A satellite image of the Azov Sea coastline, showing a mix of brown land, green vegetation, and blue-green water. A semi-transparent white text box is overlaid on the image.

Проявление взмучивания донных осадков в Азовском море по оптическим спутниковым данным

**Василенко Н.В., Кубряков А.А.,
Станичный С.В., Медведева А.В.
ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН»**

Взмучивание донных осадков Азовского моря. ВВЕДЕНИЕ

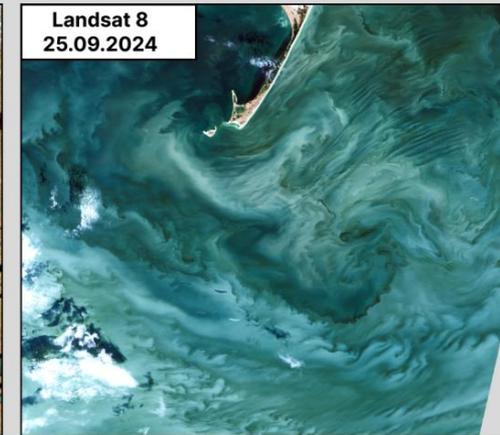
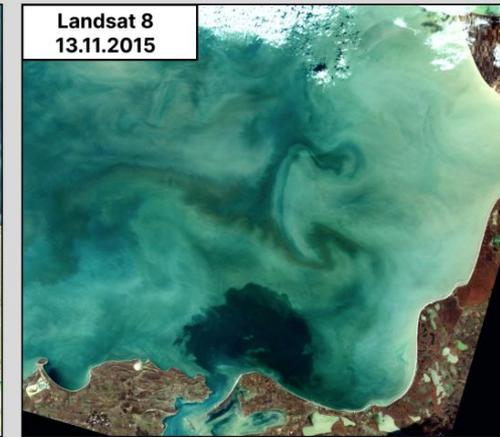
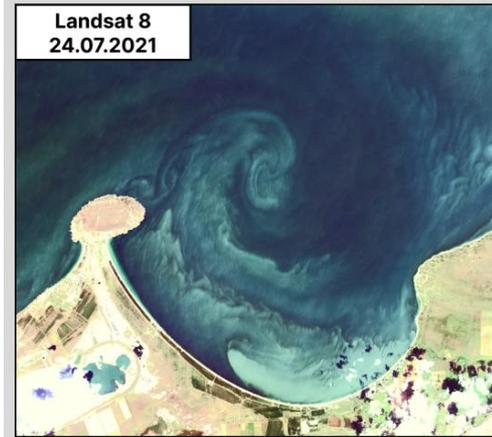
▶ В первую очередь наличие большого количества взвешенного вещества (ВВ) в водах связано с тем, что при воздействии ветра происходит интенсивное перемешивание вод до дна.

▶ Еще одним важнейшим фактором роста концентрации ВВ, который также зависит от ветрового воздействия, является береговая абразия.

▶ Район и интенсивность взмучивания вод зависит от ветровых условий, а также от типа прилегающих берегов, рельефа дна и донных осадков, характерных для конкретной местности.

Взмучивание вод значительно влияет на морскую экосистему, в частности на фитобентос, сильно зависящий от прозрачности вод.

На данный момент имеется мало исследований пространственно-временных особенностей проявления взмучивания донных отложений по многолетним спутниковым данным высокого и среднего разрешения под влиянием ветрового перемешивания.



Спутниковые данные высокого разрешения:

- OLI Landsat 5,7,8
- MSI Sentinel-2

Спутниковые данные среднего разрешения:

- Modis Aqua, Terra (RGB, RRS 551, TSM)

Данные о полях ветра:

- NCEP с 6-часовой дискретностью
- ERA-5 с часовой дискретностью

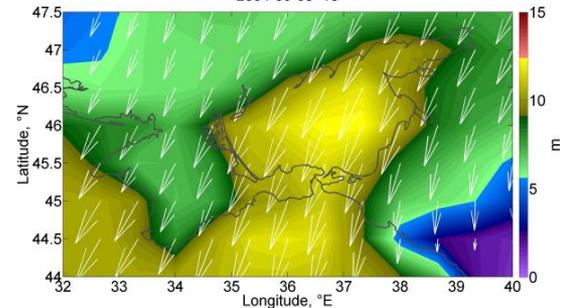
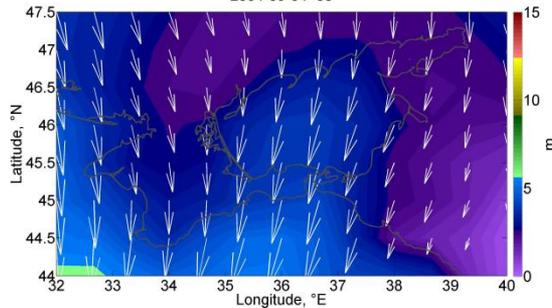
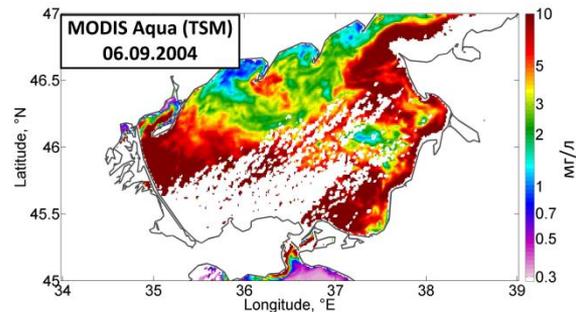
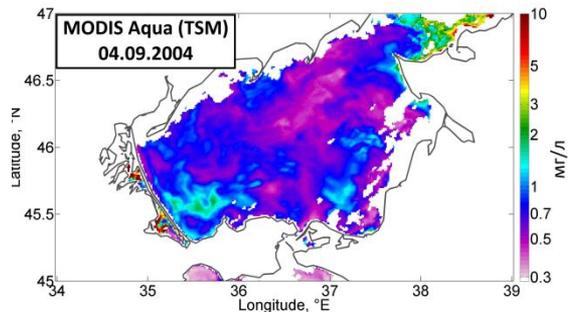
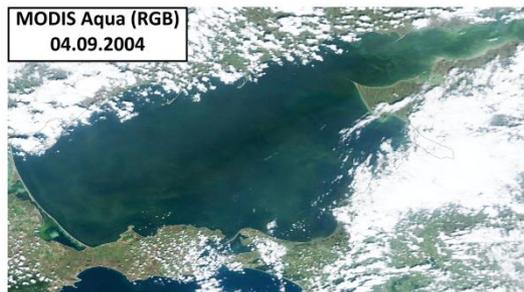
Исследуемый период:

2003-2022 гг.

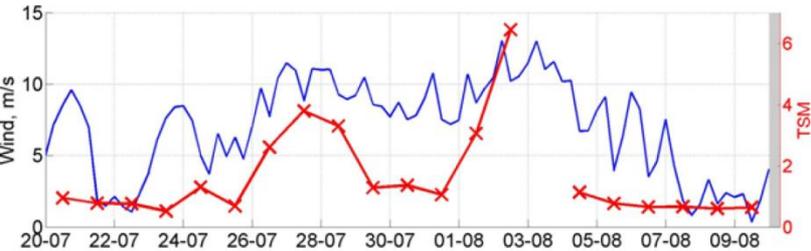
Проявление взвешенного вещества в водах Азовского моря

Азовское море регулярно подвергается интенсивному ветровому взмучиванию, в результате которого резко вырастает мутность его вод. Из-за частого воздействия этих процессов воды характеризуются повышенной мутностью, в отдельных ситуациях по всей акватории.

Анализ спутниковых данных показал, что под воздействием ветров со значениями скорости более 10 м/с воды всей акватории Азовского подвергаются взмучиванию за 1-2 суток.

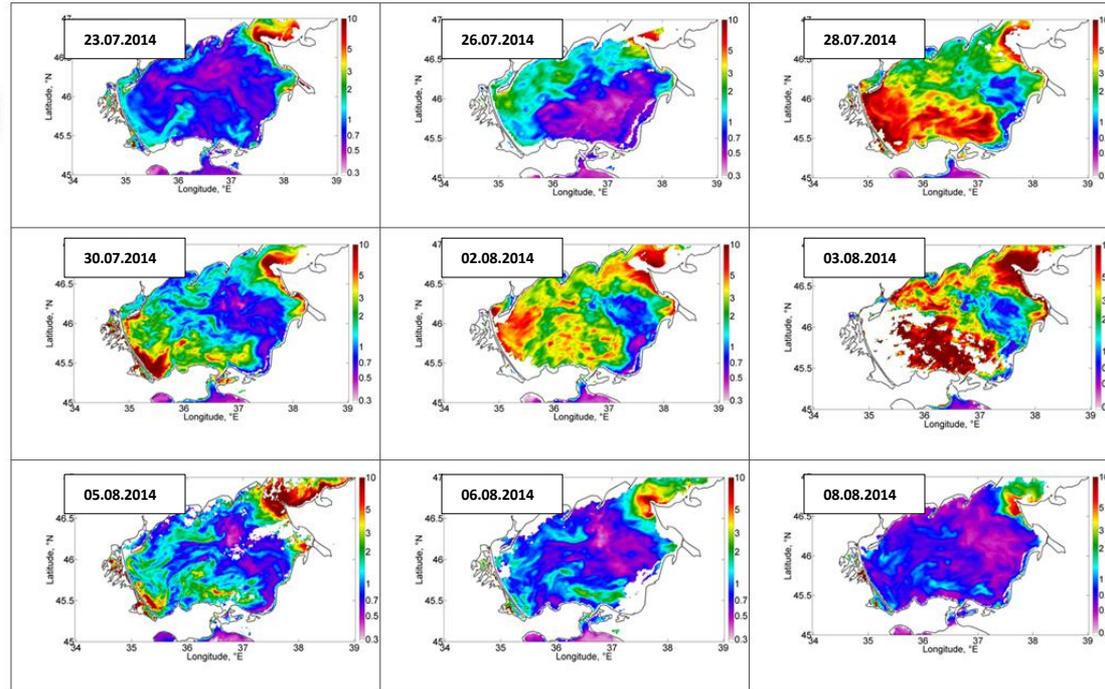


Проявление взвешенного вещества в водах Азовского моря



— изменчивость скорости ветра
— изменчивость концентрации взвешенного вещества

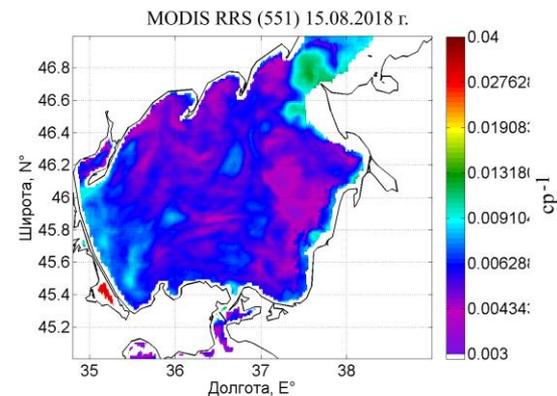
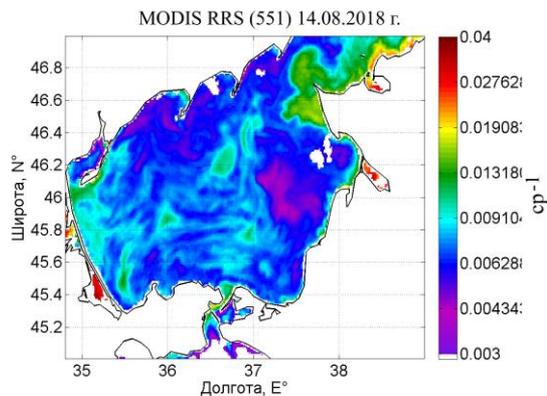
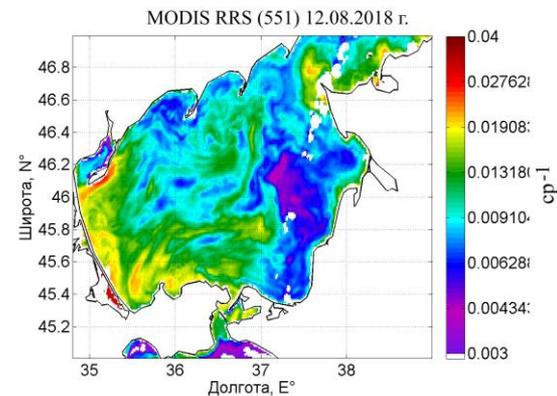
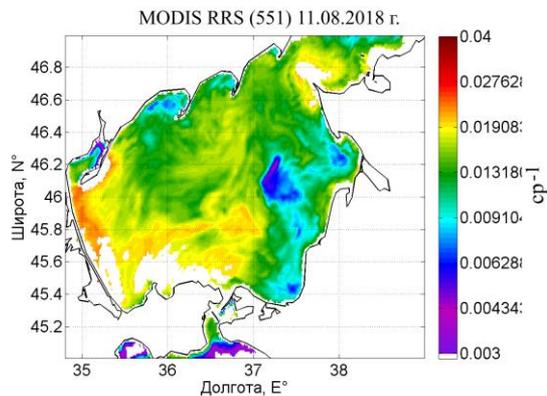
при воздействии ветра происходит интенсивное перемешивание вод до дна, что приводит к активному взмучиванию донных отложений акватории, на трех четвертях площади всего шельфа представленных глинисто-илистыми осадками



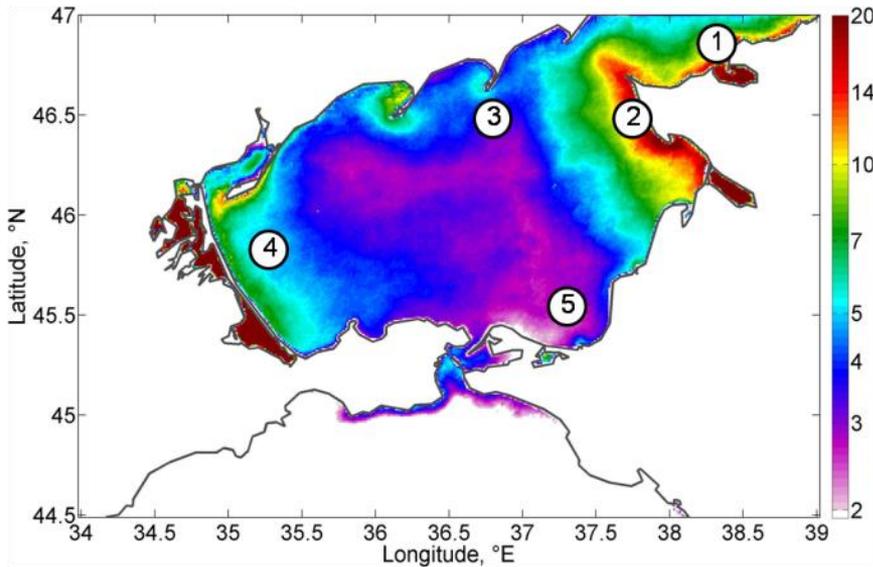
Данные о концентрации взвешенного вещества за период 23.07.2014-08.08.2014 г.

Проявление взвешенного вещества в водах Азовского моря

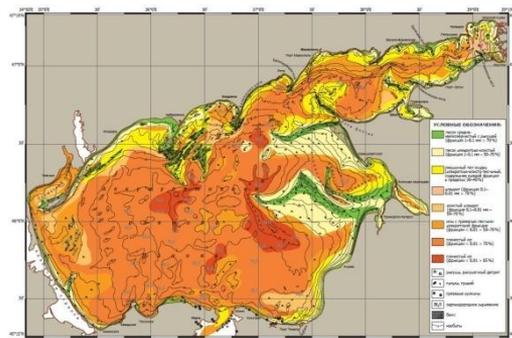
При снижении скорости ветра до значений менее 5 м/с наблюдается осаднение взвешенного вещества в водах. Как правило, процесс осаднения ВВ в центральной части акватории при слабых устойчивых ветрах длится в среднем 3-4 суток, как показано на примере от 11-15.08.2018 гг.



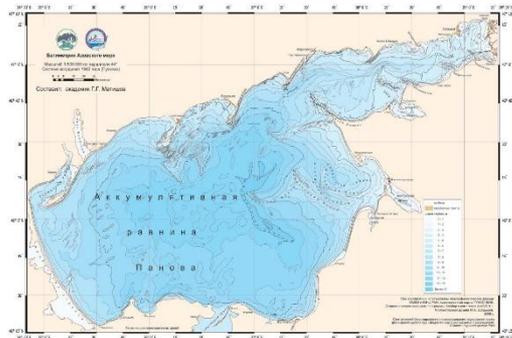
Пространственные особенности взмучивания донных осадков



Среднее распределение концентрации взвешенного вещества в Азовском море



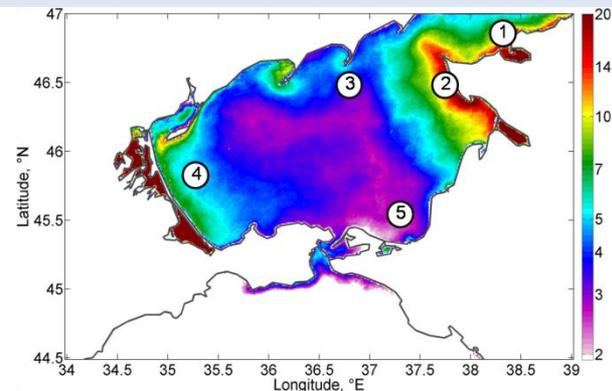
Донные осадки Азовского моря (Матишов Г.Г., 2007)



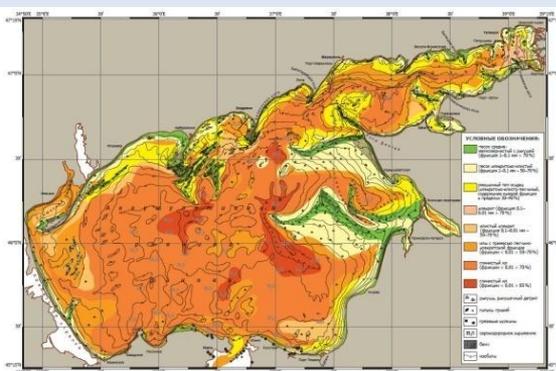
Батиметрия Азовского моря (Матишов Г.Г., 2006)

Район и интенсивность взмучивания вод зависит от ветровых условий (направление, скорость), а также от типа прилегающих берегов, рельефа дна и донных осадков, характерных для конкретной местности.

Пространственные особенности взмучивания донных осадков



Среднее распределение концентрации взвешенного вещества в Азовском море



Донные осадки Азовского моря (Матишов Г.Г., 2007)

даже при кратковременном воздействии умеренного ветра до 7 м/с регулярно наблюдается большое количество ВВ в районах кос Бердянской, Обиточной, Долгой, Камышеватской



Landsat 23.04.2019



Landsat 19.07.2019



Landsat 24.06.2016

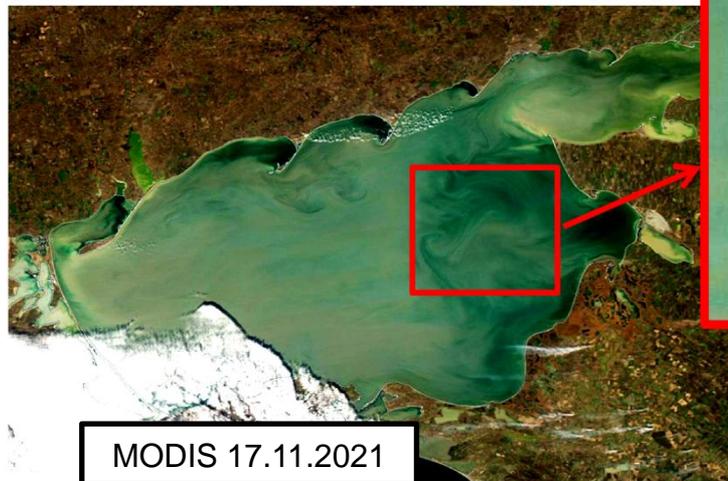


Sentinel-2 от 27.04.2018

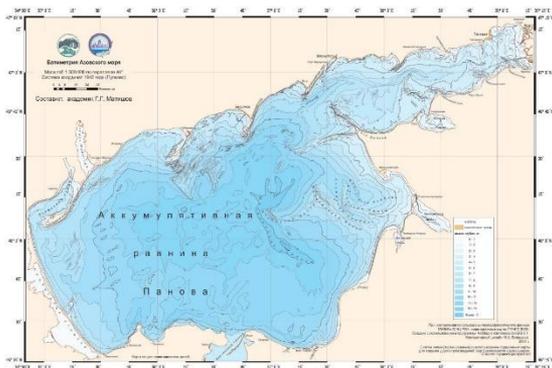
Пространственные особенности взмучивания донных осадков



Landsat 13.10.2018



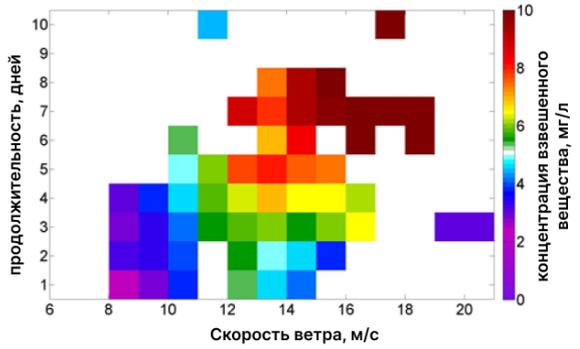
MODIS 17.11.2021



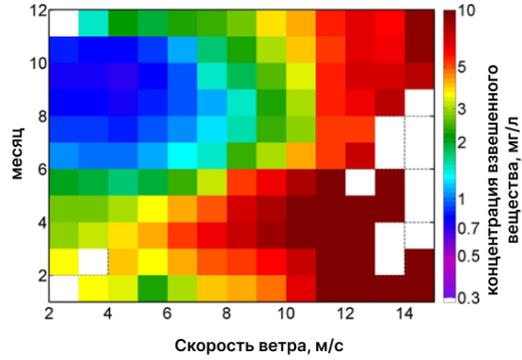
Батиметрия Азовского моря
(Матишов Г.Г., 2006)

При передвижении водных масс в глубоководную часть моря под действием ветра в этих районах будет происходить торможение потока. В результате могут формироваться интенсивные зоны конвергенции, которые приводят к скоплению чистых поверхностных вод и нисходящим движениям подавляющим перенос донных осадков в верхние слои.

Сезонные особенности взмучивания в Азовском море



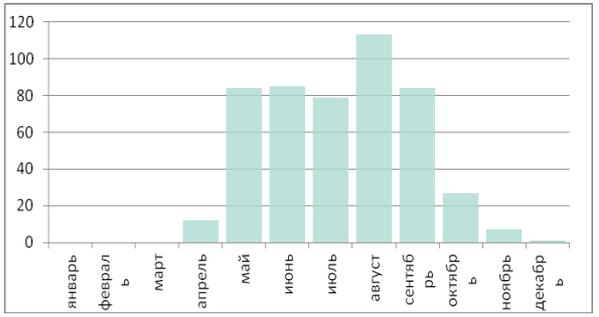
Изменение конц-ции взвешенного вещества в зависимости от средней скорости ветра и продолжительности шторма



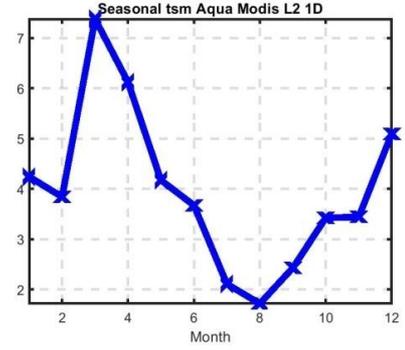
Изменение конц-ции взвешенного вещества в зависимости от скорости ветра и месяца года

Анализ данных, осредненных за многолетний период, показал, что большее количество взвешенного вещества в водах Азовского моря регистрируется с февраля по апрель, затем значения вновь возрастают с октября.

Ослабление взмучивания донных осадков в летний период связано как с ослаблением ветровой активности в целом, так и с диссипацией турбулентной энергии, возникающей в результате установления термической стратификации.



Количество дней с низкими значениями RRS (551 нм) по данным MODIS



Сезонный ход осредненной концентрации взвешенного вещества

Взмучивание донных осадков в Азовском море

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

- Оценена роль ветра в процессе взмучивания донных осадков Азовского моря. Выявлено, что устойчивые ветра со скоростью более 10 м/с способствуют высоким концентрациям взвешенного вещества во всей акватории Азовского моря
- Выявлена неоднородность распределения взвешенного вещества в Азовском море. Установлено, что интенсивному взмучиванию донных осадков подвержены районы Таганрогского залива, восточной части в районе кос Долгая и Камышеватская, северной части акватории в районе кос Обиточная, Бердянская, Белосарийская, западной и юго-западной части в районе кос Бирючий Остров и Арабатская Стрелка
- Исследована сезонная изменчивость содержания взвешенного вещества в водах Азовского моря. Процесс ветрового взмучивания более выражен в период с октября по апрель. В летние же месяцы увеличение концентрации взвешенного вещества до значений более 2 мг/л наблюдаются только при ветрах со скоростью более 9 м/с.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Василенко Надежда Вадимовна
Старший инженер-исследователь
Отдел дистанционных методов исследований
МГИ РАН