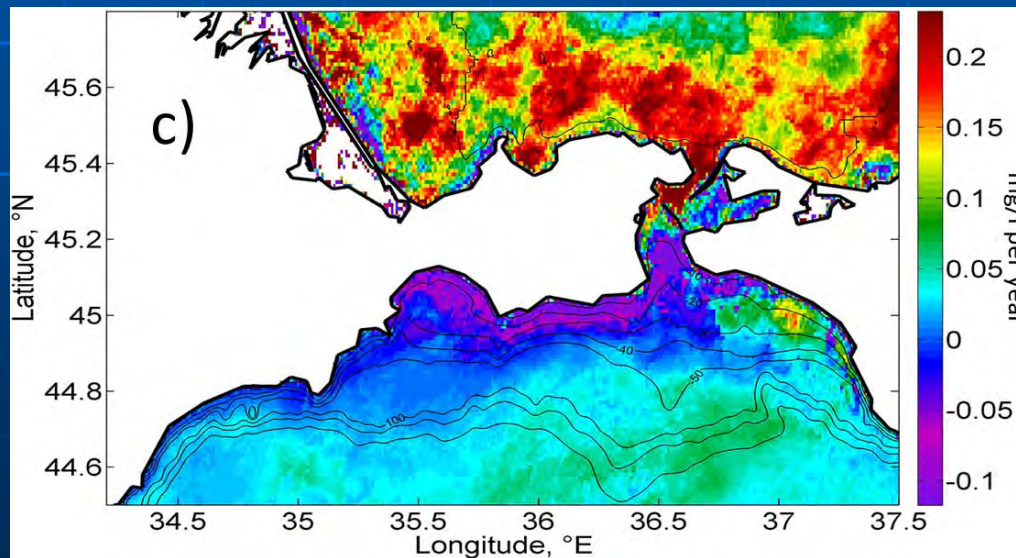
Площадь, занятая водами с концентрацией BВ > 1,5 мг/л

Межгодовая изменчивость

По спутниковым данным концентрация взвеси уменьшается с течением времени.



Межгодовая изменчивость взвеси с 2003 по 2016 гг.

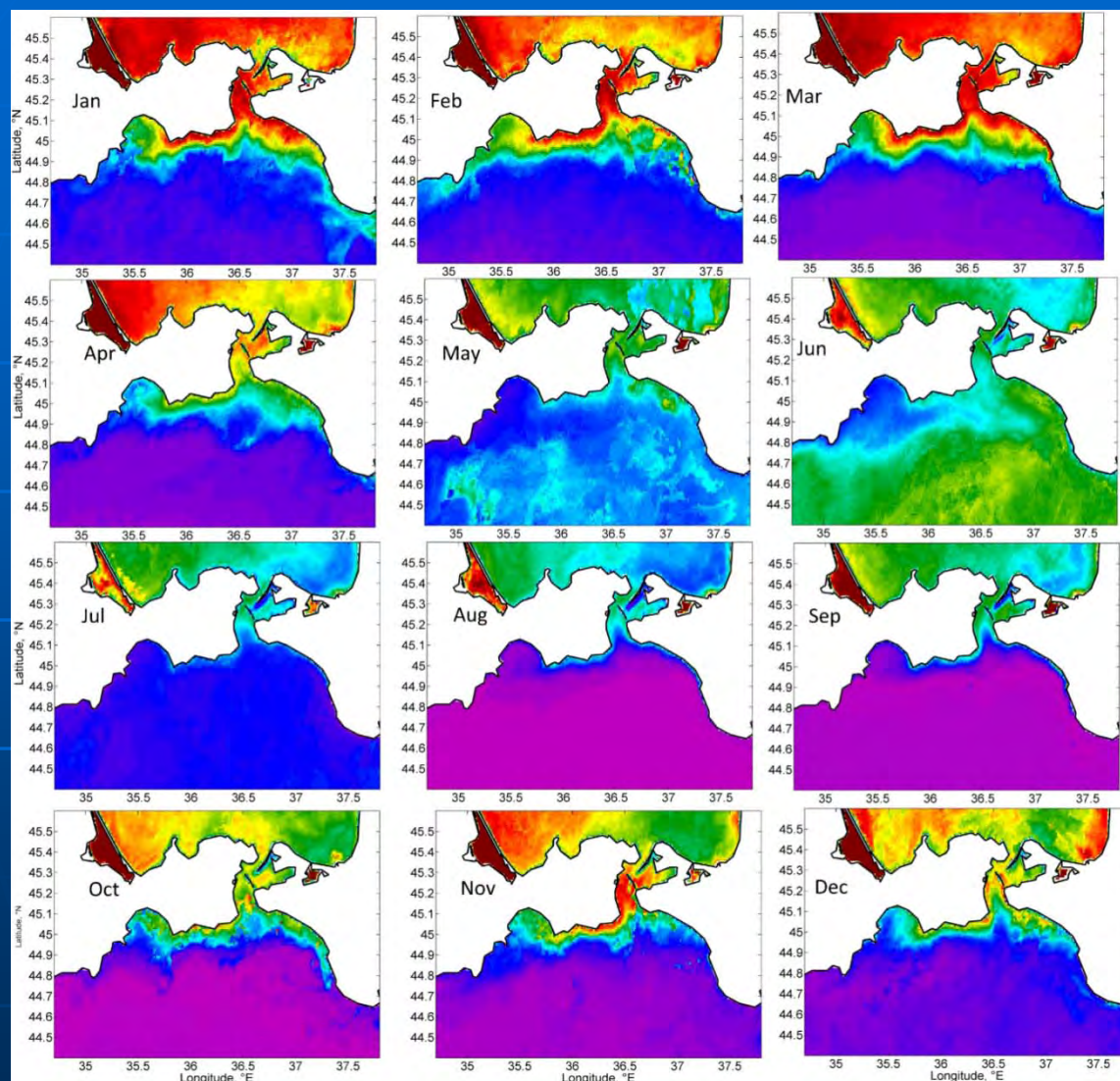


Тренды изменчивости количества взвешенного вещества в районе Керченского пролива

Концентрация взвеси и разница уровня хорошо коррелируют между собой.

С уменьшением разницы уровня уменьшается и концентрация взвешенного вещества у берегов Крымского побережья.

Сезонная и пространственная изменчивость распространения азовоморских вод



Самые высокие значения TSM как к югу от Керченского пролива, так и в Азовском море ($TSM > 10$ мг/л) наблюдаются с января по апрель.

С мая по сентябрь значения TSM вблизи Керченского пролива значительно меньше (~ 1 мг/л), так как в этот период приток АВ в Черное море уменьшается.

С октября наступает штормовая погода и АВ значительно простираются как на запад до Феодосийского залива, так и на восток, доходя до Анапы.

Выводы

1. Северо-северо-восточные ветры усиливают приток азовских вод и их дальнейшее распространение на запад в виде струи, прижатой к южному побережью Крыма. Струя азовоморских вод к западу обычно прижимается к побережью и наблюдается на мелководных участках глубиной менее 30 метров. Однако вблизи орографических препятствий, таких как мыс Чауда, мыс Меганом, он может оторваться от берега и проникнуть в более глубокую часть бассейна
2. Юго-западные и западные штормы сильно увеличивают TSM к востоку от Керченского пролива около юга Таманского полуострова, в юго-восточном и восточном направлении увеличивают TSM у южного побережья Крыма к западу от Керченского пролива, в то время как южные штормы увеличивают TSM по всему Керченско-Таманскому шлейфу.
3. Мезомасштабные антициклоны способствует перемещению АВ по шельфу на расстояние, сравнимое с их диаметром (20-60 км). Также субмезомасштабные циклоны могут захватывать АВ в свои ядра и переносить их на большие расстояния (> 100 км) на запад в циклоническом направлении.
4. На основе контактных и альтиметрических измерений исследована сезонная и межгодовая изменчивость водообмена через Керченский пролив и её связь со скоростью и направлением ветра

A high-resolution image of the Earth as seen from space. The planet is a sphere with a glowing blue and white atmosphere. The landmasses are visible in shades of brown and green, and the oceans are dark blue. Numerous small, bright white dots representing city lights are scattered across the landmasses, particularly concentrated in the Eastern Hemisphere. The Earth is set against a solid black background.

Благодарю за внимание!!!

Разница уровня Азовского и Черного морей

$$v = \frac{g}{f} * \frac{dh}{dl}$$

— Уравнение геострофический баланс используется для определения баротропной (интегрированной по глубине) скорости через пролив

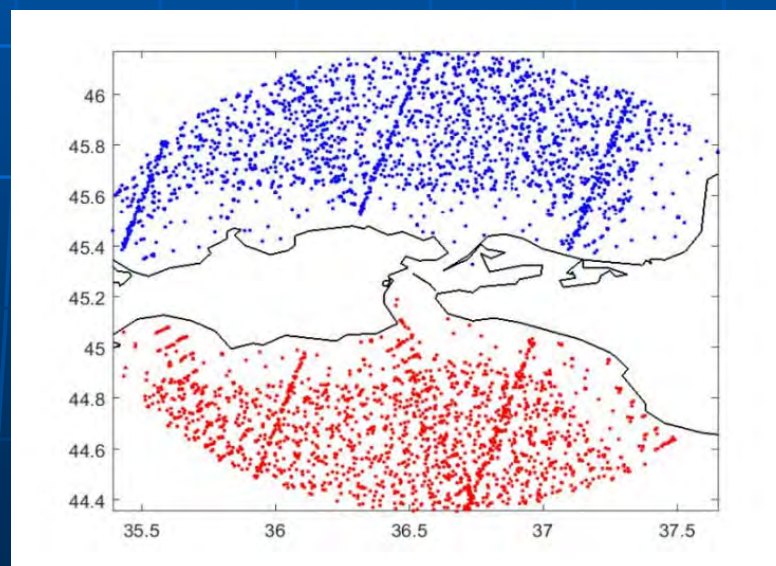
где, dh - разница уровня моря (**SLD**) по проливу, $dl = 40$ км - длина пролива

Альтиметры предоставляют данные об аномалии уровня моря (**SLA**) от усредненного по времени распределению уровня моря.

Для получения по альтиметрам SLD необходимо к SLA добавить усредненную по времени разницу уровня моря **dh0** между Азовским и Черным морями.

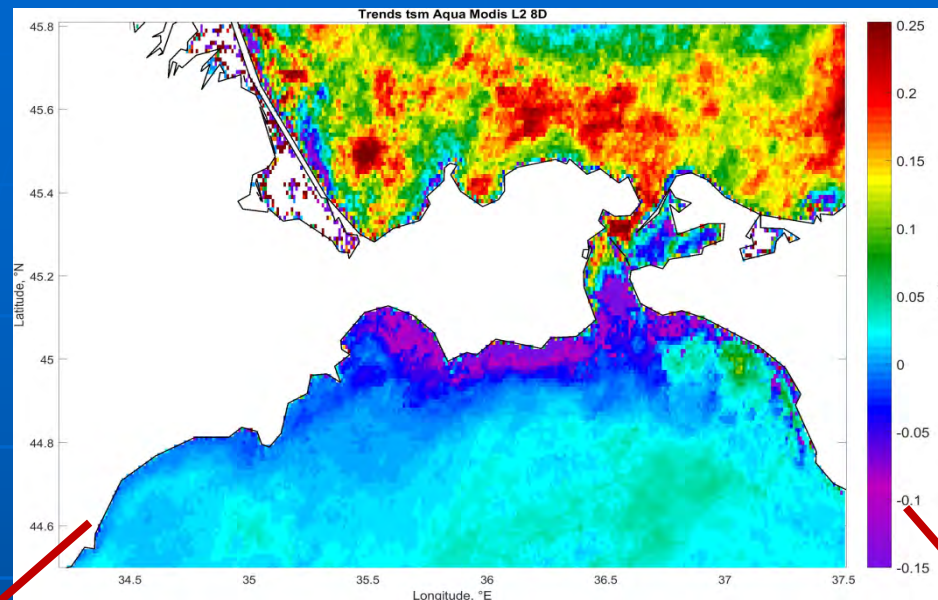
Величина $dh0$ получена за период 1993-2011 гг. по измерениям станций в Опасном (Азовское море) и Феодосии (Черное море).

dh0 = 0,03 м

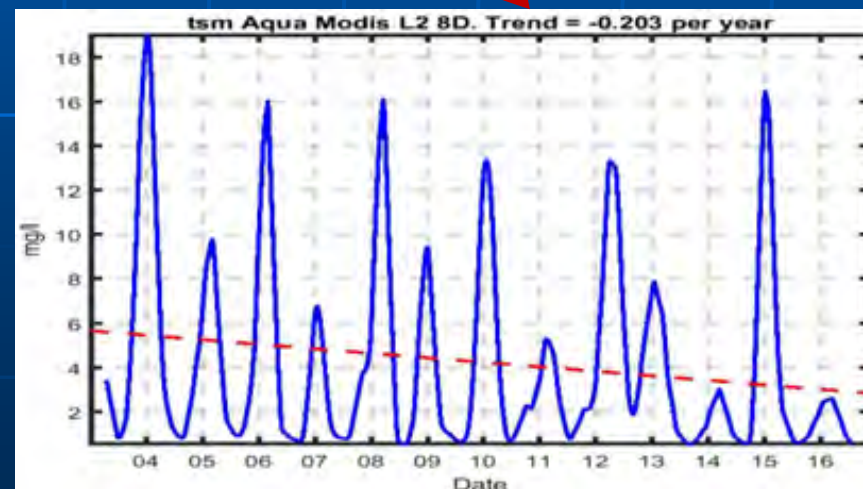
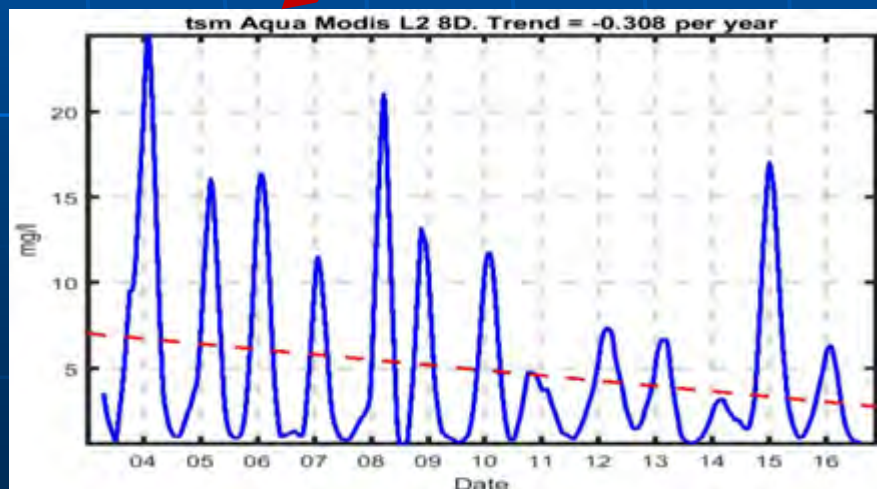


Точки альтиметрических измерений по спутниковым данным с 1993 по 2015 гг.

Межгодовая изменчивость взвеси к западу и востоку от пролива

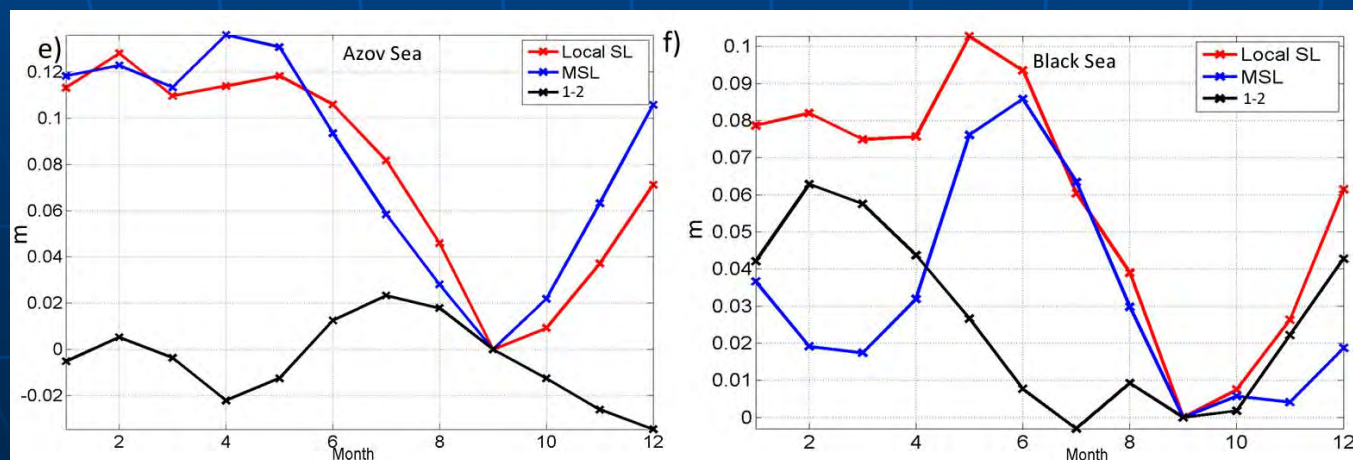
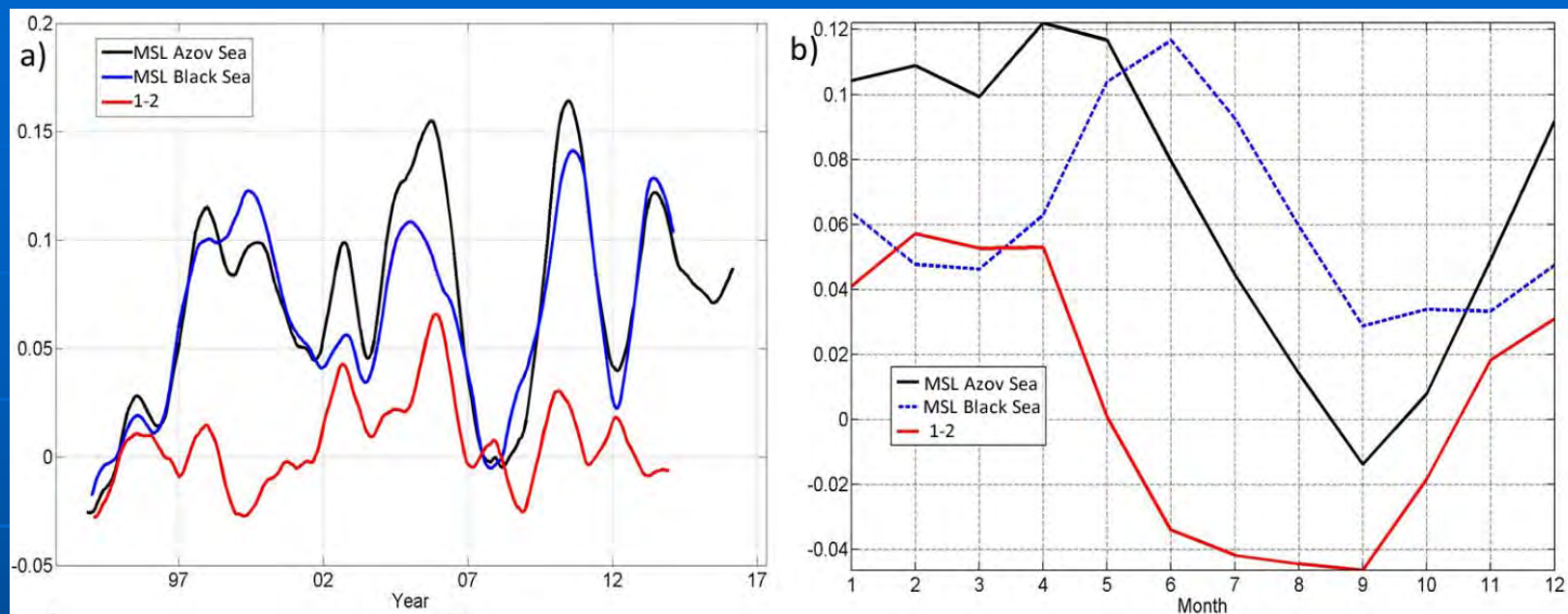


Тренды изменчивости количества взвешенного вещества в районе Керченского пролива



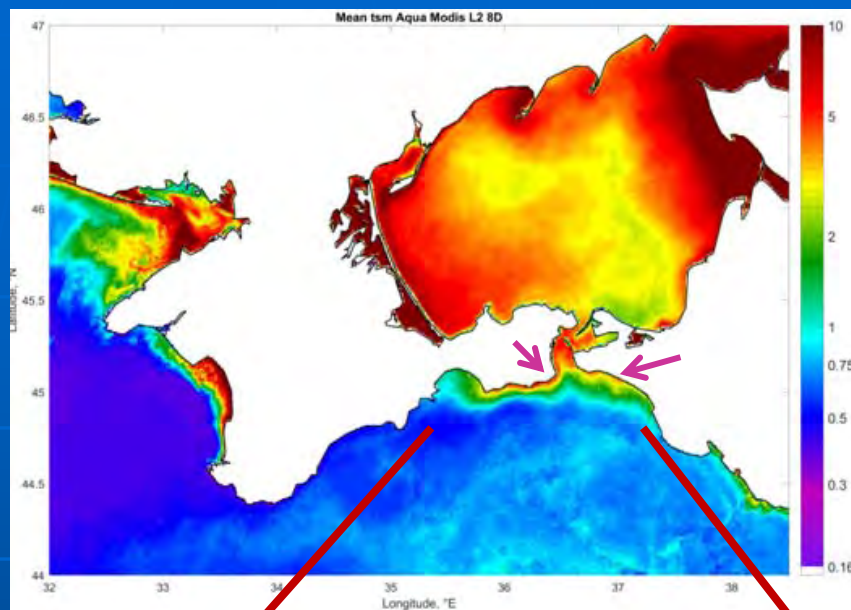
Межгодовая изменчивость взвеси с 2003 по 2017 гг.
Количество взвеси падает с течением времени.

Сезонная изменчивость водного транспорта в Керченском проливе

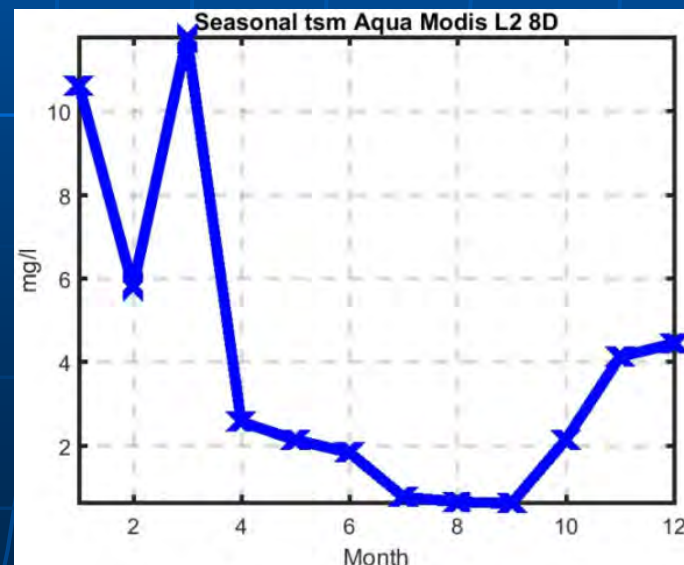
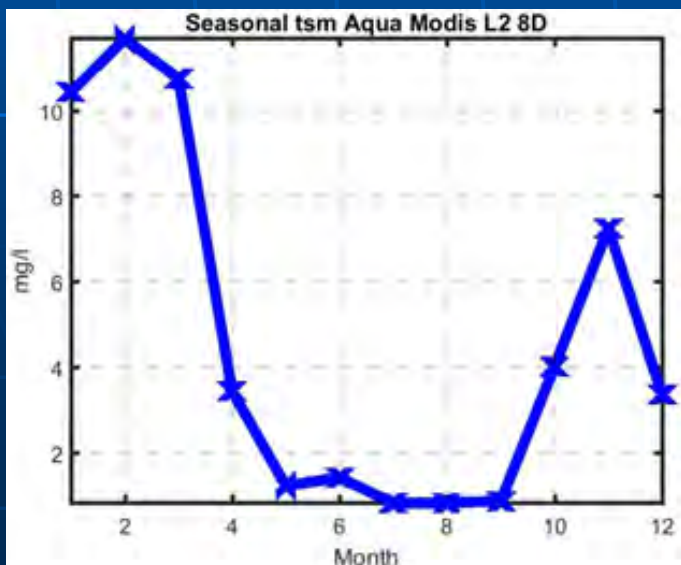


Сезонная изменчивость взвеси к западу и востоку от пролива

Для западного побережья концентрация взвеси максимальна в **феврале**. Когда действуют сильные **северные шторма**. Наименьшие значения - в летнее время.

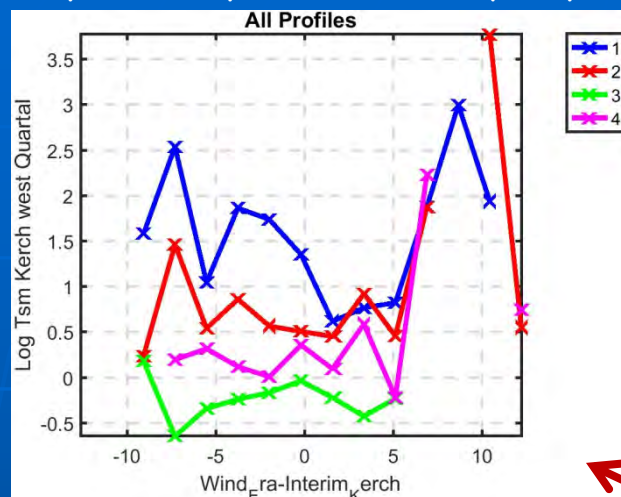


У восточного берега максимум концентрации взвешенного вещества наблюдается в **марте**. Что связано с действием в это время **южных штормовых ветров**.

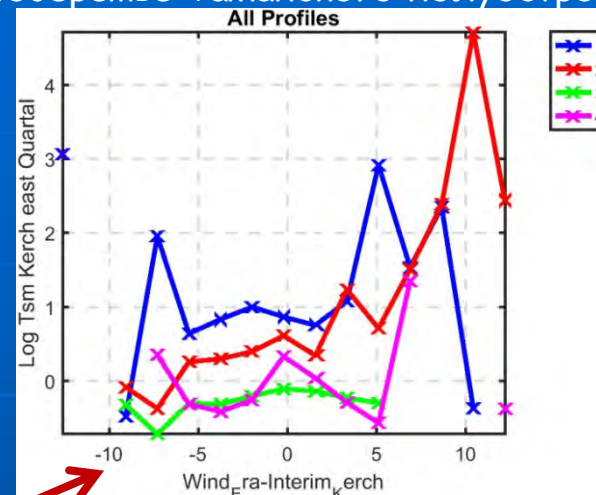


Связь изменчивости взвеси и разницы уровня от ветровых характеристик

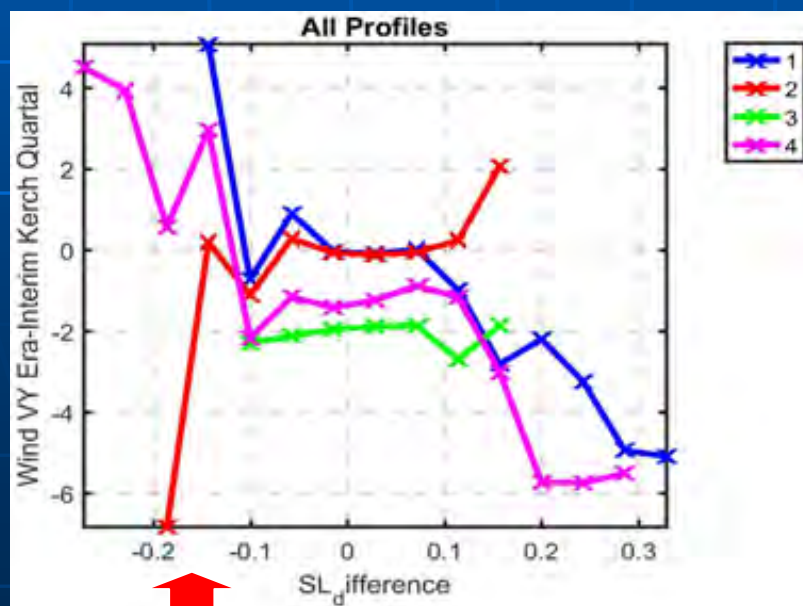
Побережье Керченского полуострова



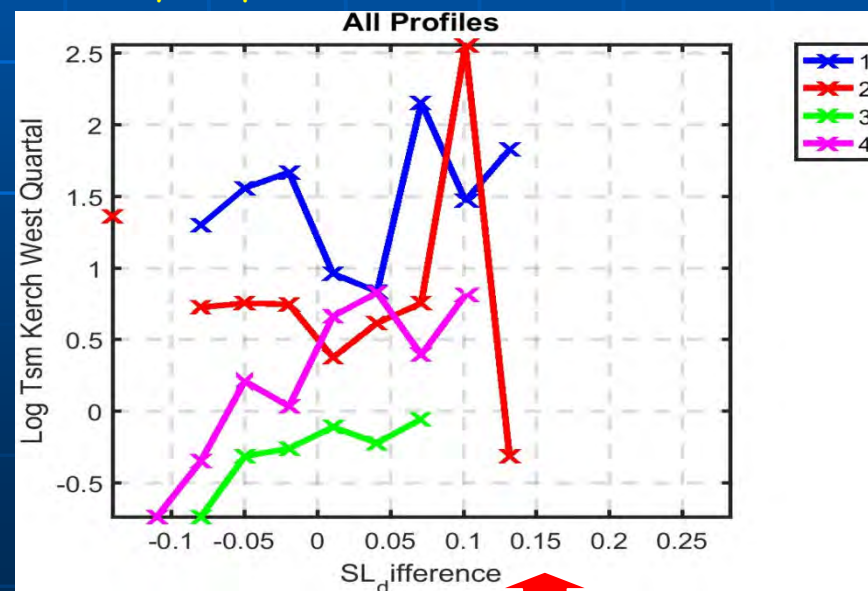
Побережье Таманского полуострова



Связь взвеси и компоненты V_y ветра

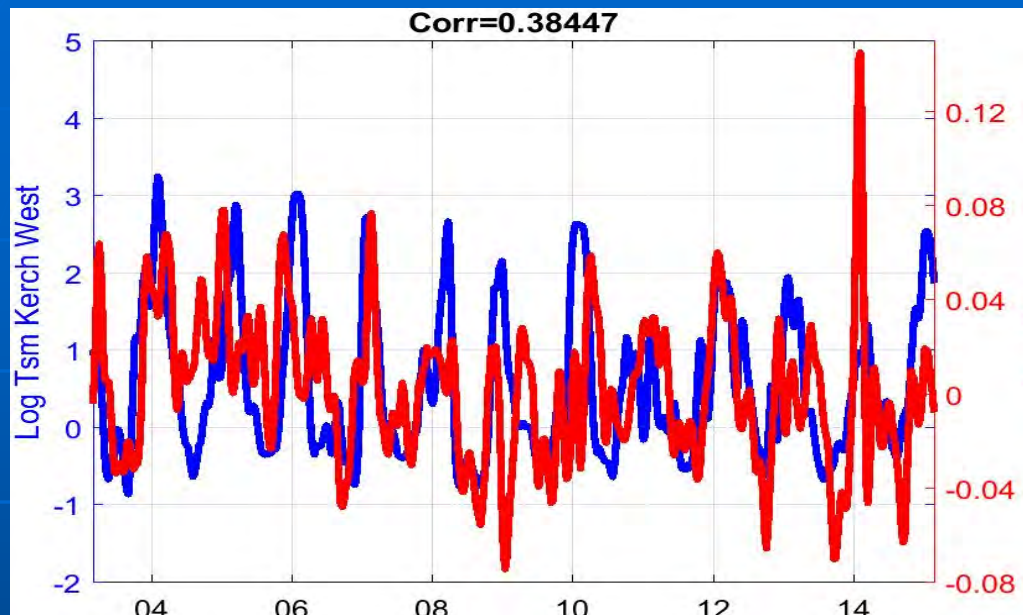


Разница уровня в зависимости от ветра



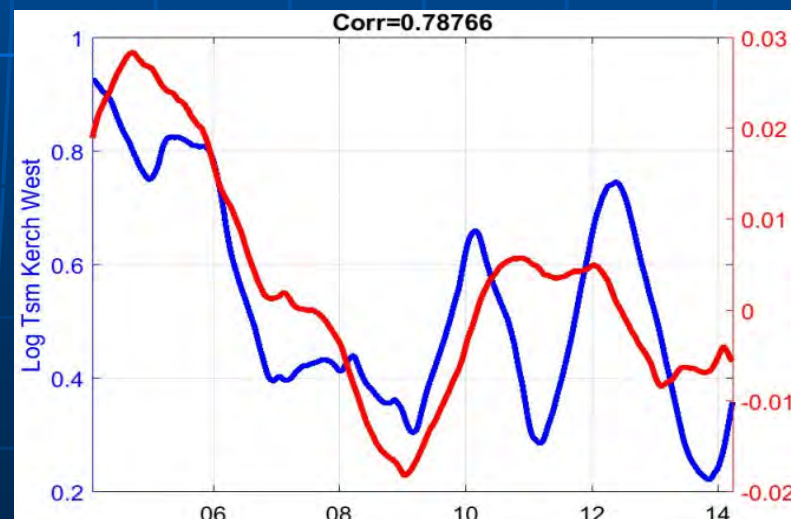
Увеличение взвеси на западе при увеличении разницы уровня

Связь количества взвеси и разницы уровня

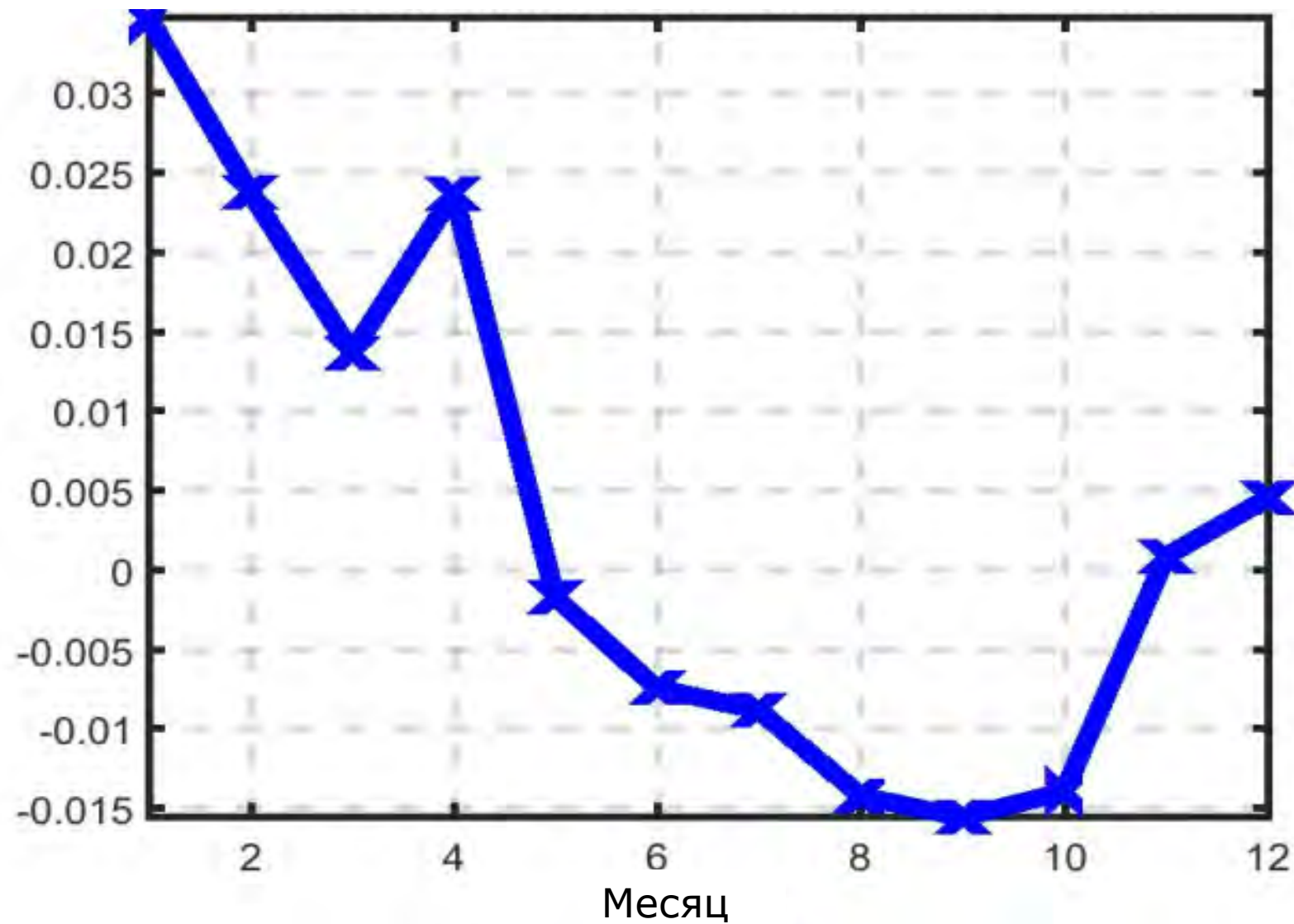


Зависимость кол-во взвеси у Крымского побережья от разности уровня морей

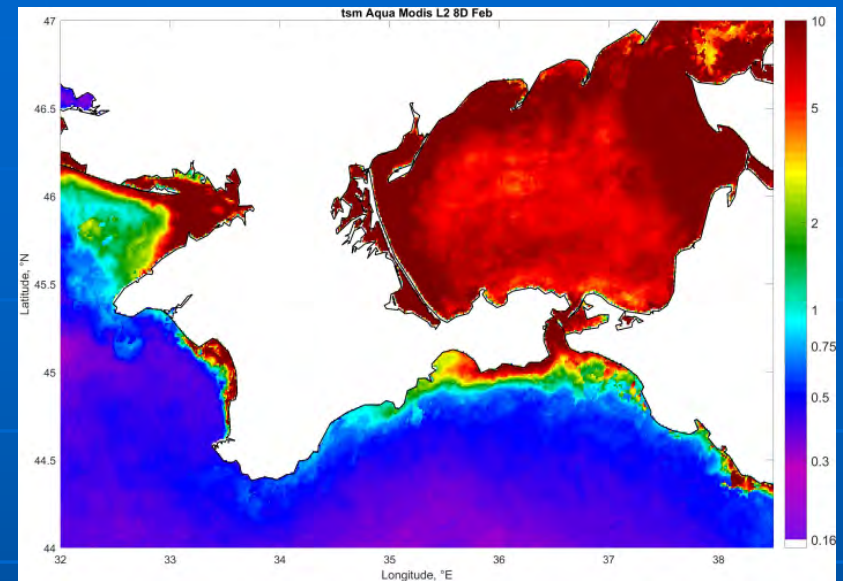
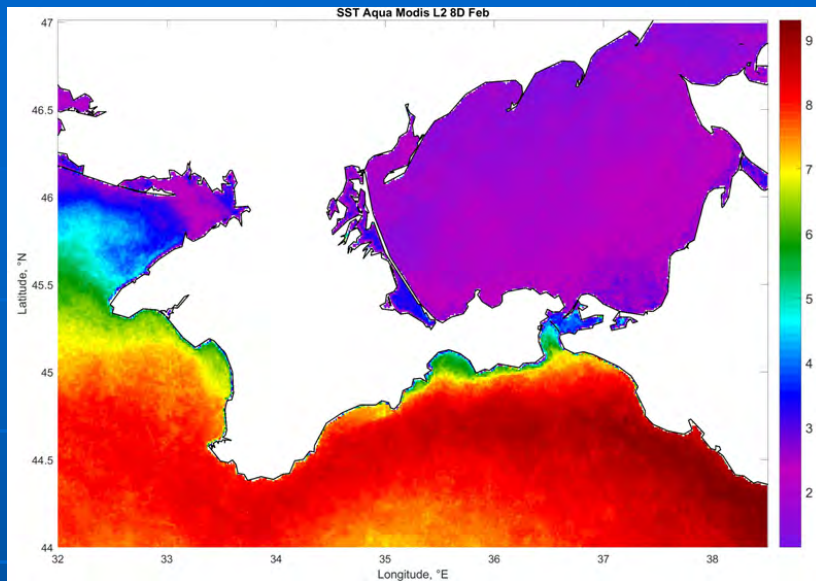
Количество взвеси и разница уровня хорошо коррелируют между собой. С увеличением разницы уровня увеличивается и кол-во взвешенного вещества у берегов Крымского побережья.



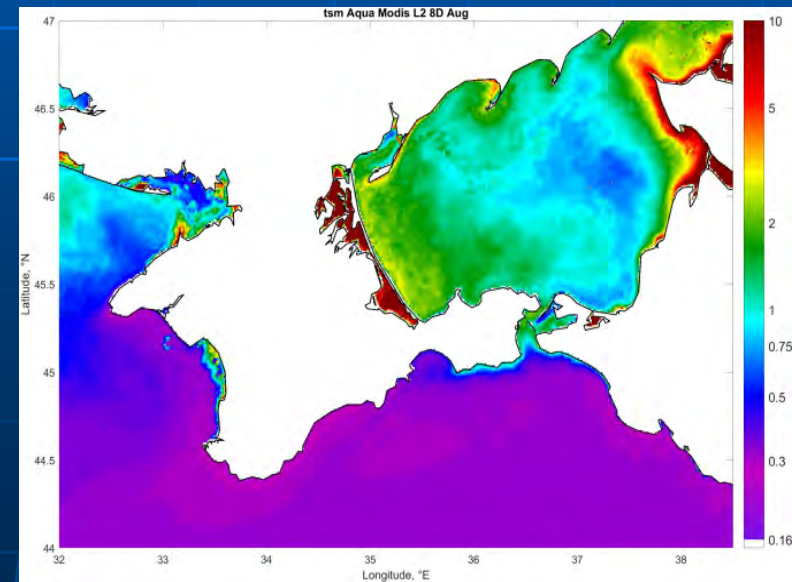
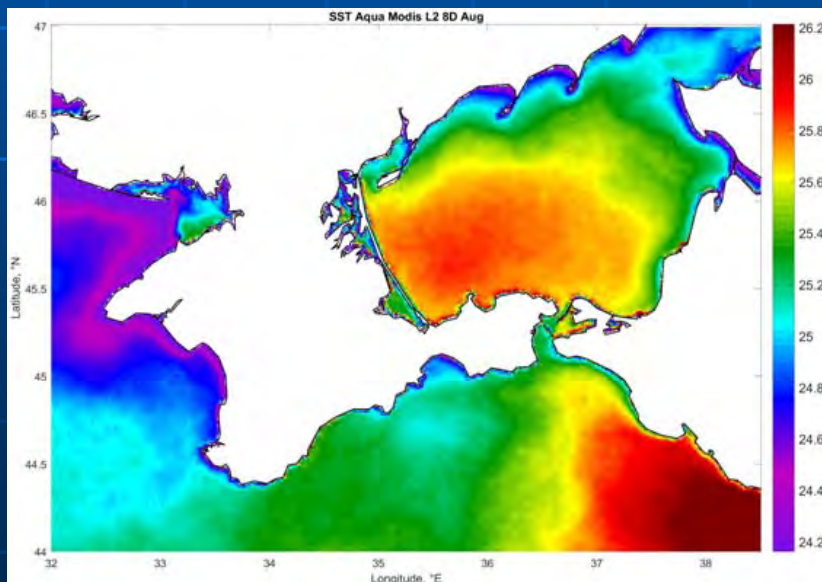
Сезонное изменение разницы уровней Азовского и Черного морей



Сезонная изменчивость распространения Керченских вод

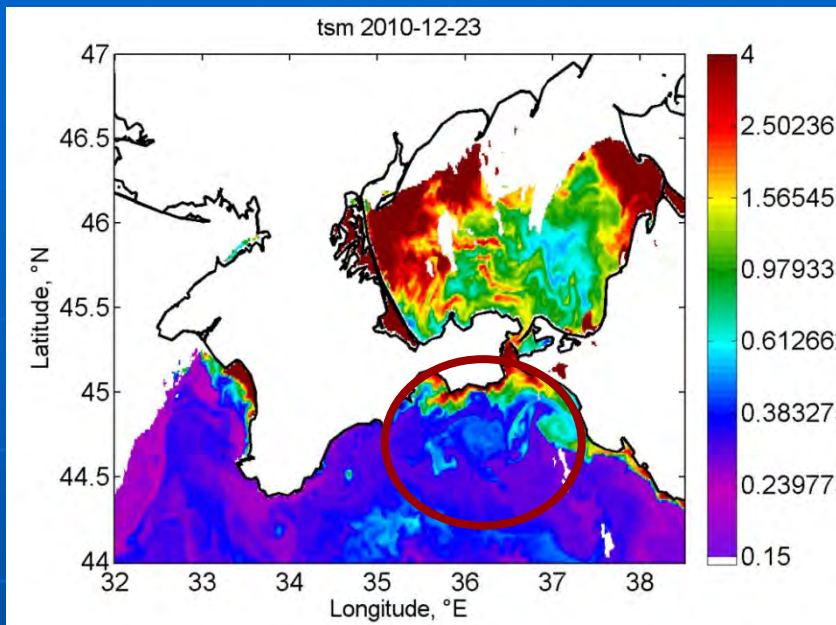


Средние значения SST и tsm в феврале



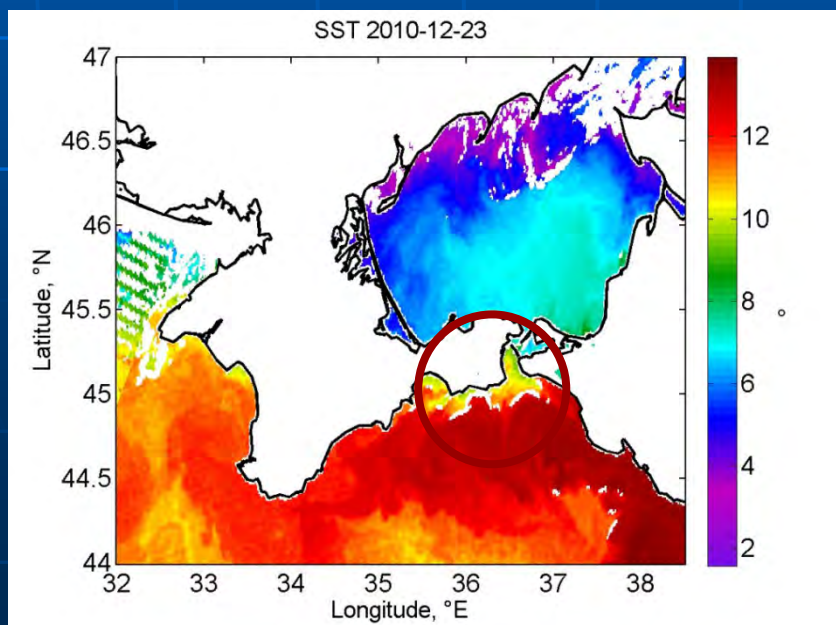
Средние значения SST и tsm в августе

Распространение АВ на восток и запад в виде обширных струй



TSM по данным MODIS

На снимках MODIS по контрасту температуры видно Керченскую воду, которая двигалась до Феодосийского залива на запад и менее интенсивно на восток вдоль Таманского полуострова.



SST по данным MODIS

По инфракрасным данным видно, повышенные значения мутности у Новороссийска не связаны с движением Керченских вод, а - с локальным взмучиванием прибрежной полосы.

Задачи:

1. Исследование особенностей распространения вод из Керченского пролива по акватории Черного моря при различных ветровых условиях
2. По температурным характеристикам определить при каких условиях наблюдаются азовоморские воды в районе Керченско-Таманского шельфа, а при каких взмученные воды имеют другую природу возникновения
3. Определить какую роль играют циклонические процессы в переносе азовоморской воды
4. По гидрологическим данным при различных ветровых условиях рассмотреть распространение АВ в Черном море
5. Исследовать связь уровня моря с изменением поступления АВ в Черное море