



Цветение цианобактерий в Азовском море по данным Landsat

Алескерова А.А., Кубряков А.А., Станичный С.В., Лишаев П.Н.,
Мизюк А.И.

Девятая международная Школа-семинар
«Спутниковые методы и системы исследования Земли».
г. Севастополь 2018

Причины цветения цианобактерий в Азовском море:

- Самый мелкий бассейн Мирового океана, что способствует его прогреву
- Низкие значения солености
- Большое кол-во биогенов, поступающих со стоком рек (эвтрофикация)



При отмирании цианобактерий в воде появляется **анатоксины**, которые губительно действуют на биоту и могут вызывать **замор рыб**



В предыдущих работах (Селифонова, 2008), (Матишов и др. 2009) описано цветение цианобактерий в июне 2005г., которое привело к катастрофическим последствиям для всей экосистемы бассейна и был изучен видовой состав фитопланктона.



Цель работы - изучить пространственное и временное распределения цветения цианобактерий и сезонную динамику цветений в различных районах Азовского моря.

Данные

Использовался 17-летний массив данных со спутников Landsat 4, 5, 7 и 8 с 1999 по 2016 гг. (всего 346 безоблачных сцен)

Спутники Landsat 7 и 8 имеет пространственное разрешение 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

При построении композитных изображений (RGB) использовались комбинации каналов (4,3,2)- Landsat 8 и (3,2,1)- Landsat 7,5 для получения «естественного цвета».

В алгоритме использовались длины волн:

побережья и аэрозоли 0,433—0,453 мкм, синий 0,450—0,515 мкм, зелёный 0,525—0,600 мкм, красный 0,630—0,680 мкм, ближний ИК 0,845—0,885 мкм)

Особенности оптического сигнала от зон цветения цианобактерий

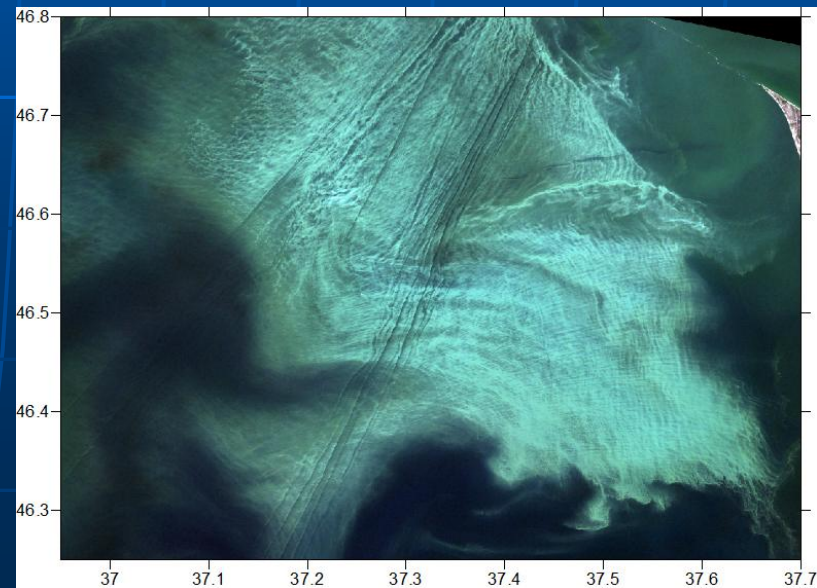
- Положительная плавучесть и большая биомасса цианобактерий в поверхностном слое дает повышенные значения яркости по сравнению с чистой водой в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне где поглощение водой максимально.
- Увеличение концентрации хлорофилла в клетках цианобактерий дает высокое поглощение света в синей части спектра в областях цветения, чем в областях повышенной мутности вод.

Поэтому на (RGB) «естественного цвета» области цветения характеризуются более насыщенным зеленым цветом, а области взмученности бело-голубоватым.

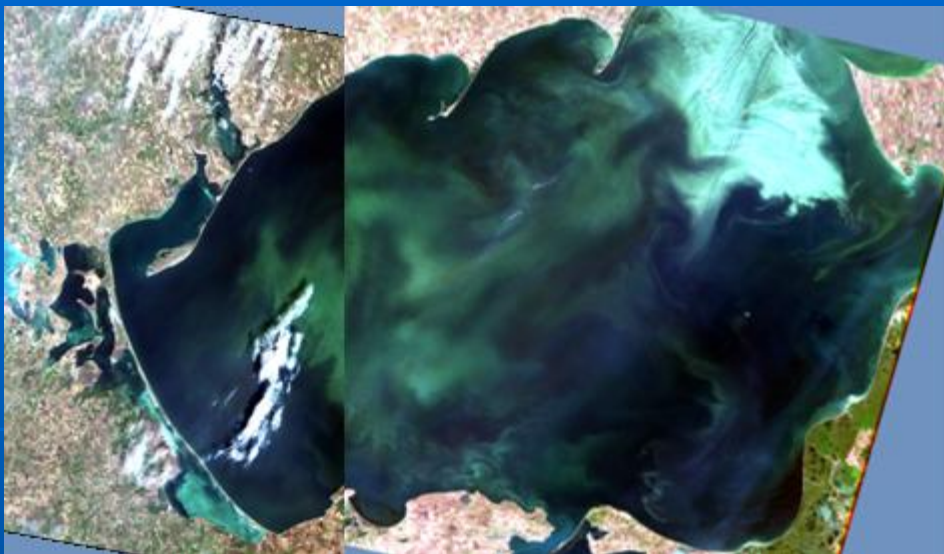
- В областях конвергенции течений характерные нитчатые структуры в поле яркости.

В настоящей работе для выделения областей цветения использовались:

- повышенные яркости в ближнем ИК-канале,
- зеленый цвет из-за наличия концентрации хлорофилла А,
- особенности пространственной структуры



Наиболее сильные цветения



21 и 12 августа 1999, Landsat 7 и 5

Максимальное количество цианобактерий приходится на **август-сентябрь**.

На данных примерах видно, что цианобактерии покрывают практически всю площадь Азовского моря.

Сильные цветения в Азовском море наблюдались в 1999 году и в 2006-2009 гг.



17 сентября 2006, Landsat 5

Перенос цианобактерий из Азовского в Черное море

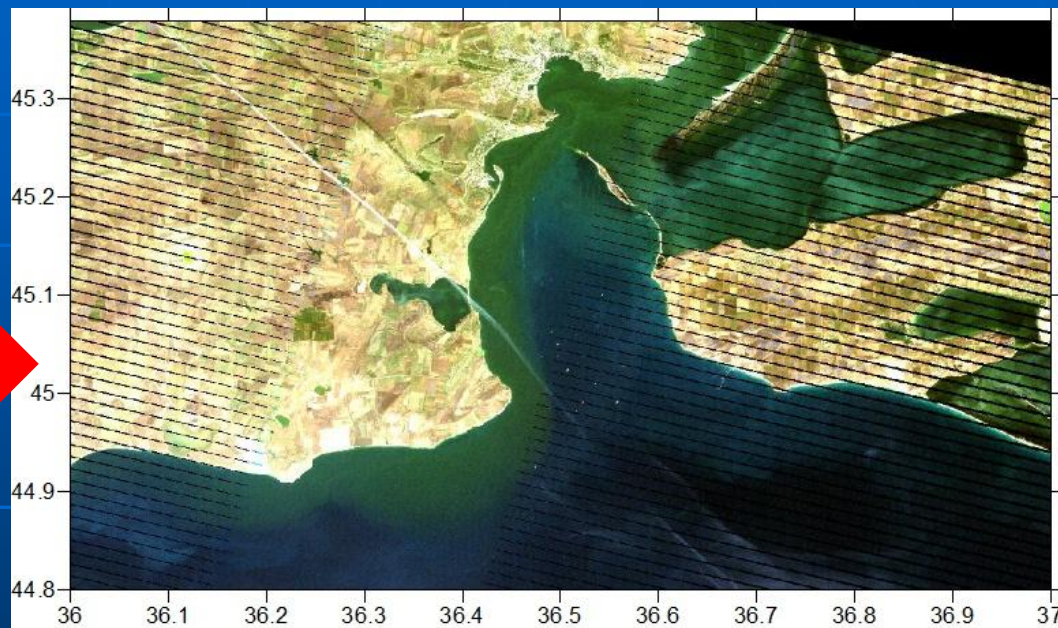
В годы сильных цветений воды богатые цианобактериями проникают в Черное море через Керченский пролив.

Распространение вод с высоким содержанием водорослей в виде струи прижатой к западной части Керченского пролива.

Ширина струи составляет в среднем около **5 км**.

Заток Азовских вод в виде струи возникает при действии сильных **северо-восточных ветров**.

В данном случае наблюдался северо-восточный ветер со скоростью 8-10 м/с с 16 по 18 сентября.



25 сентября 2006, Landsat 7

Цветение в Таганрогском заливе

Максимальное цветение в Таганрогском заливе отмечено у устья р. Дон, и у выхода из залива.

Цветение цианобактерий наблюдается практически круглый год: с февраля по ноябрь.



6 ноября 2015 год, Landsat 8

5 октября 2015 год, Landsat 8



В теплое время года цветение занимает весь Таганрогский залив, особенно воды Ейского лимана

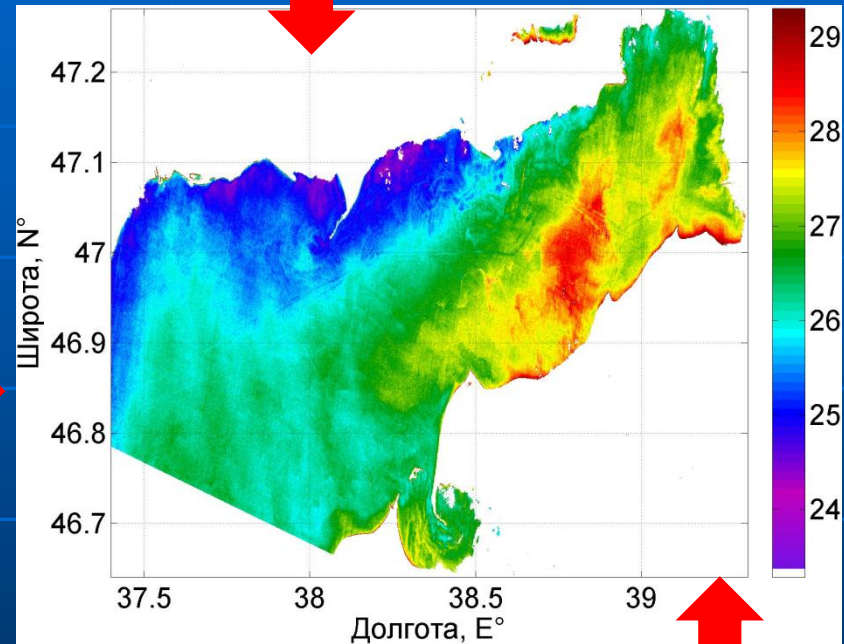
В холодный период времени наибольшая концентрация наблюдается у устья реки Дон.

Пример цветения в Таганрогском заливе в 2013 году (11 июля, Landsat 8)

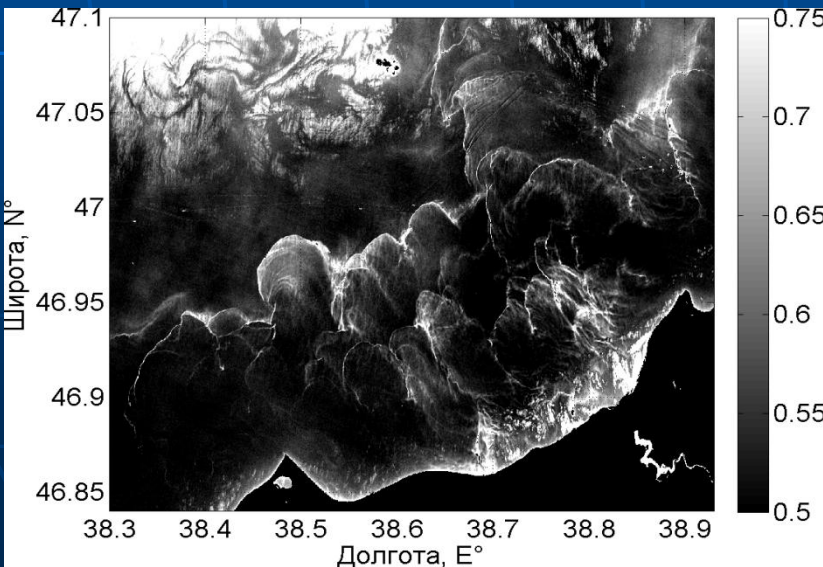


Плотный слой водорослей вызывает значительное отражение света в ИК-диапазоне по сравнению с чистой водой, где ИК-излучение быстро поглощается в верхнем слое.

• область, покрытая цианобактериями, совпадает с областью повышенных значений температуры
• водоросли образуют плотный тонкий слой, который поглощает большое количество солнечной радиации.



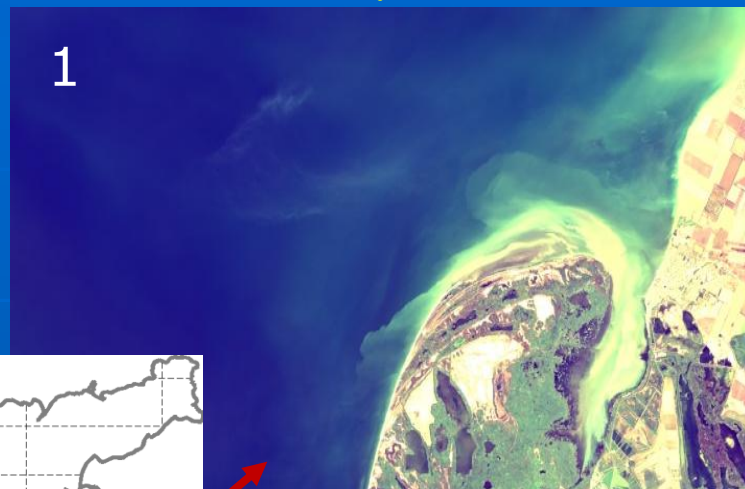
поверхностная температура воды макс. 29°C ,
окружающих вод 27°C ,
у северного побережья залива 25°C .



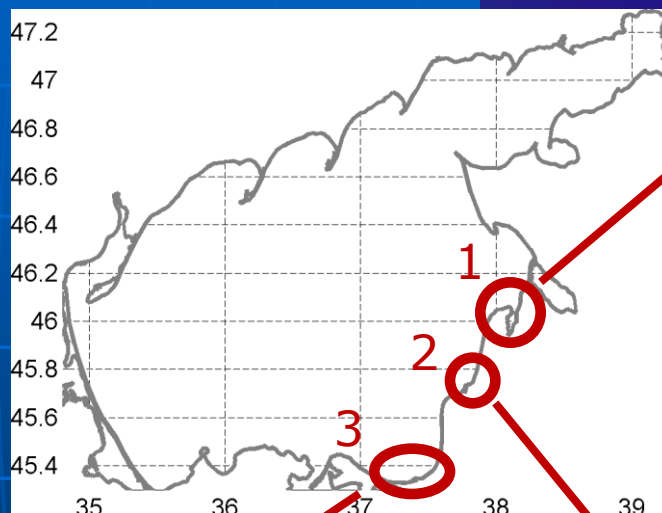
скопление биомассы цианобактерий происходит в зонах конвергенции течений

Цветение у восточного берега Азовского моря

1. Цветение воды наблюдается у Ахтарского лимана и его воды распространяются вдоль побережья в южном направлении.
2. Вторым источником является р. Притока. Воды, богатые цианобактериями чаще всего выносятся в южном направлении от устья
3. В устье реки Кубань много цианобактерий, которые могут распространяться в различные направления при действии определенных факторов



20 августа 2016 год, Landsat 8



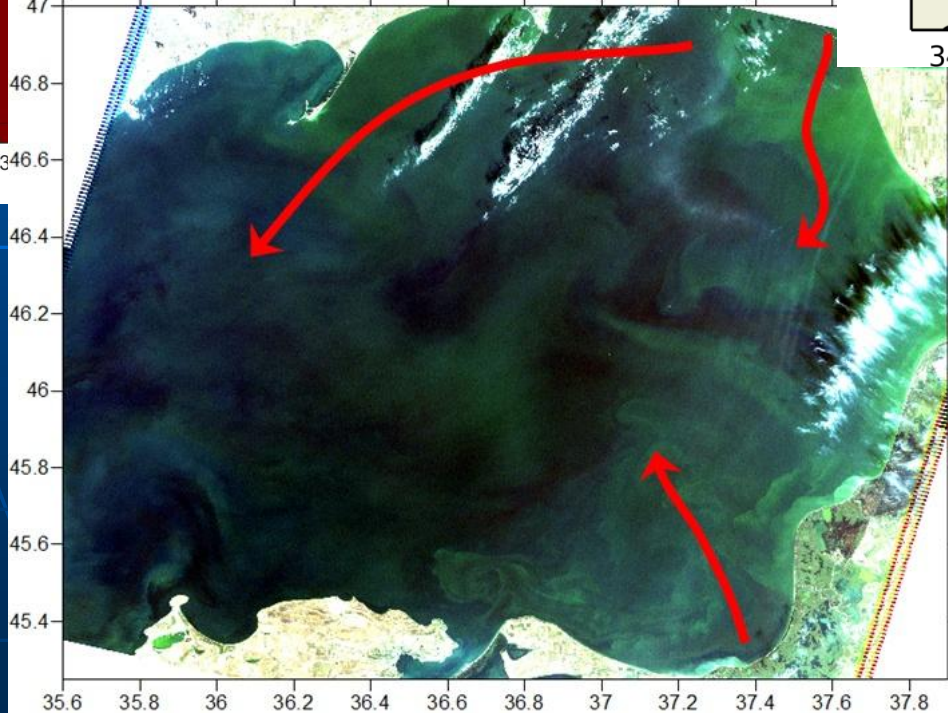
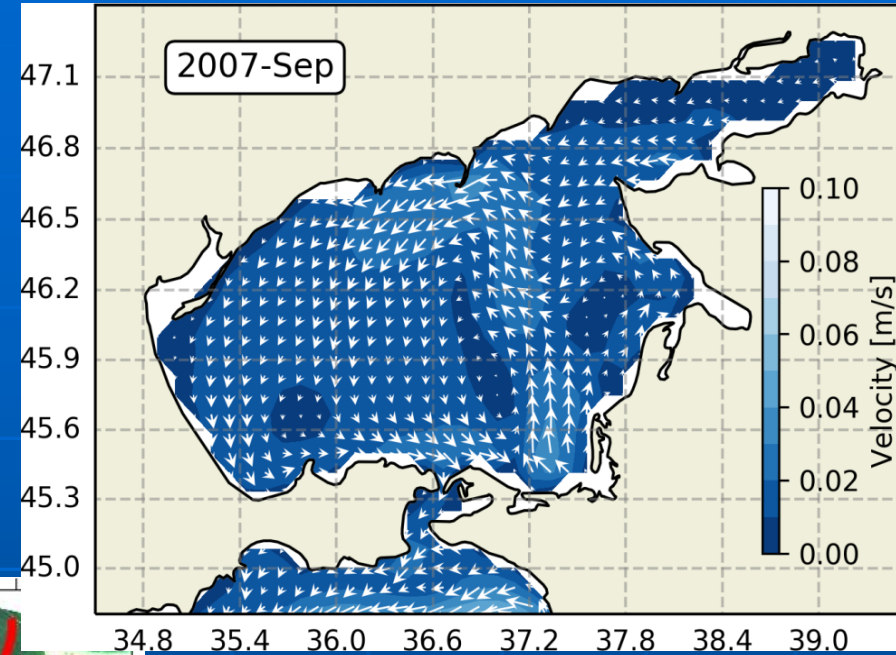
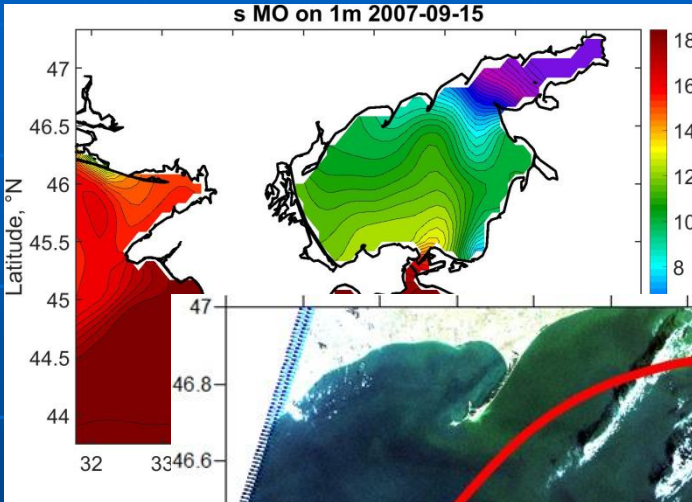
3 сентября 2015 год, Landsat 8



17 сентября 2006 год, Landsat 5

Течения в Азовском море

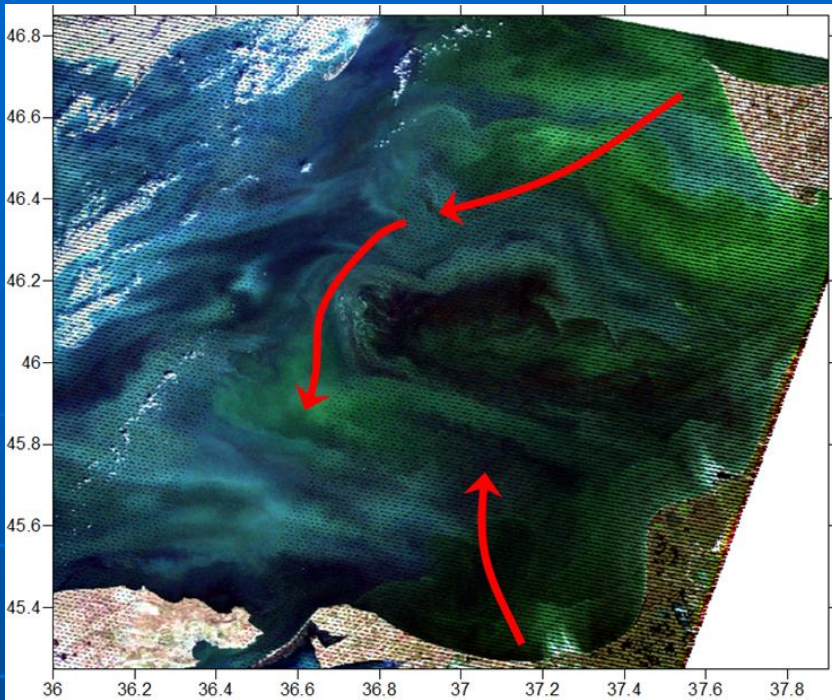
Течения и соленность в Азовском море получены по модели Nemo с разрешением 1/12 градуса
Использовался атмосферный форсинг ERA-Interim



4 сентября 2007

- Течение из Таганрогского залива направлено вдоль западного побережья
- У Обиточной косы закручивается к центру моря.
- В южной части моря, от Темрюкского залива течения направлены в северном направлении к центру моря.

Течения в Азовском море

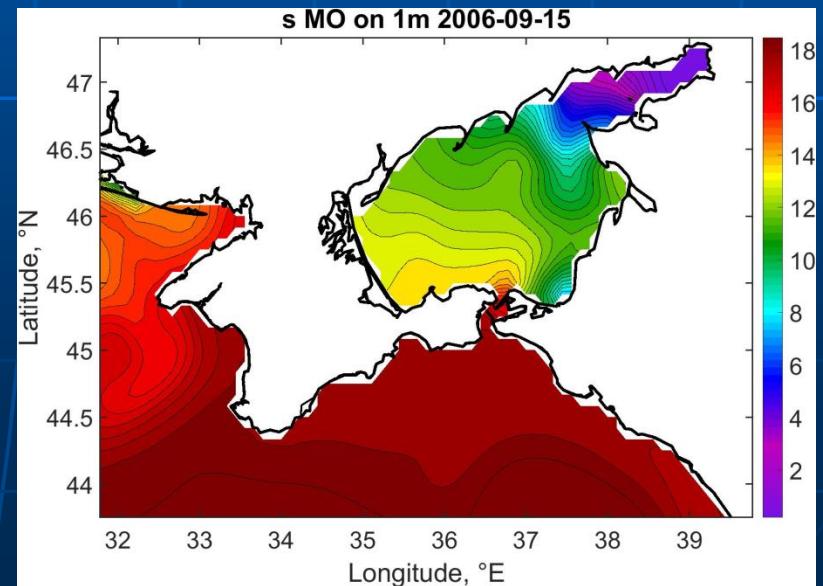
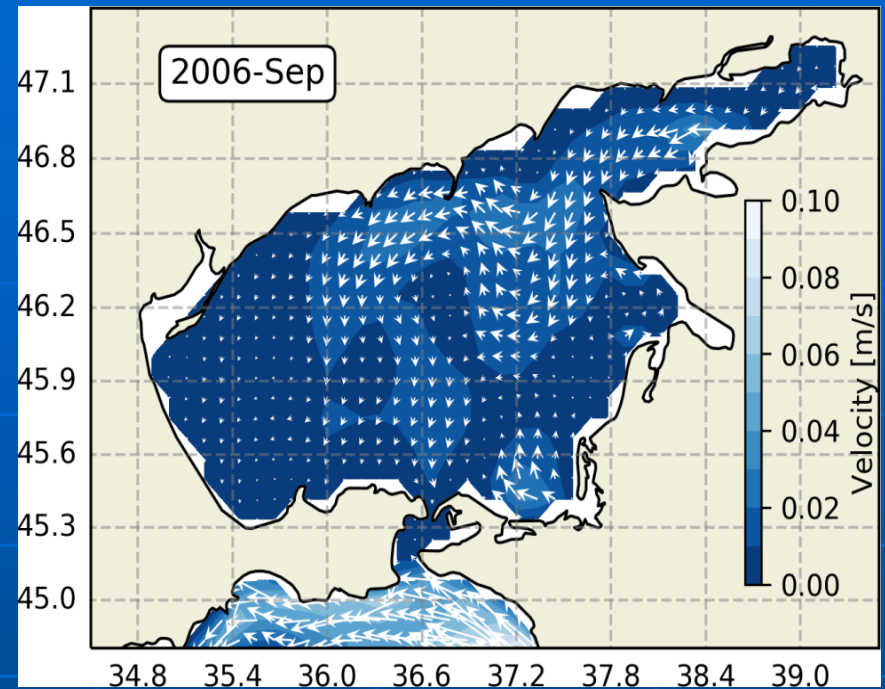


9 сентября 2006

Течение от Таганрогского залива направлено вдоль восточного побережья на юг.

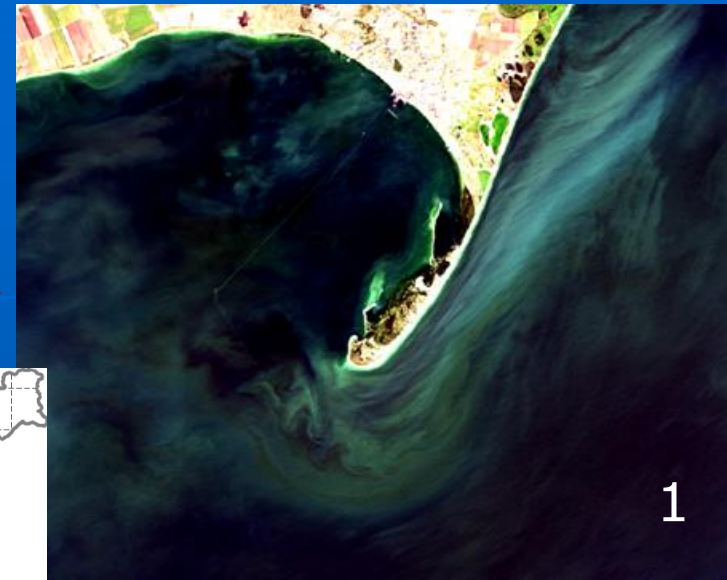
У Ясенского залива течение поворачивает на запад и закручивается, образуя антициклоническую ячейку в северо-восточной части моря.

В юго-восточной части бассейна течение - на север и вправо от устья реки Кубань, а затем распространяются в центр моря

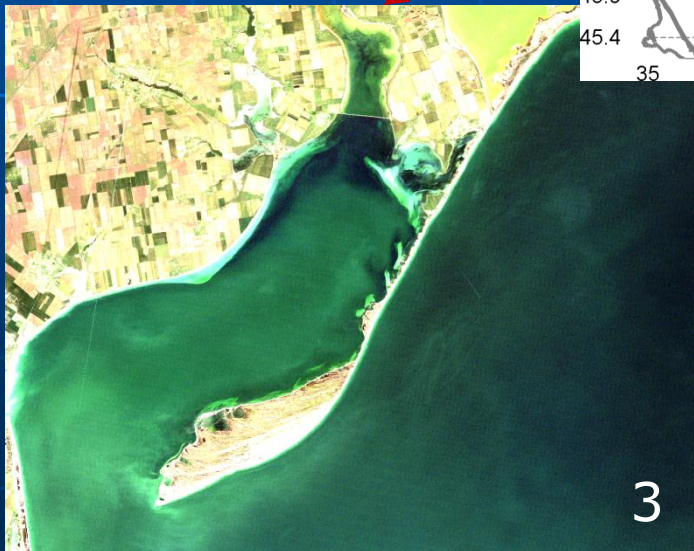
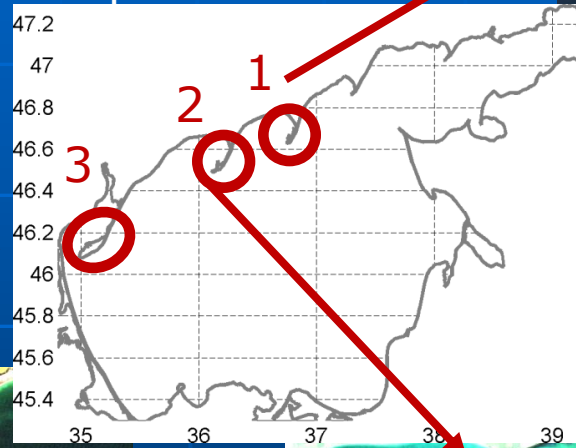


Цветение у северного берега Азовского моря

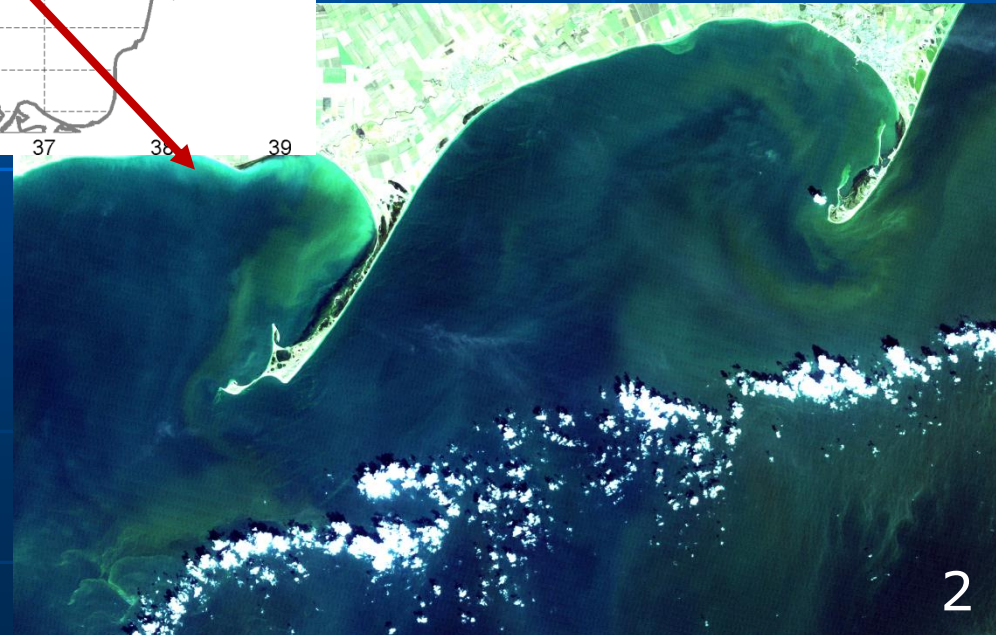
1. Воды, подверженные цветению из Таганрогского залива попадают в **Белосарайский залив** и вдоль берега могут распространяться в **Бердянский залив**. За косами водоросли **могут скапливаться** и образовывать **локальные очаги** цветения.
2. Цветение может наблюдаться и у **Обиточного залива**, вдоль берега косы.
3. Очень редко цветение возникает в **Утлюкском лимане**.



10 августа 2001 год, Landsat 7

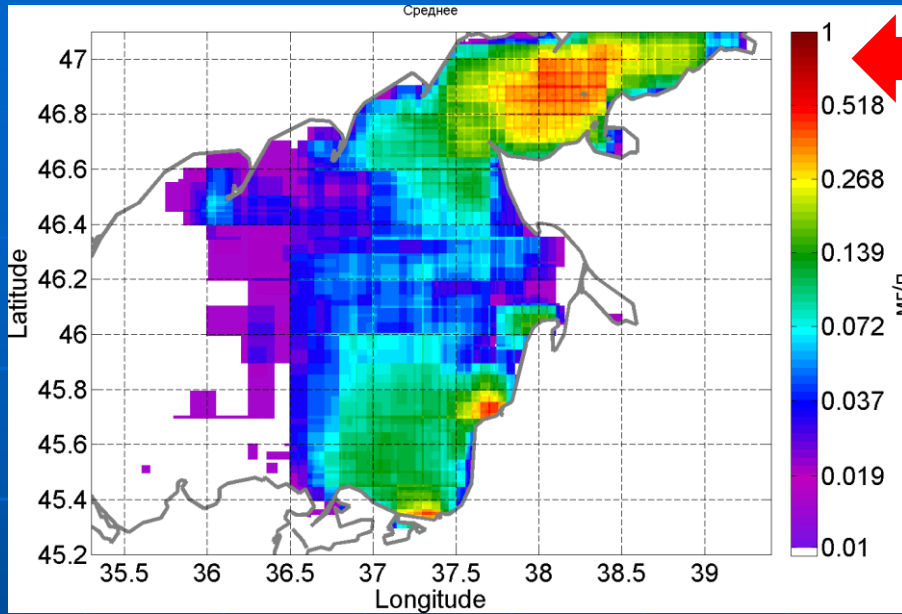


28 апреля 2010 год, Landsat 5



24 августа 2009 год, Landsat 5

Пространственное распределение и сезонная изменчивость цианобактерий в Азовском море



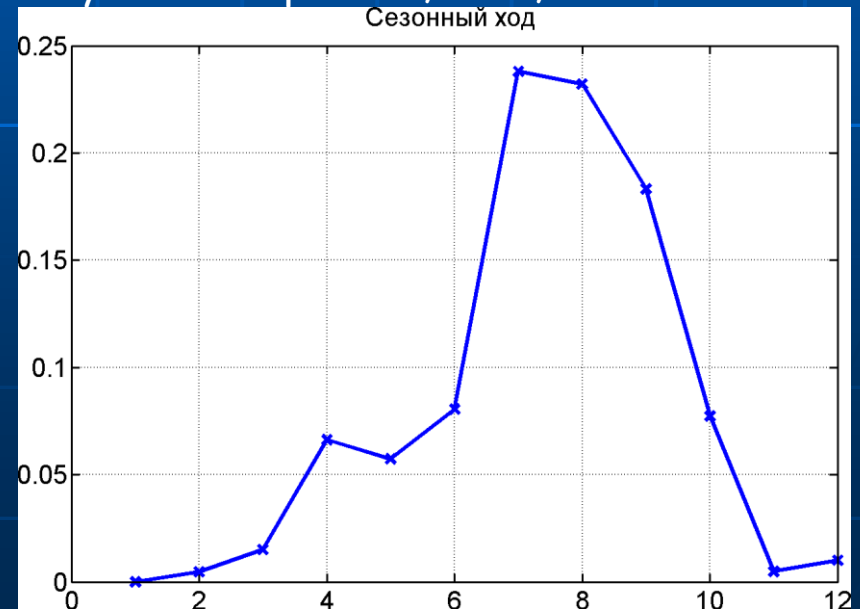
Карта вероятности наблюдения цианобактерий P и выделены районы, где наиболее часто образуются их скопления.

• Наиболее часто цветения наблюдается в **Таганрогском заливе** и вдоль **восточного побережья** бассейна, реже - у северо-восточного побережья.

Основные источники цианобактерий:
Таганрогский залив ($P \sim 0,6$),
Ахтарский лиман ($P \sim 0,15$),
реки Кубань и Притока, $P \sim 0,5$

Максимальный процент покрытия водной поверхности - **с июля по август**
Еще один пик цветения фиксируется в **апреле**, что вероятно связано с **увеличением стока рек Дон и Кубань** после зимнего периода.

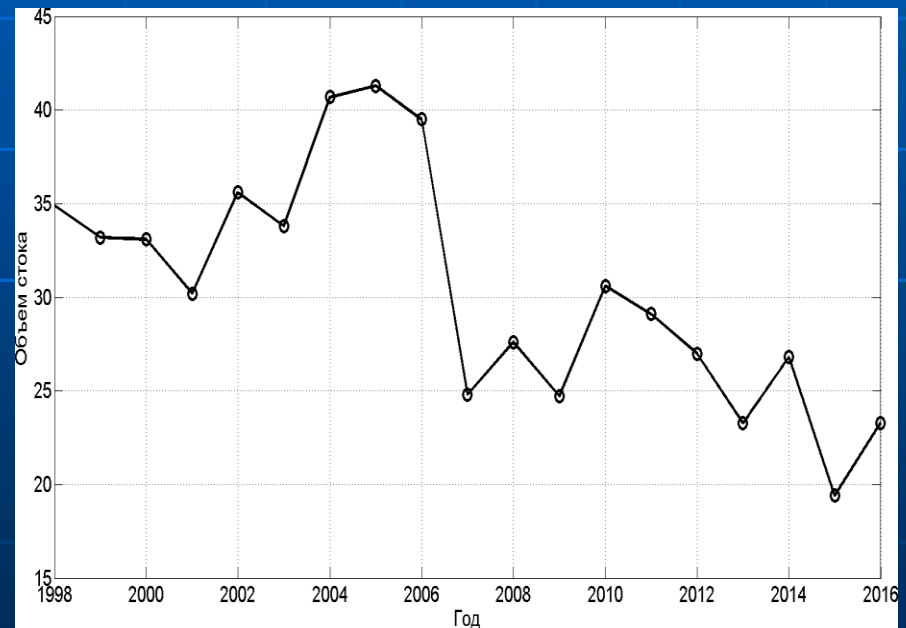
С ноября по февраль цианобактерии практически не отмечаются.
Очень редко цветение **в ноябре** фиксируется только в зоне Таганрогского залива.



Межгодовая изменчивость цветения цианобактерий по данным Landsat

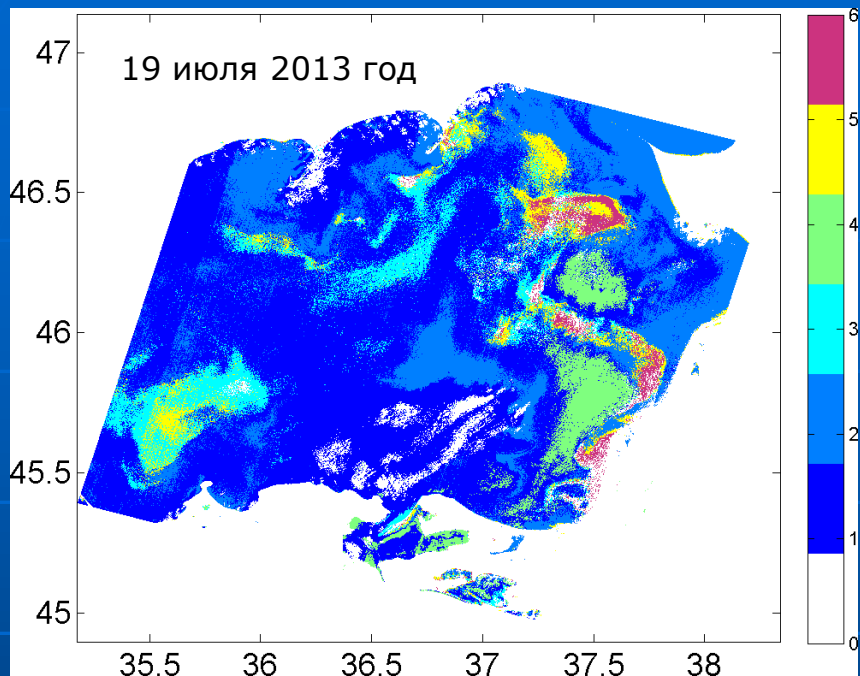


По данным Landsat максимум цветения наблюдается в 2006 году и минимум в 2012 году.



Общий объем стока рек Дон и Кубань

Спектральный алгоритм выявления цианобактерий по данным Landsat 8



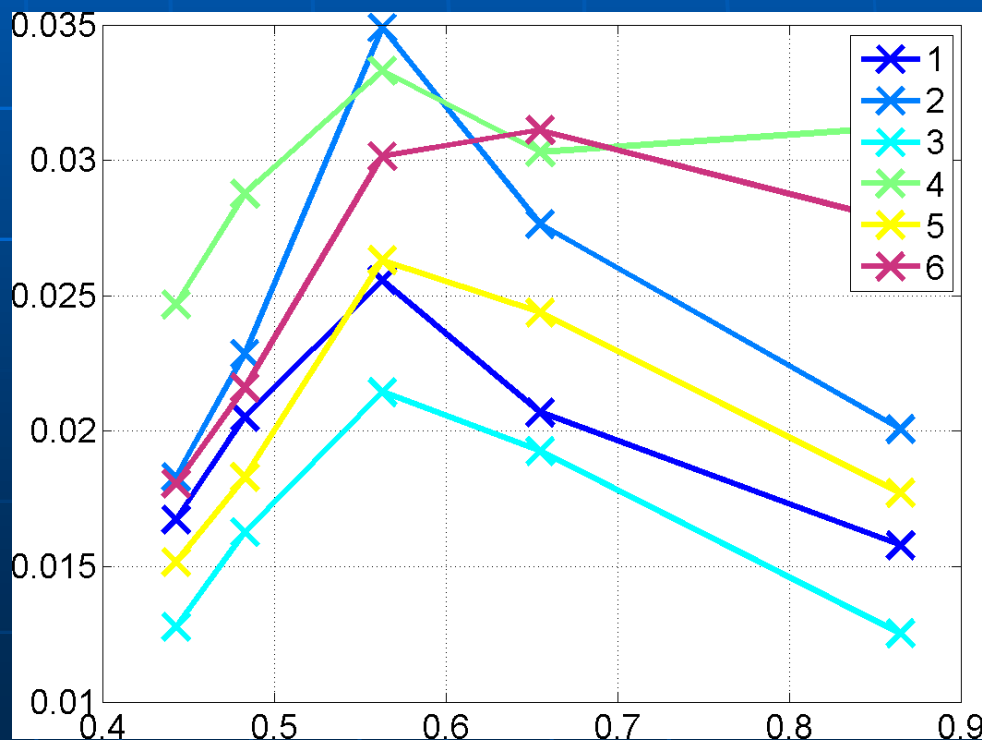
Карта кластеров для 6 различных видов спектра

Средние спектры отражательной способности для различных кластеров

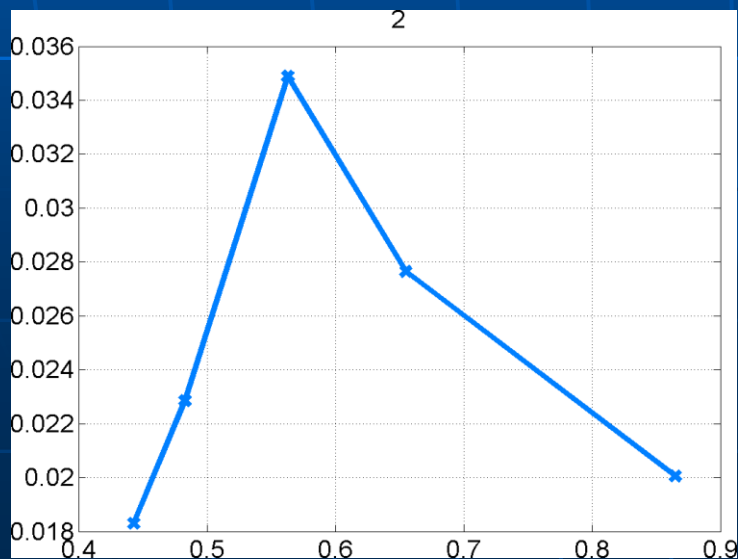
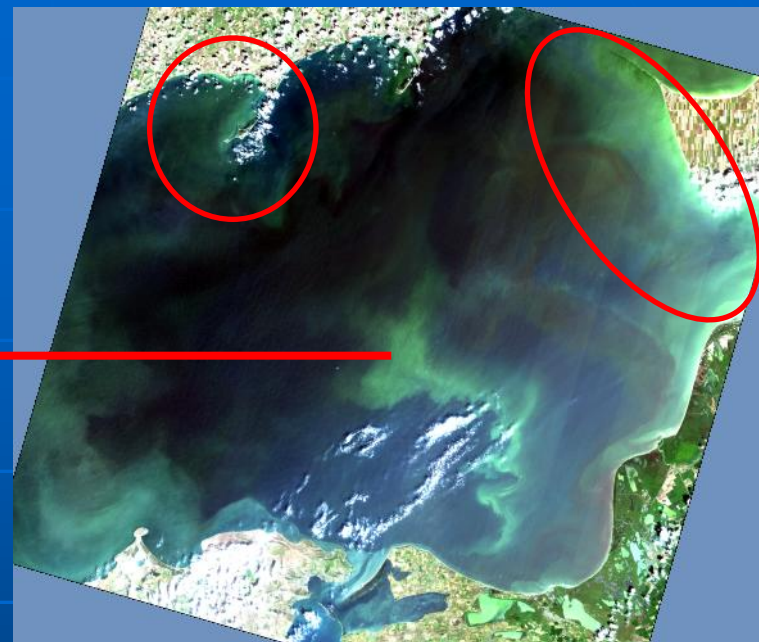
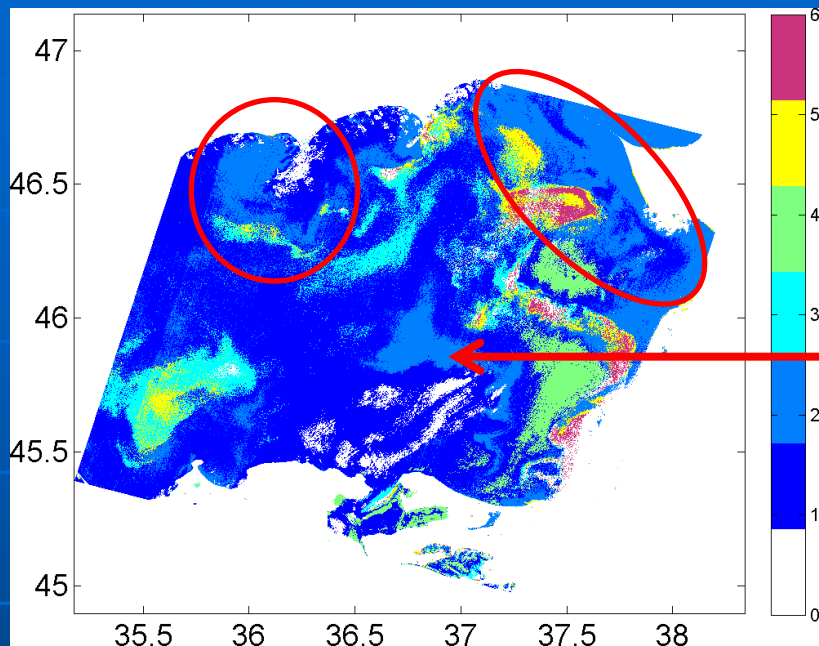


В каждой точке изображения рассчитывался спектр и из него вычитался спектр в «Черной точке» - самая чистая вода, относительно окружающих вод.

Далее спектры кластировались на основе разности яркости в соседних каналах и спектрального наклона яркости в соседних каналах



Выделение цианобактерий по спектральному алгоритму для Landsat 8

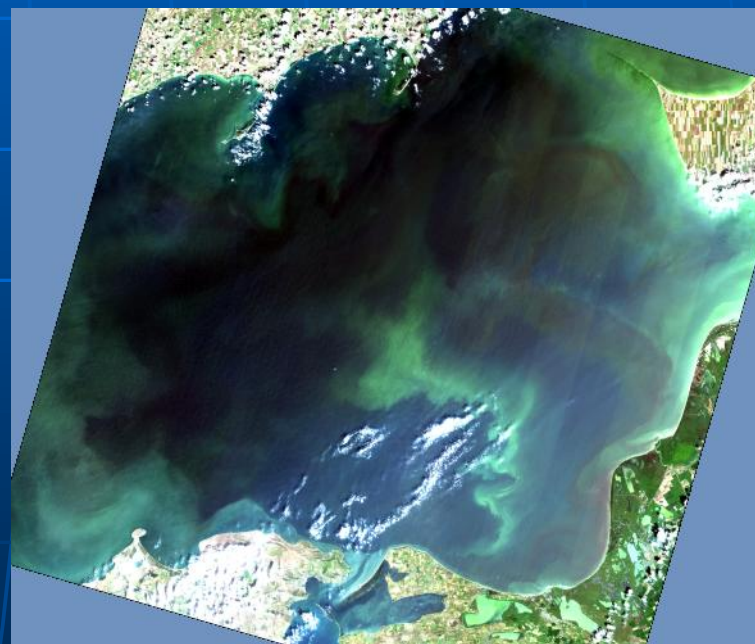
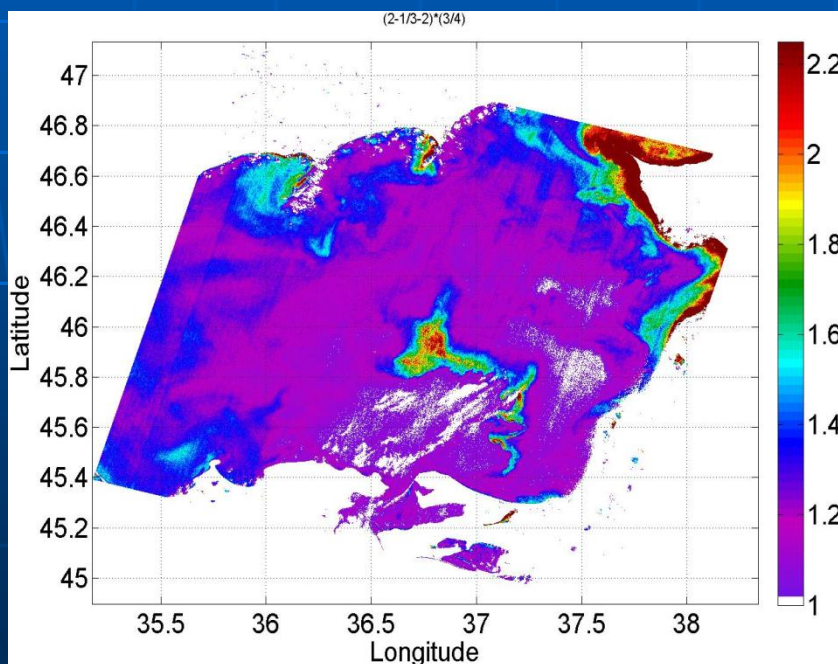


Разница значений в каналах (3-2) больше, чем разница значений (2-1) и спектр цианобактерий имеет небольшие значения отношения $B4/B3$

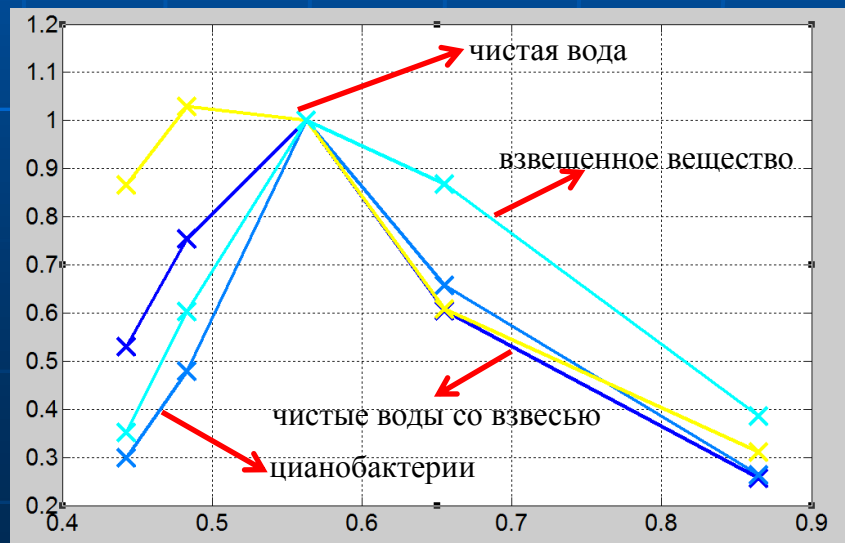
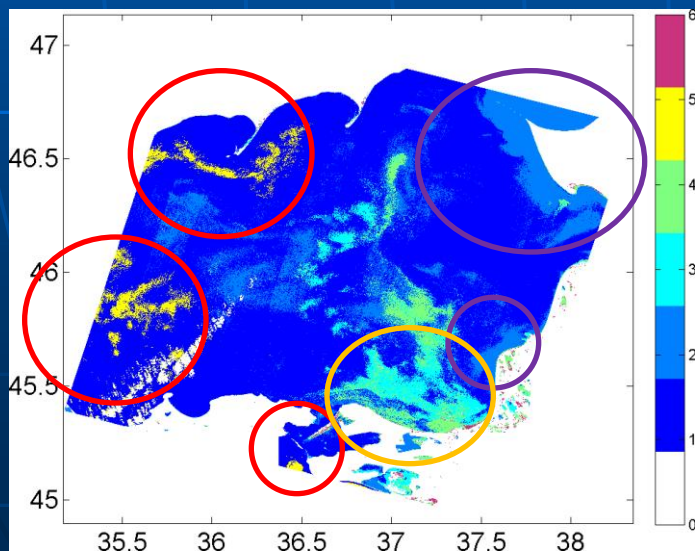
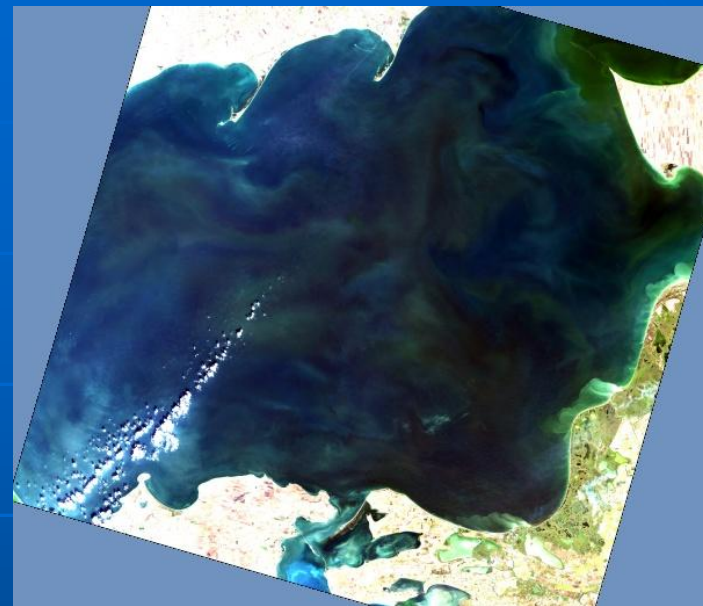
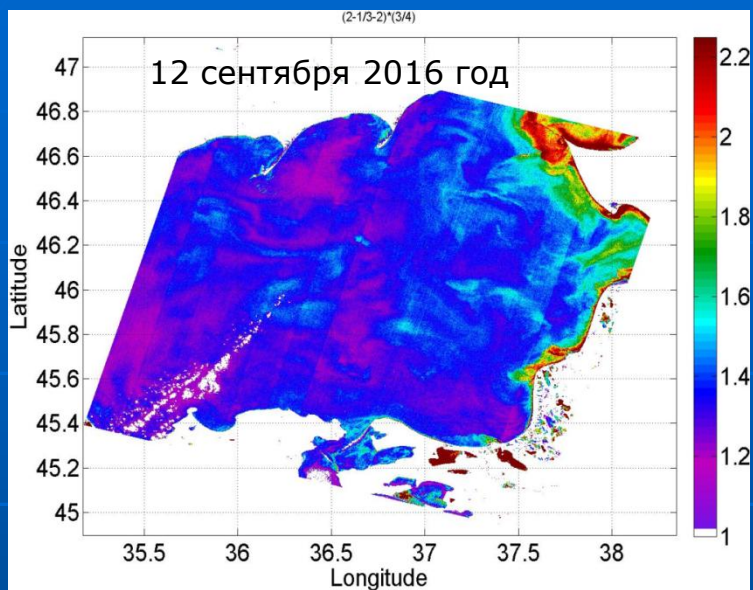
Выделение цианобактерий по спектральному алгоритму для Landsat 8

На основе спектральных особенностей был разработан индекс, позволяющий выделять области цветения цианобактерий в Азовском море

Построение карты для соотношения : $(2-1)/(3-2) \cdot (3/4)$



Выделение цианобактерий по спектральному алгоритму для Landsat 8



Выводы

На основе измерений Landsat с 1999 по 2016 гг. :

- Изучена пространственная изменчивость цветения цианобактерий в Азовском море. Выделены зоны сильных цветений в Азовском море: Таганрогский залив, восточное побережье Азовского моря, в заливах у западного побережья и в центре моря.
- Изучена межгодовая и сезонная изменчивости цветения. Показано, что цветения наблюдаются с марта по октябрь. Максимум достигается в августе. Максимальные цветения наблюдались с 2006 по 2009гг., минимальное в - 2013 году.
- Разработан спектральный алгоритм выявления цианобактерий по данным Landsat 8
- Исследованы особенности распространения цианобактерий в Азовском море, показано, что они движутся с Таганрогского залива вдоль восточного побережья и выходят к центру моря. Большое влияние на их распространение оказывает направление течения в Азовском море.

A glowing blue Earth from space, showing the curvature of the planet and the transition from day to night. The illuminated side shows green landmasses and blue oceans, while the dark side shows a dense network of city lights. The entire planet is surrounded by a bright blue glow.

Благодарю за внимание!!!