Исследование межгодовой, сезонной и пространственной изменчивости интенсивности цветения фитопланктона в Рыбинском водохранилище на основе спутниковых данных

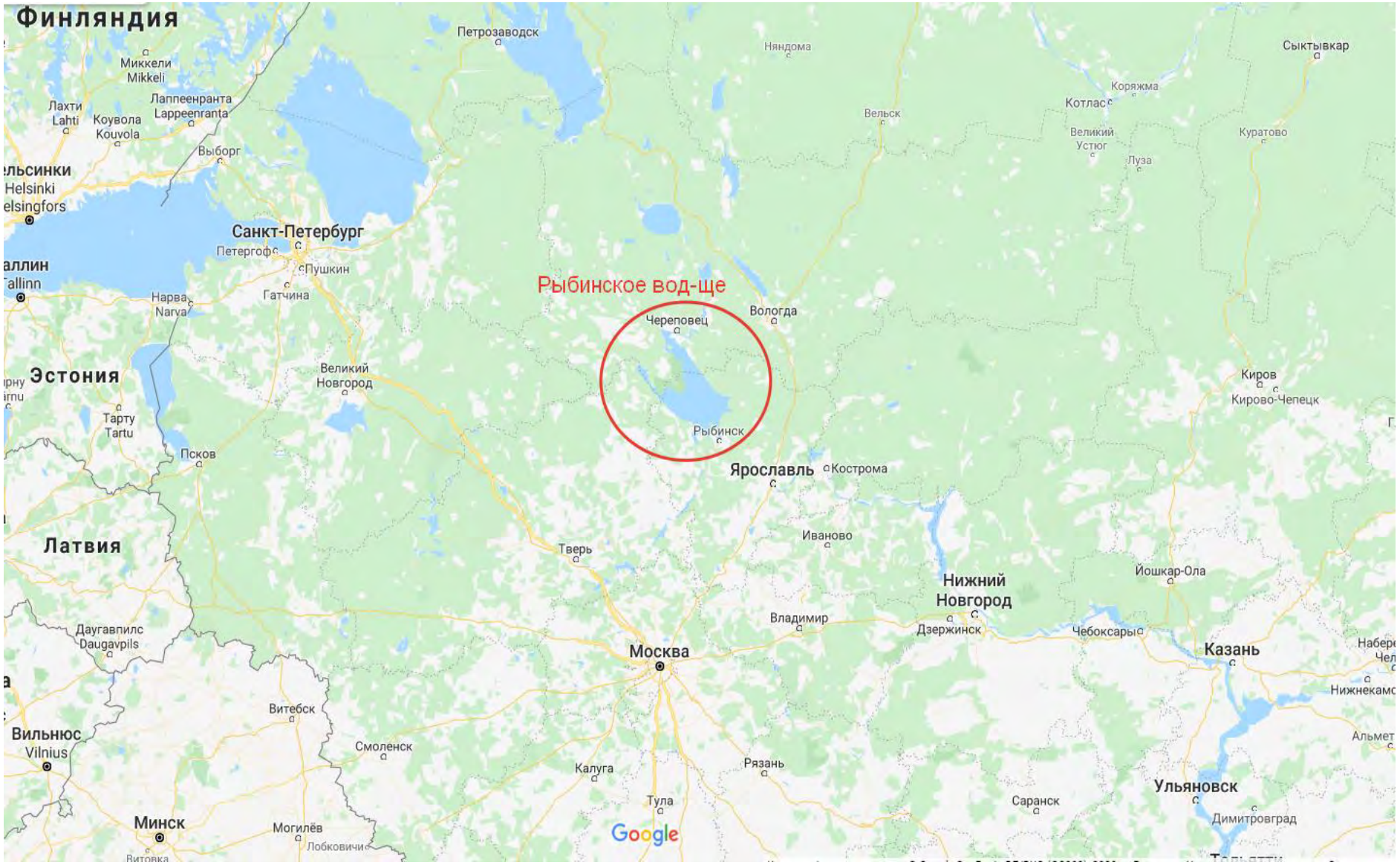
Аглова Е.А.
Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)
Институт космических исследований РАН

Научный руководитель
к.ф.-м.н., доцент Лаврова О.Ю.
Институт космических исследований РАН

г. Таруса, 16-20 марта 2020

Район исследования (1)

Рыбинское водохранилище находится на территории Ярославской и Вологодской областях на реке Волга



Район исследования (2)

- Площадь: 4580 км²
- Размеры: 172 × 56 км
- Объем: 25,4 км³
- Максимальная глубина: 30 м
- Береговая линия: 1724 км
- Города (заводы) на берегу: Череповец (Череповецкий металлургический комбинат), Рыбинск (Рыбинский завод приборостроения)

Мотивация исследования:

1. На Волге и Волжских водохранилищах ежегодно наблюдается повышенная интенсивность цветения фитопланктона
2. Выбрано Рыбинское водохранилище в связи с тем, что его размеры позволяют использовать спутниковые данные
3. На берегу Рыбинского водохранилища находится Институт биологии внутренних вод РАН им. И.Д. Папанина, проводящий измерения качественного и количественного состава воды

Цель исследования:

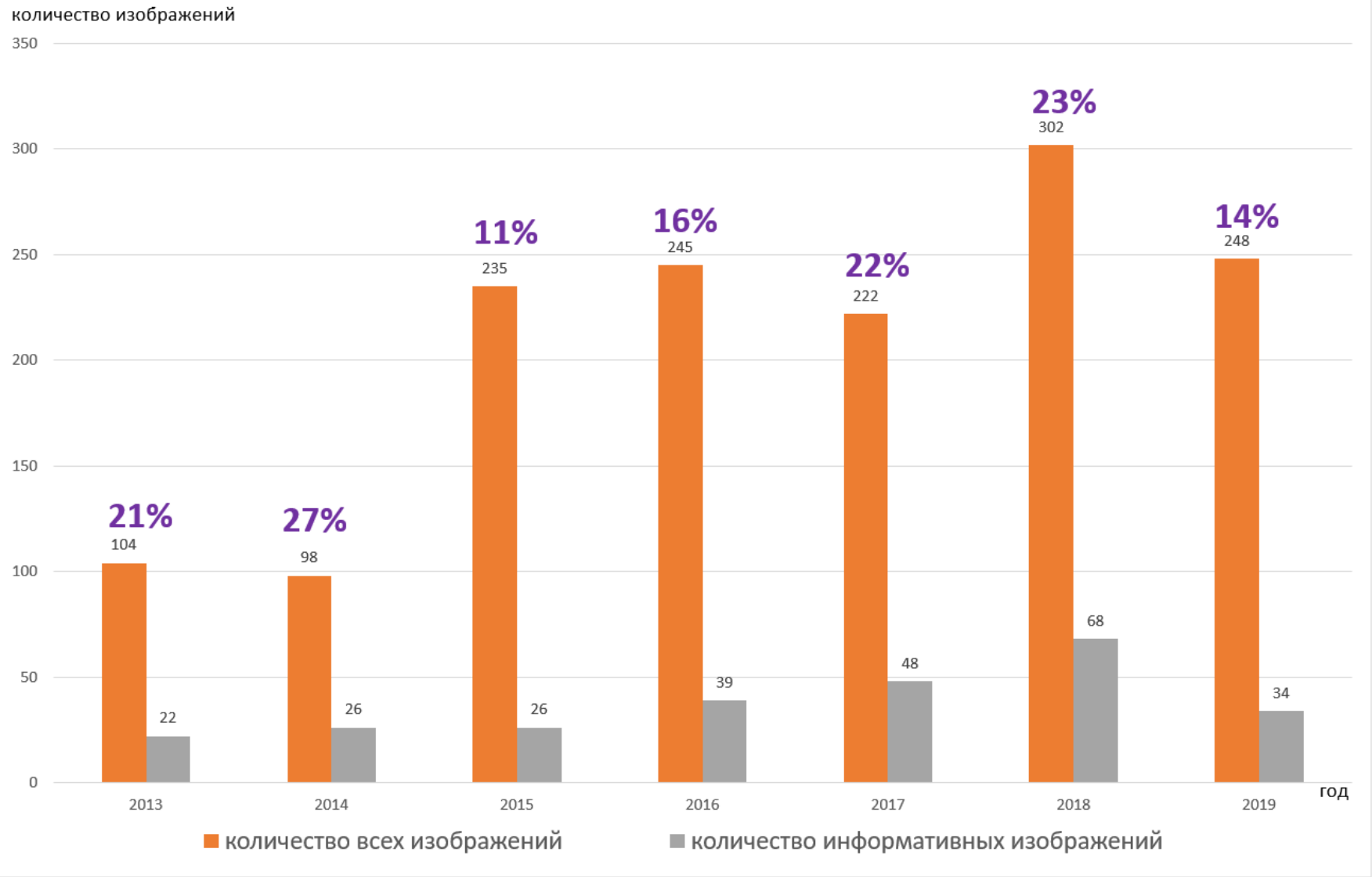
1. Определить зависимость интенсивности цветения от времени года, сезона и внешних факторов (температура, освещенность, осадки)
2. Сравнить с имеющимися результатами, полученными ранее

Используемые данные

Анализ изображений за 2013-2019гг. в видимом диапазоне, полученных на основе данных MSI Sentinel-2 и OLI Landsat 8

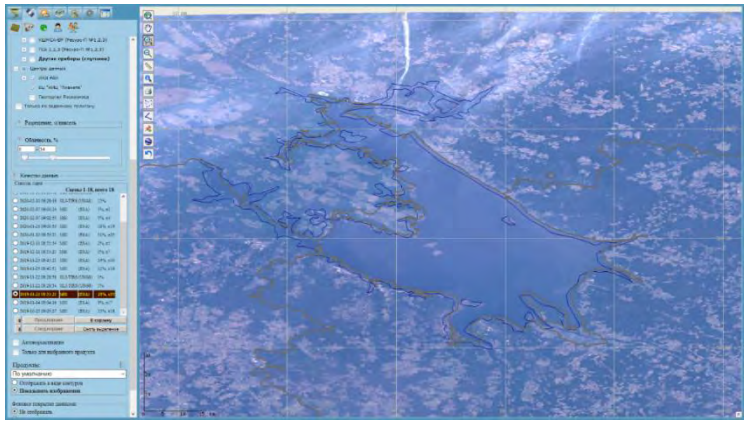
Всего было проанализировано 1454 изображения

Процентное соотношение количества информативных изображений к общему числу



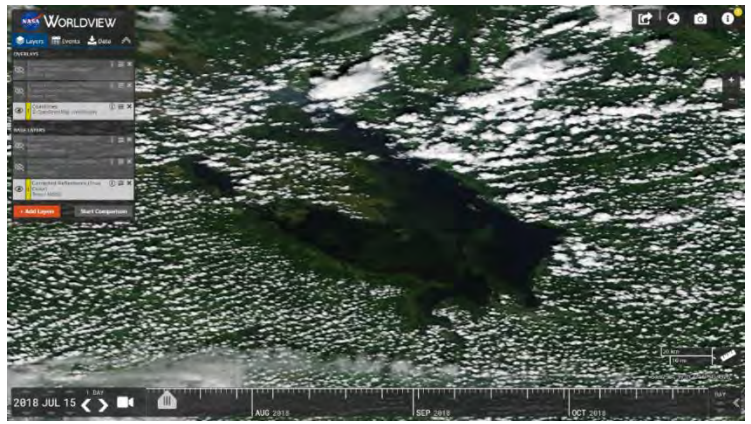
Используемые информационные системы

Поиск, просмотр и обработка изображений проводились с использованием следующих информационных систем:



See The Sea (ИКИ РАН)

http://ocean.smislab.ru/static



Worldview (NASA)

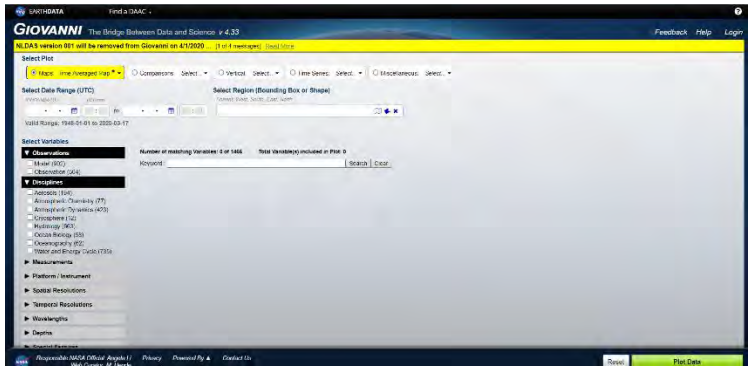
worldview.earthdata.nasa.gov

MarineTraffic

https://www.marinetraffic.com

Используемые инструменты:

1. Цветокоррекция
2. Классификация
3. Построение карт Floating algae index (FAI)
4. Построение графиков спектральной отражательной способности

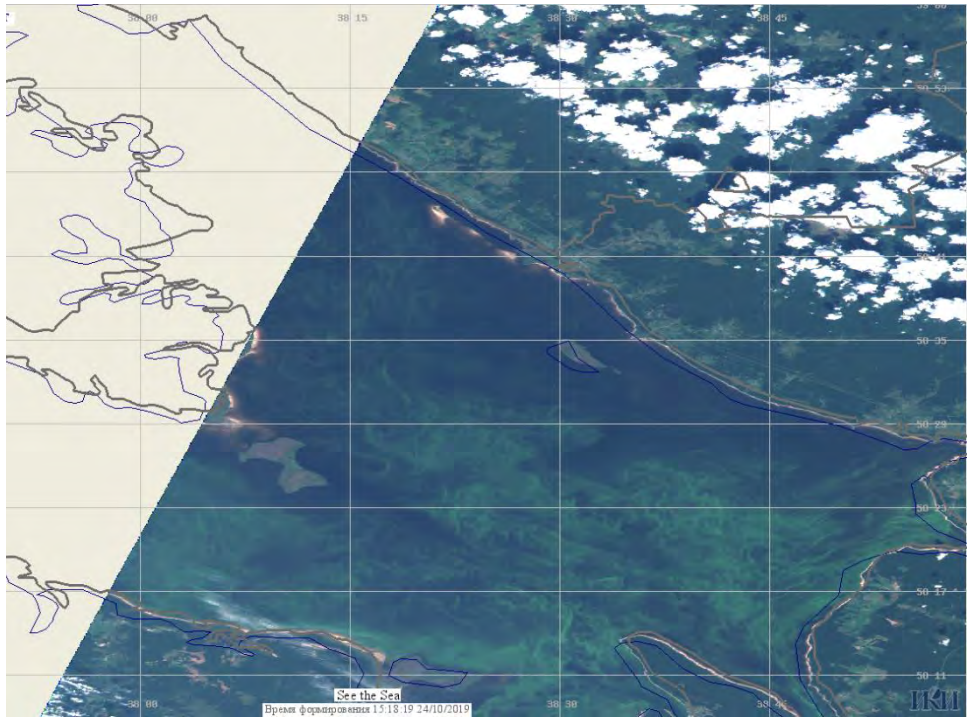


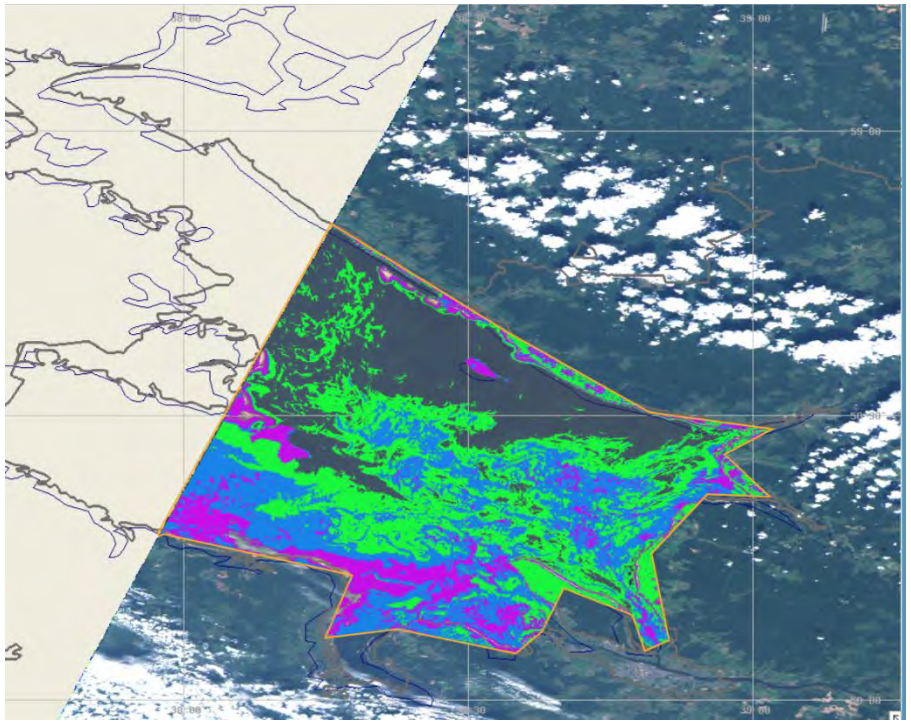
Giovanni (NASA)

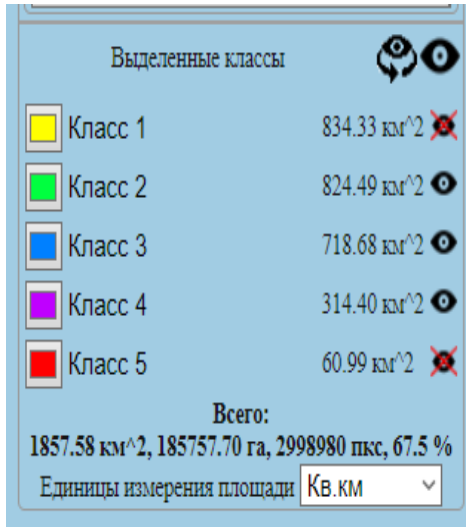
https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni

Подсчет площади цветения

С помощью инструмента классификации в информационной системе See The Sea



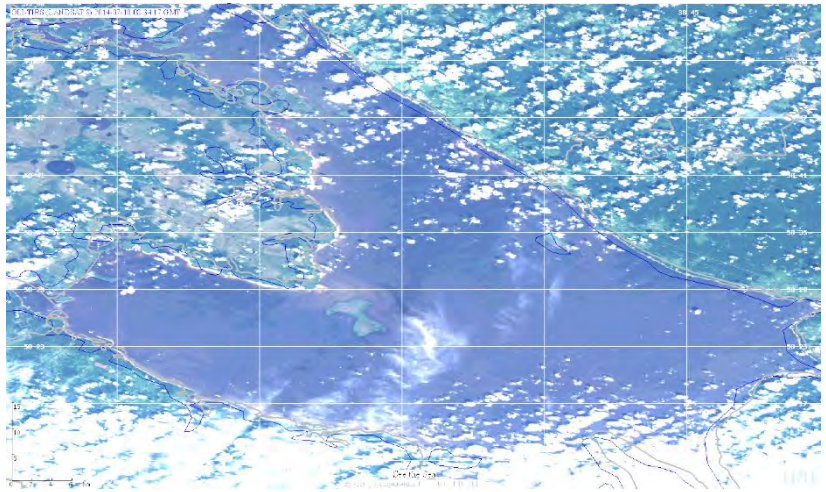




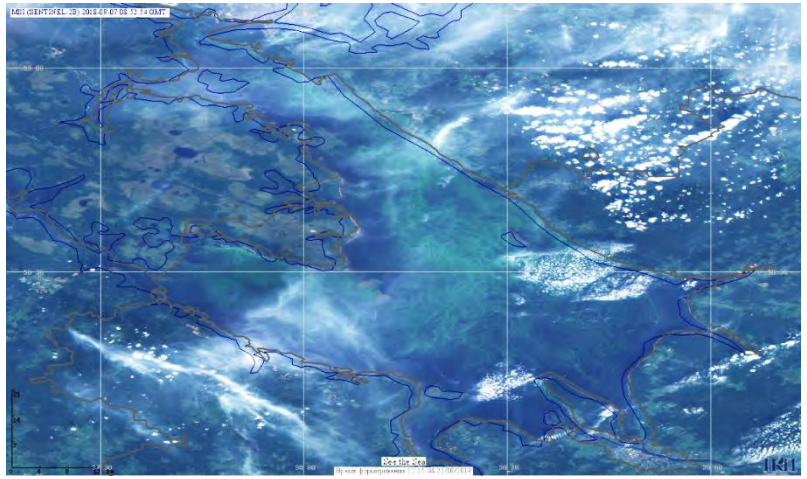
26.08.2015 MSI SENTINEL – 2A

- площадь цветения фитопланктона на 26.08.2015 - 1858 км²

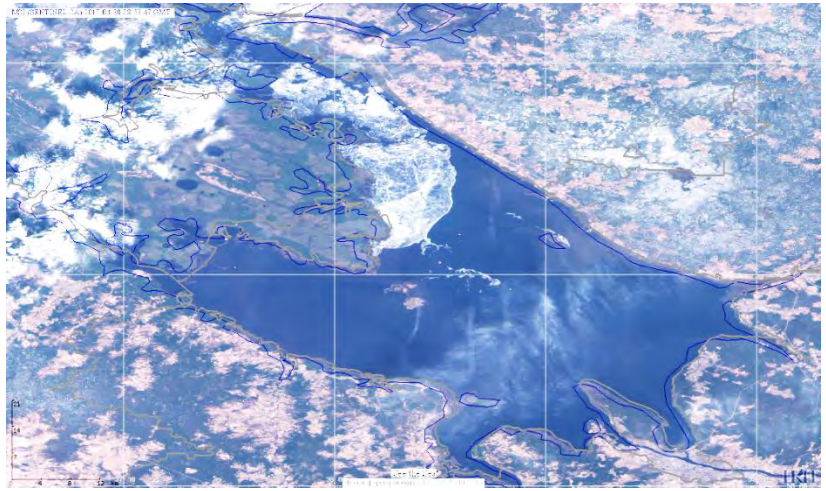
Проявление цветения на спутниковых изображениях Рыбинского водохранилища



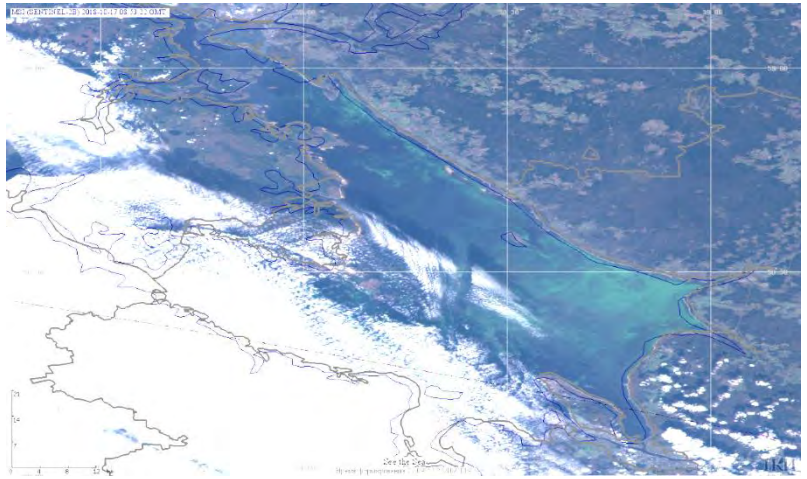
10.07.2014 OLI LANDSAT 8



07.09.2018 MSI SENTINEL-2B



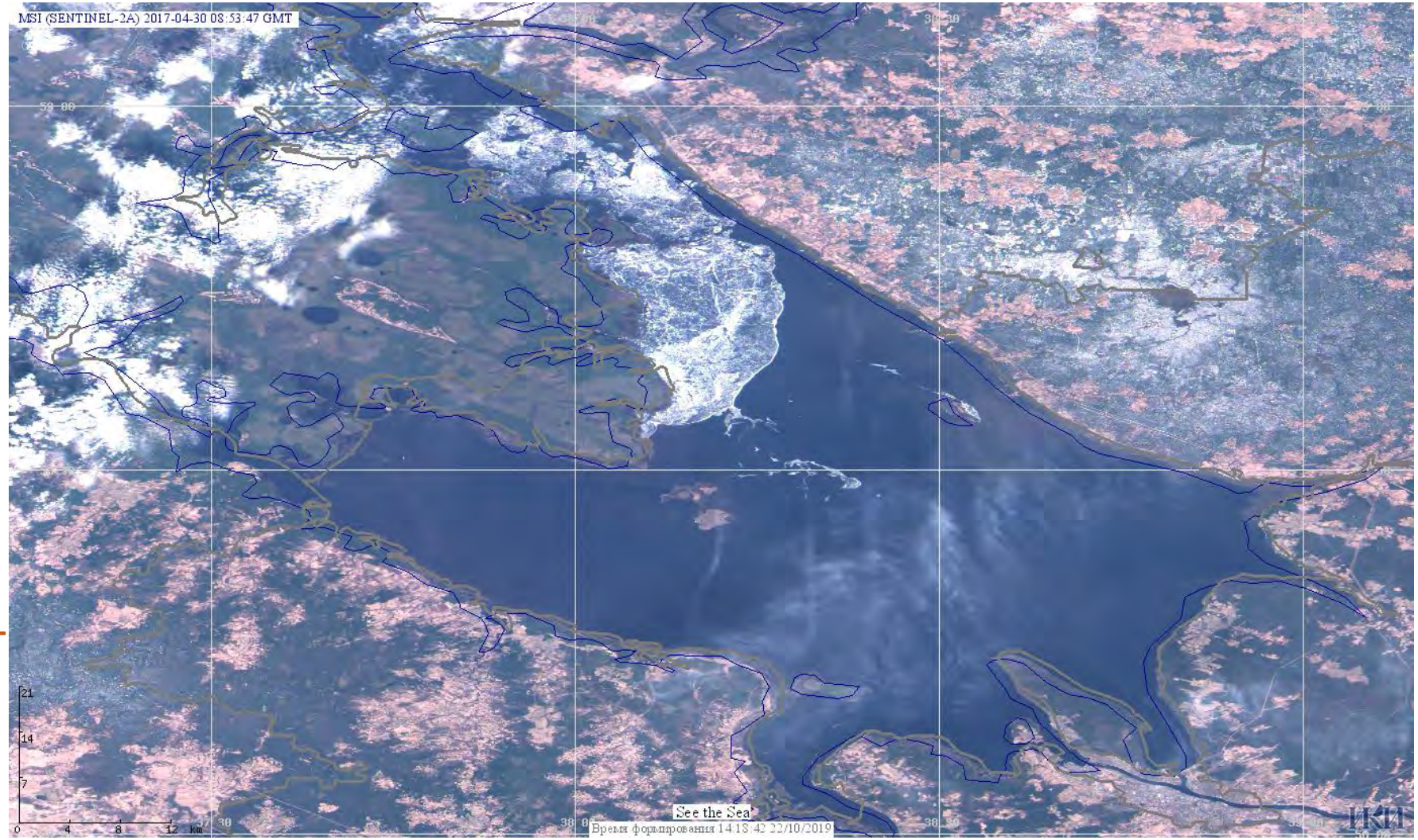
30.04.2017 MSI SENTINEL-2A



17.10.2018 MSI SENTINEL-2B

Результаты: сезонная изменчивость (1)

- 30.04.2017
- MSI SENTINEL – 2A
- Диатомовые водоросли
- Площадь: 1027.23 км²
- Слабая интенсивность
- Главный, Моложский и Волжские плёсы



Вывод:

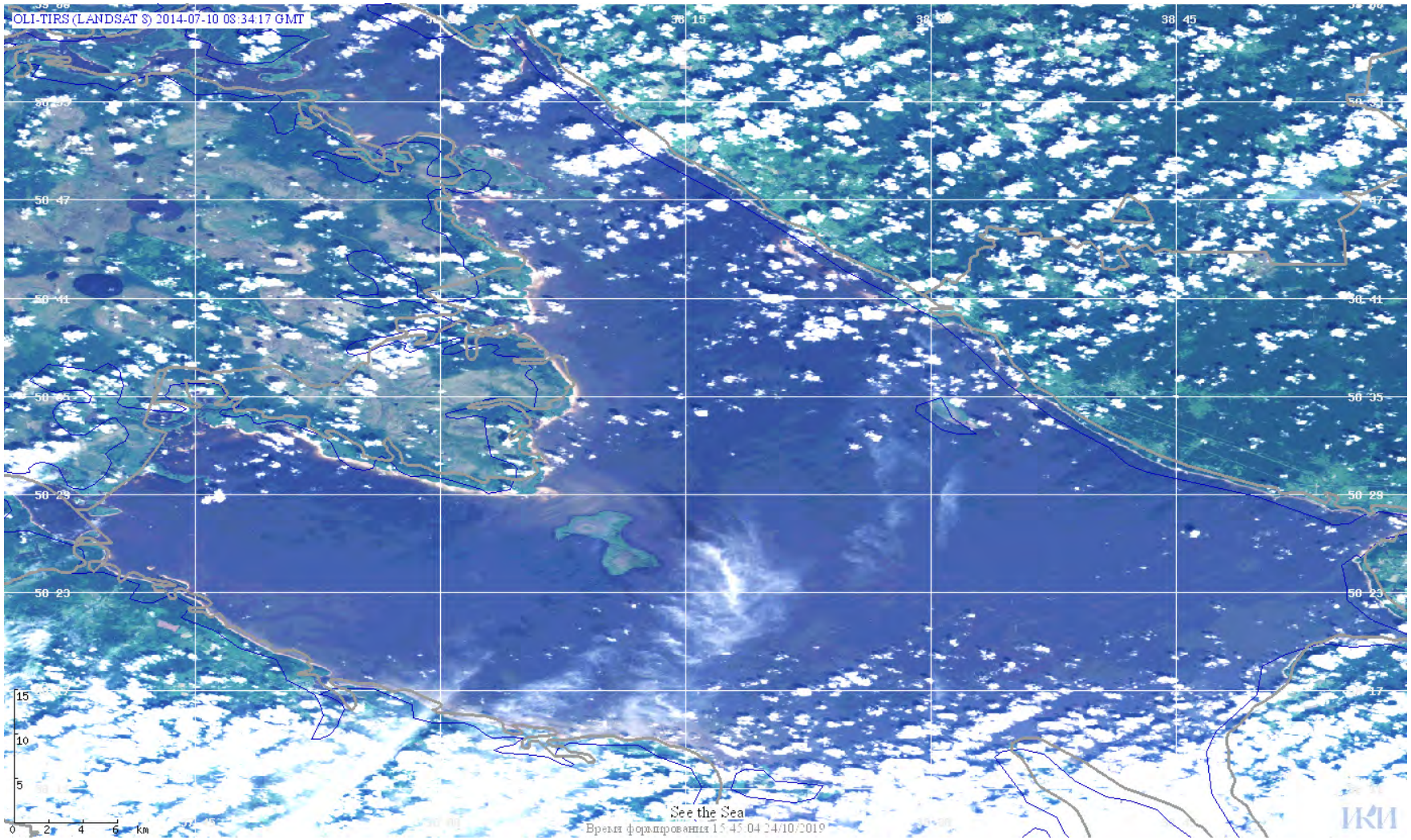
Начало цветения диатомовых водорослей – конец апреля - май

Результаты: сезонная изменчивость (2)

- 10.07.2014
- OLI LANDSAT 8
- Диатомовые водоросли
- Площадь: 2000 км²
- Средней интенсивности
- Главный, Шекснинский и Моложский плёсы

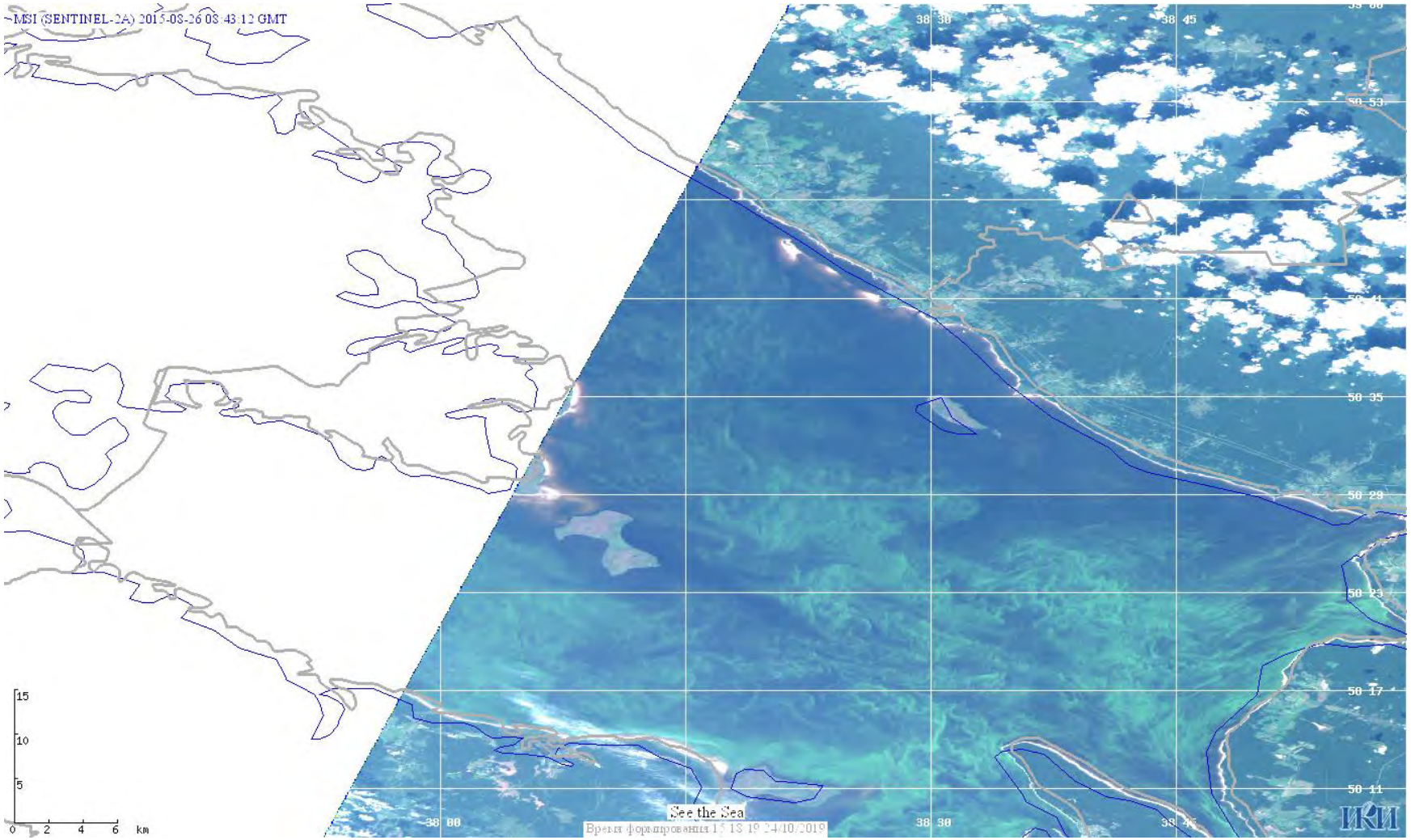
Вывод:

Летний «пик» цветения диатомовых водорослей - июль



Результаты: сезонная изменчивость (3)

- 26.08.2015
- MSI SENTINEL – 2A
- Сине-зеленые водоросли
- Площадь: 1570.33км²
- Очень высокая интенсивность
- Главный, Волжский и Моложский плёсы



Вывод:

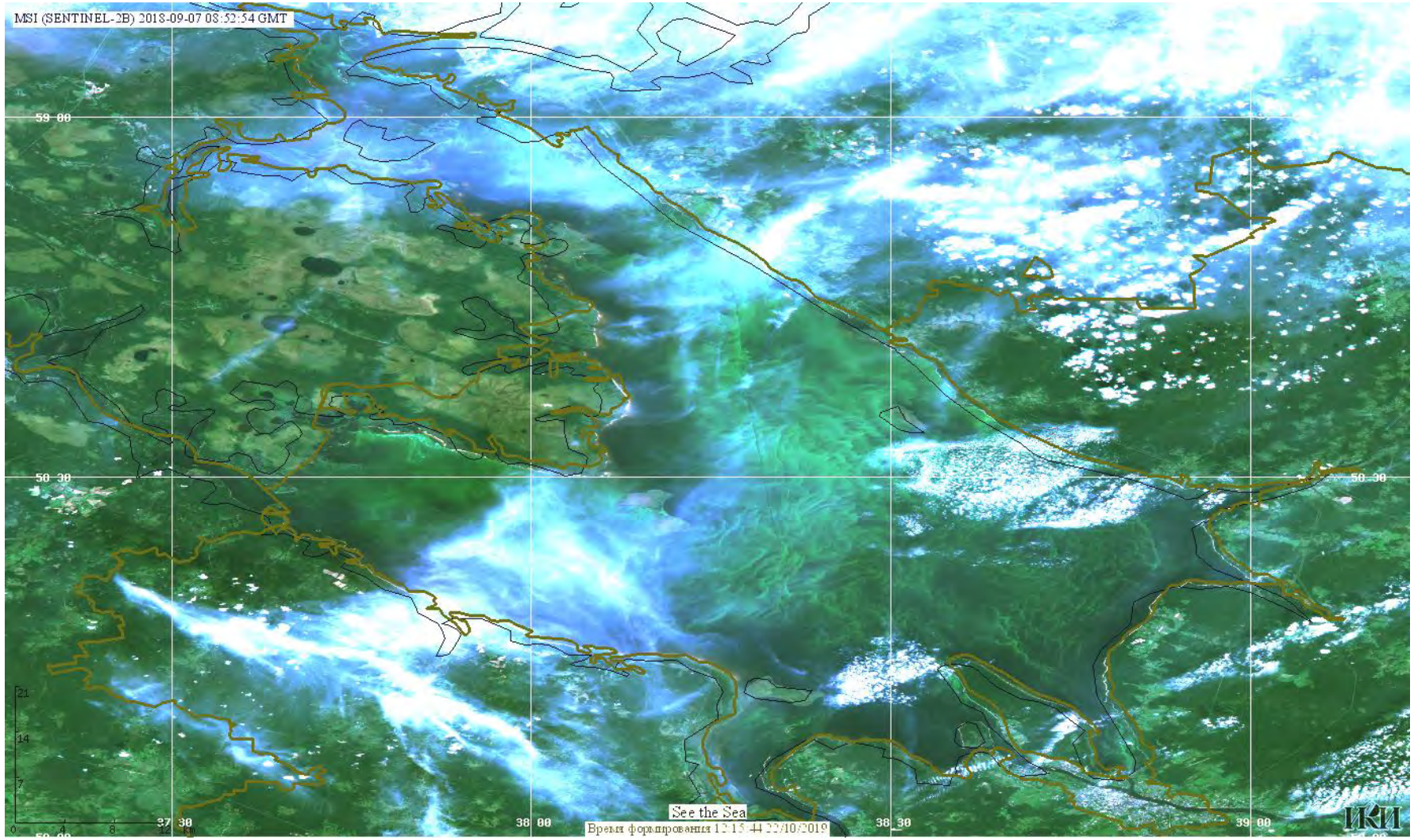
Начало цветения цианобактерий – конец июля - август

Результаты: сезонная изменчивость (4)

- 07.09.2018
- MSI SENTINEL – 2
- Сине-зеленые водоросли
- Площадь: 3000 км²
- Очень высокая интенсивность
- Главный, Шекснинский и Моложский плёсы

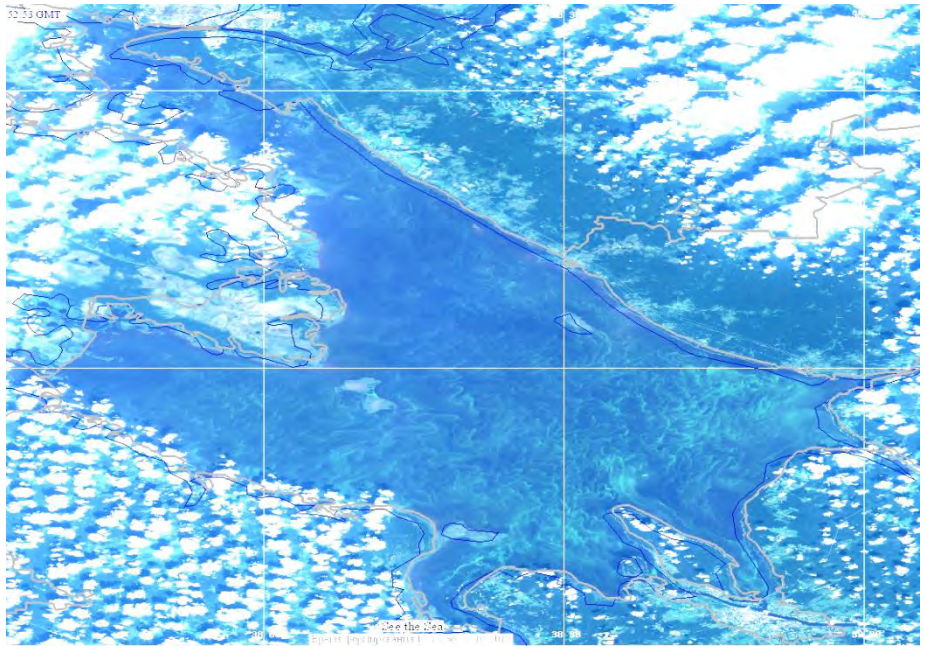
Вывод:

Осенний «пик» цианобактерий – сентябрь – начало октября



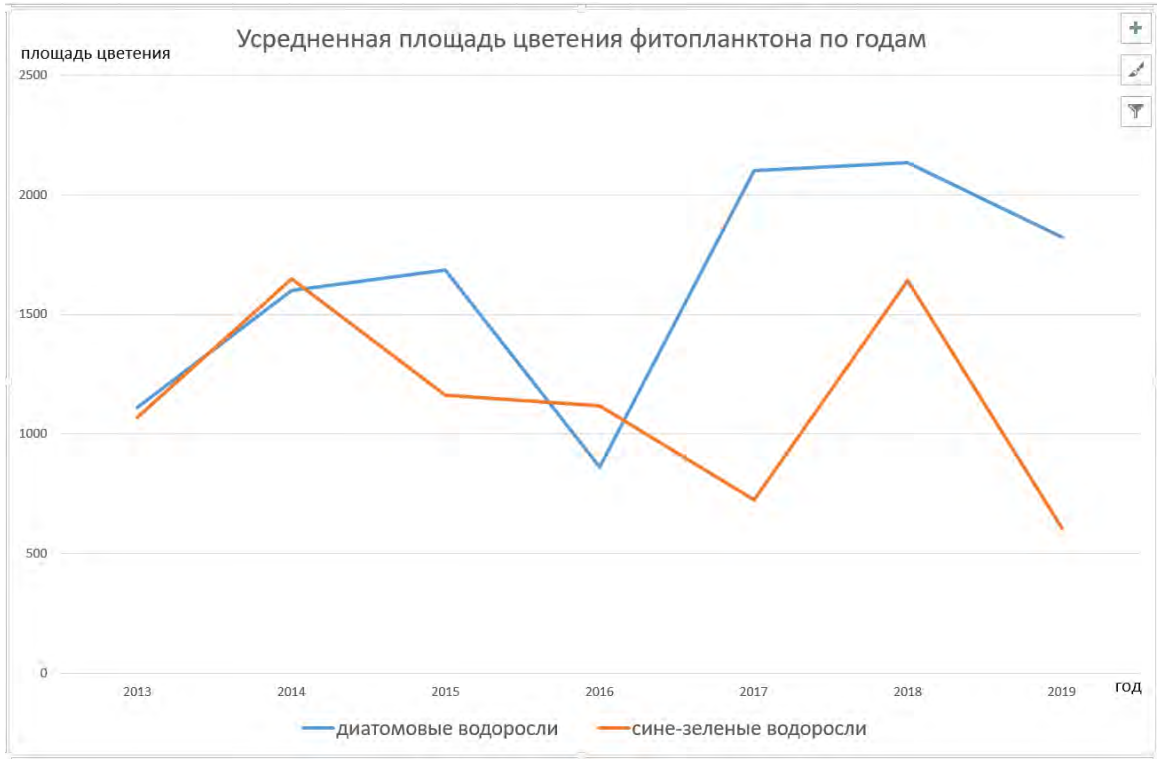
Результаты: пространственная изменчивость

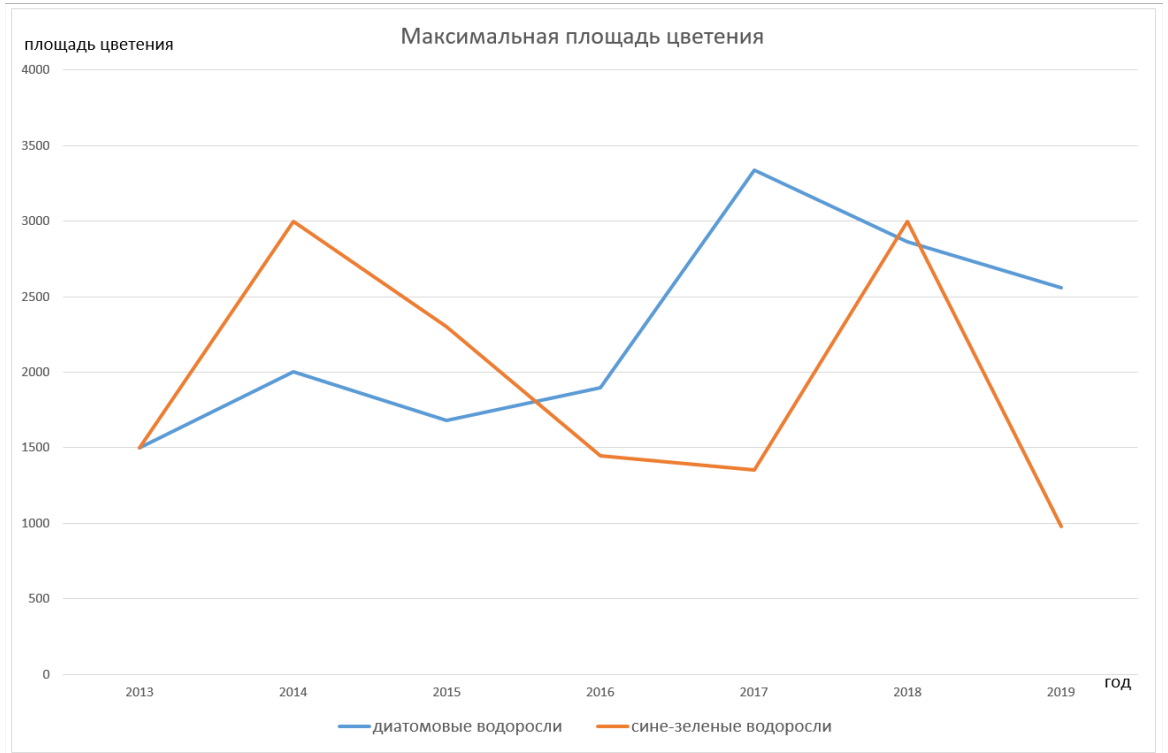
Чаще всего цветение приходилось на Главный плёс, далее на Моложский и Шекснинский (примерно поровну) и реже всего было в Волжском плёсе



18.08.2018 MSI SENTINEL-2B

Результаты: межгодовая изменчивость

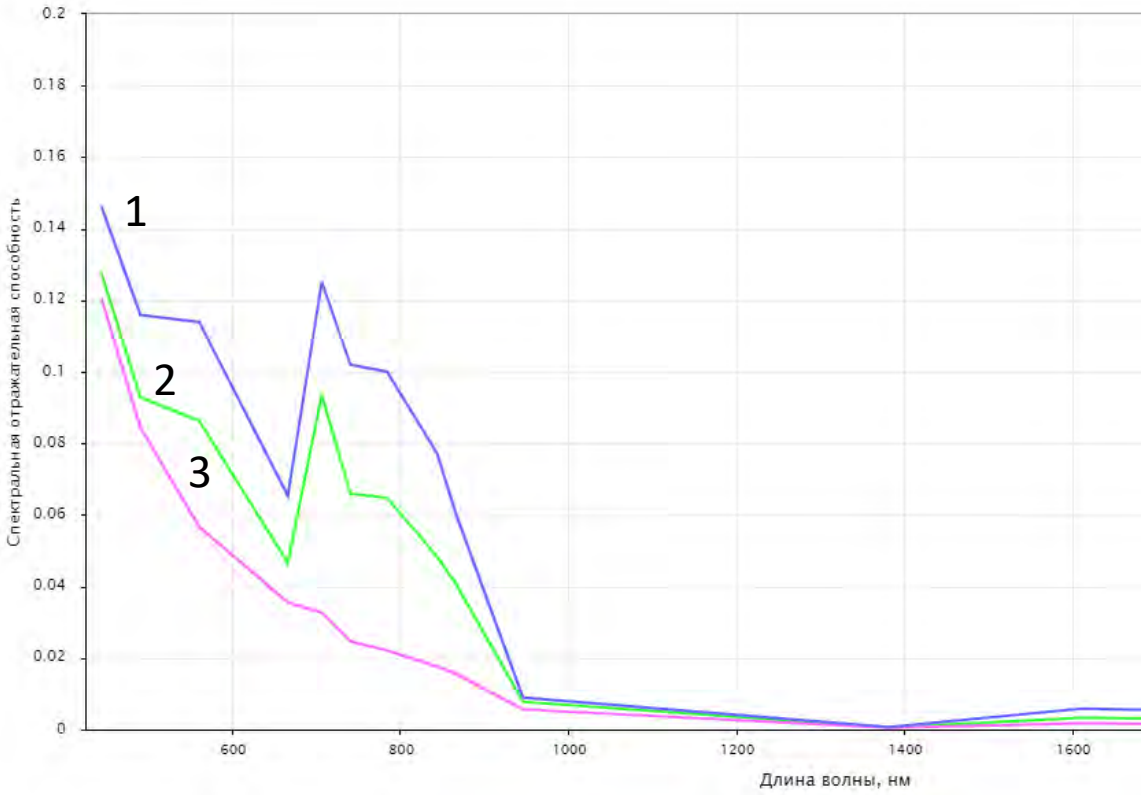


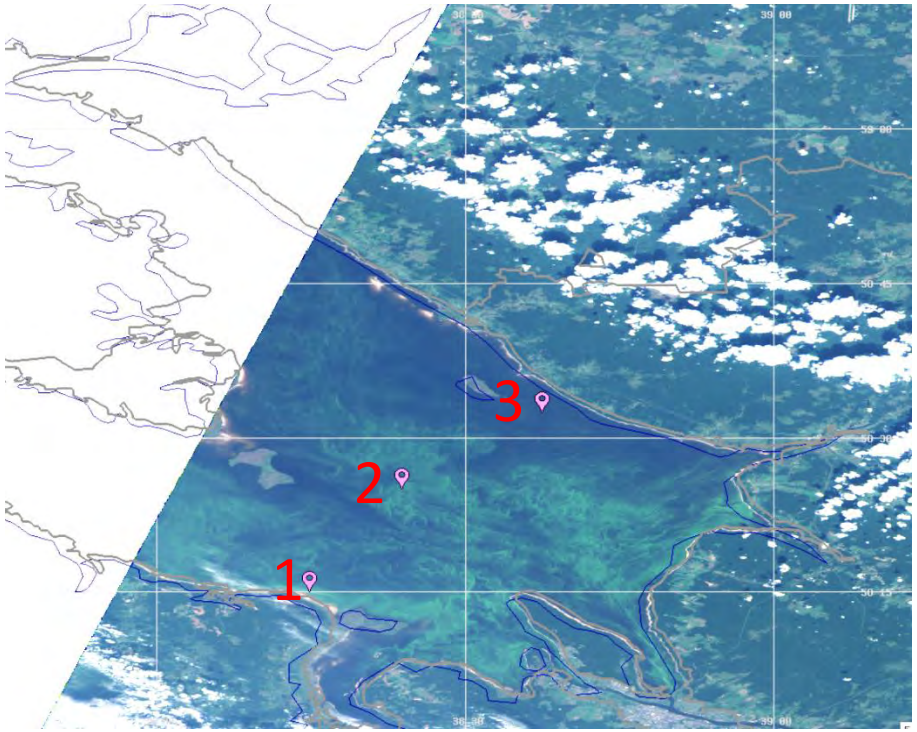


- Максимум интенсивности цветения водорослей приходится на 2014г и 2018г
- Минимум интенсивности цветения цианобактерий – 2017г, диатомовых - 2016

- Максимум интенсивности цветения сине-зеленых водорослей приходится на 2014г и 2018г, диатомовых – 2017
- Минимум интенсивности цветения цианобактерий – 2017г, диатомовых – 2013г

Определение спектральной отражательной способности поверхности акватории Рыбинского водохранилища (1): сине-зеленые водоросли

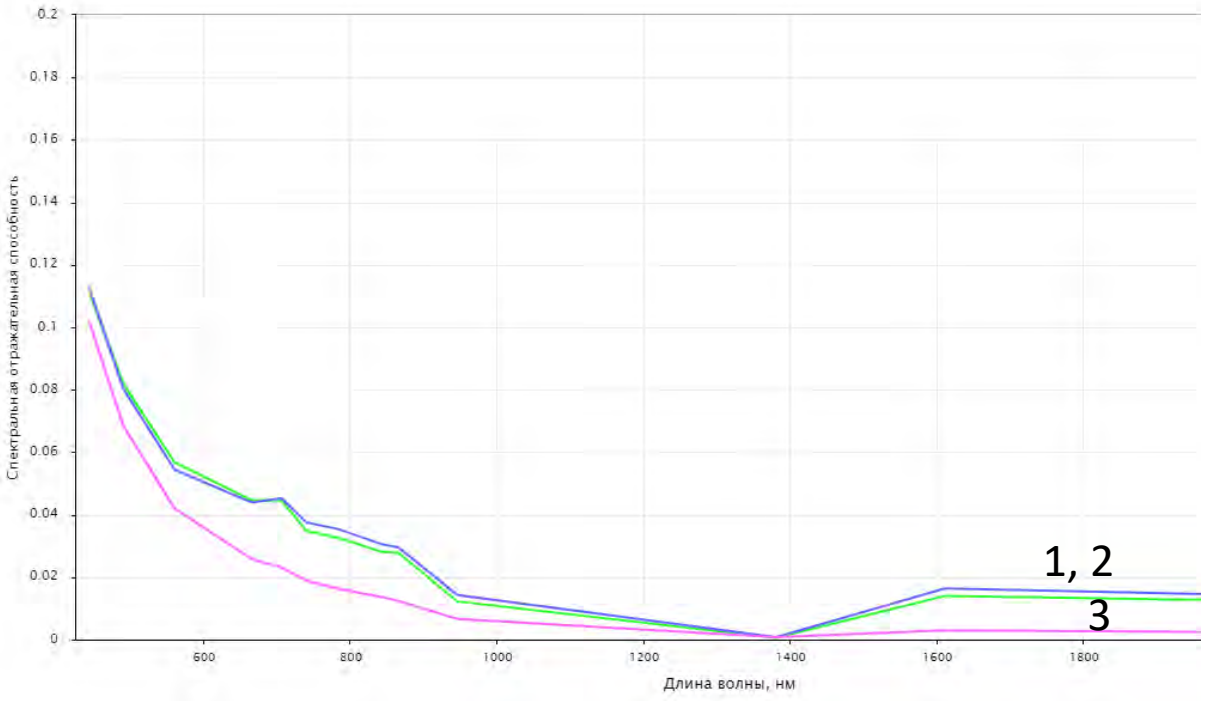


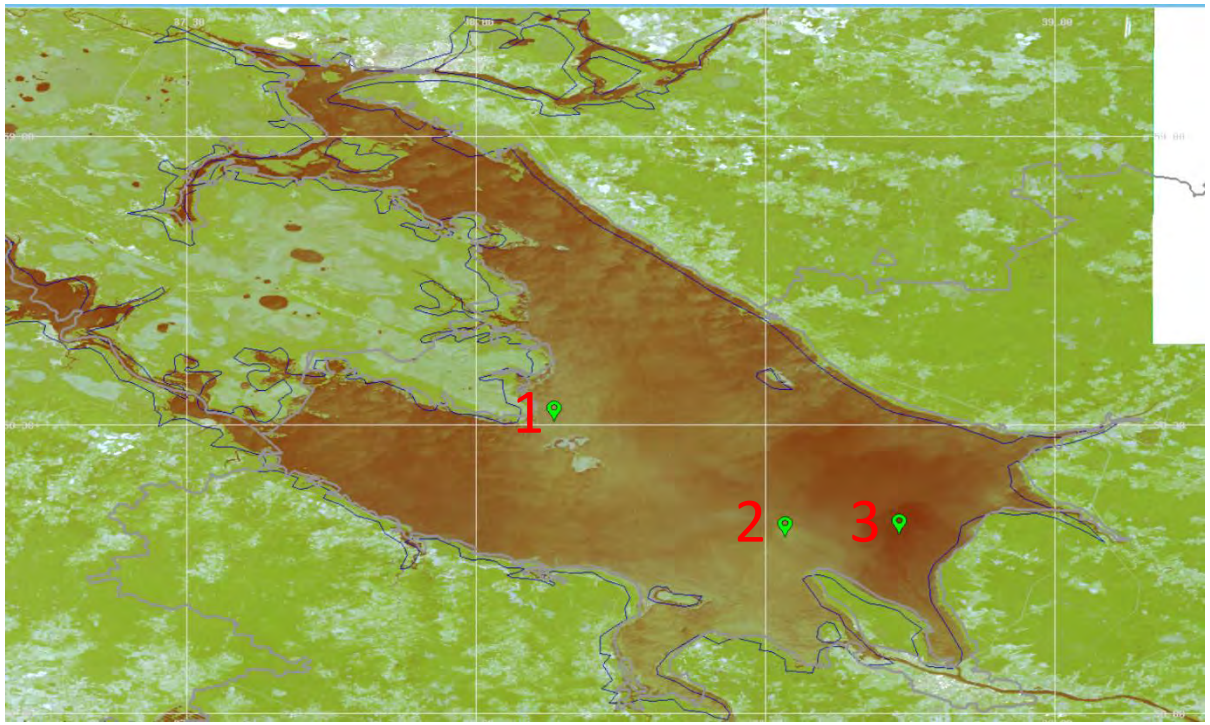


26.08.2015 MSI SENTINEL – 2A

Вывод: Сине-зеленые водоросли лучше всего проявляются на длинах волн – 740-780нм

Определение спектральной отражательной способности поверхности акватории Рыбинского водохранилища (2): диатомовые водоросли





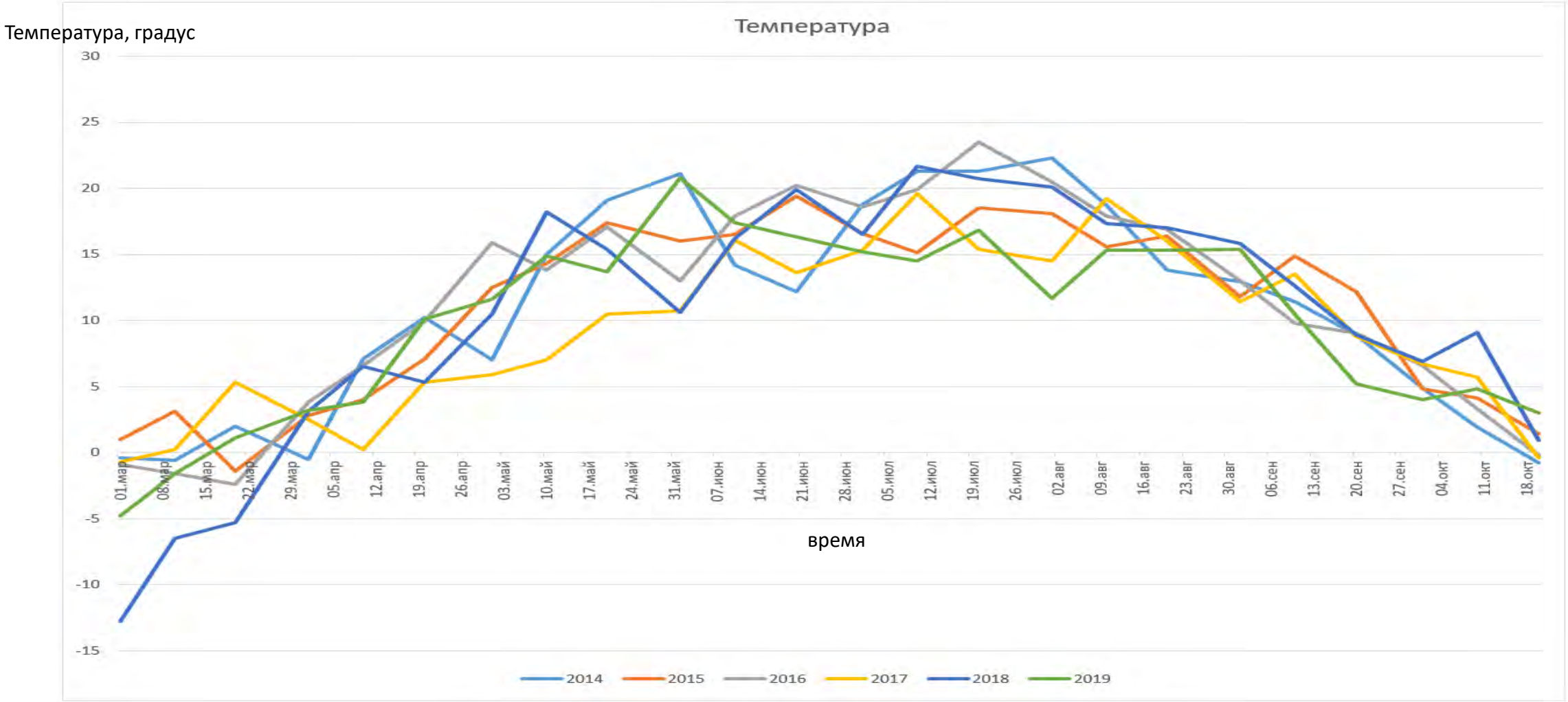
20.05.2018 MSI SENTINEL – 2B

Вывод: Диатомовые водоросли лучше всего проявляются на длинах волн - 655-700 нм

Зависимость интенсивности цветения фитопланктона от:

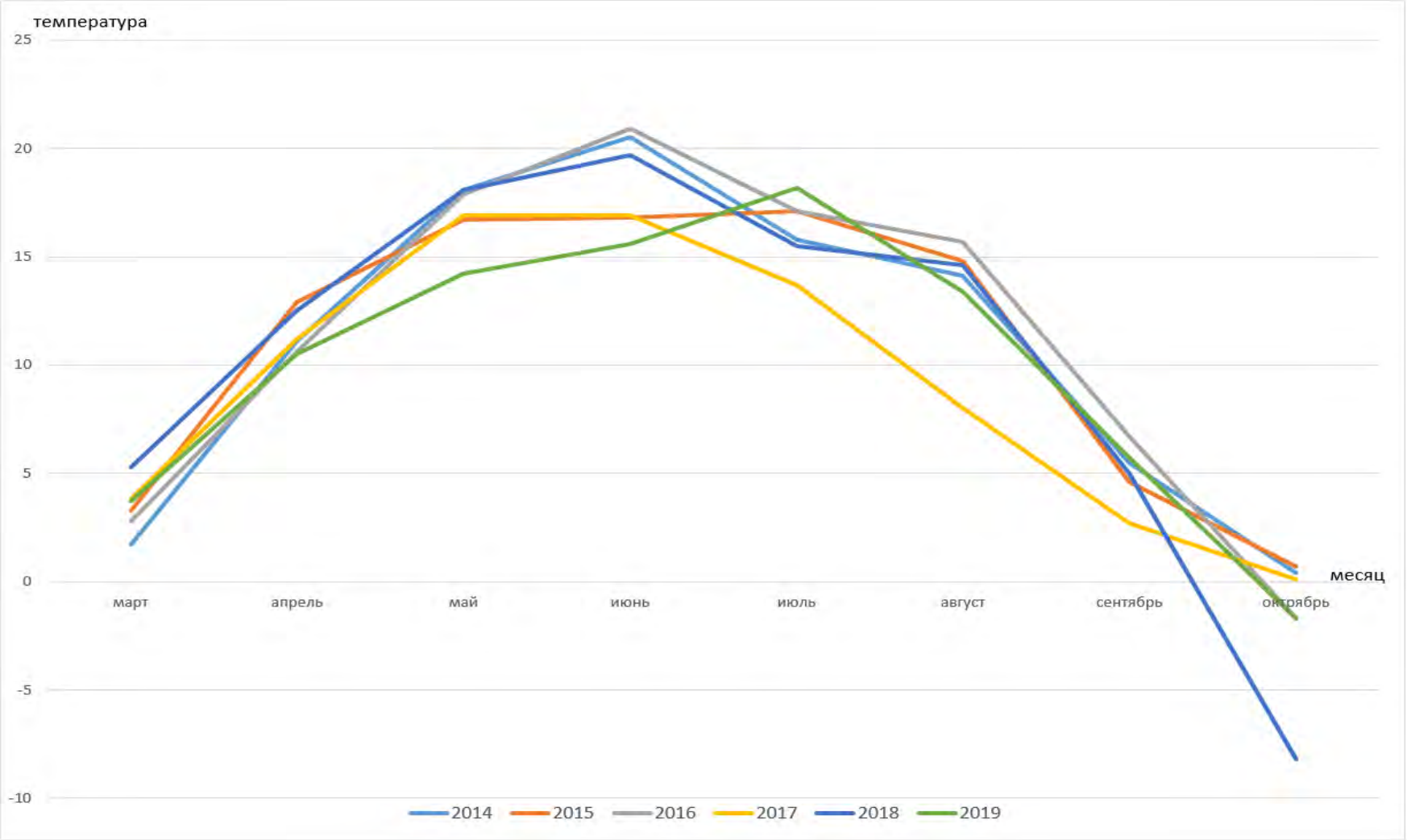
1. количества «питательных веществ», попадающих в водохранилище;
2. температуры воздуха;
3. освещенности (облачности);
4. осадков;
5. судоходства

Усредненная по декадам температура воздуха по данным метеостанции г. Череповец в период 2014-2019гг



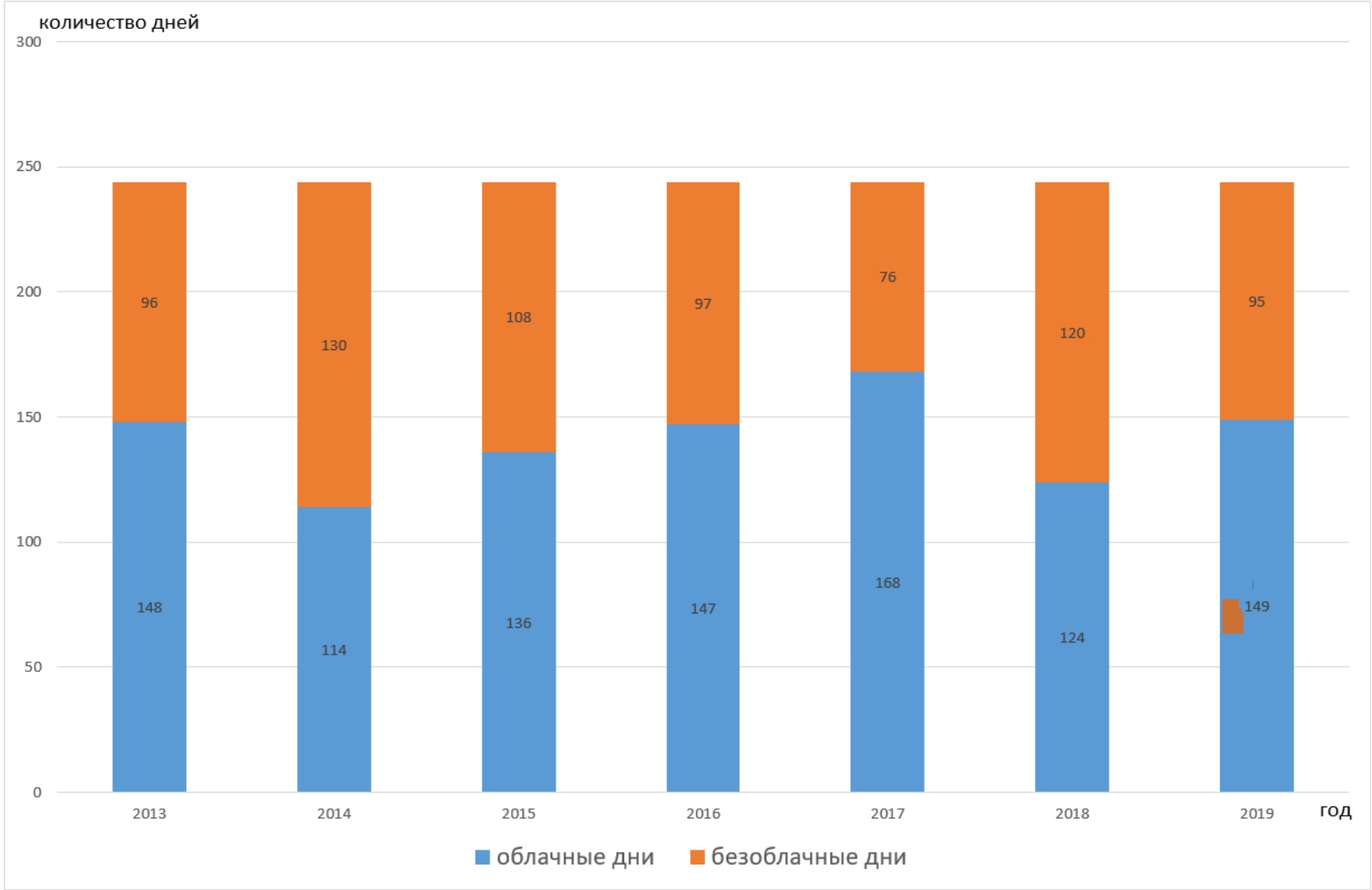
Усредненная по месяцам температура воздуха по данным метеостанции г. Череповец в период 2014-2019гг

- Самые холодные года – 2017 и 2018, где у нас были «пики» цветения диатомовых водорослей



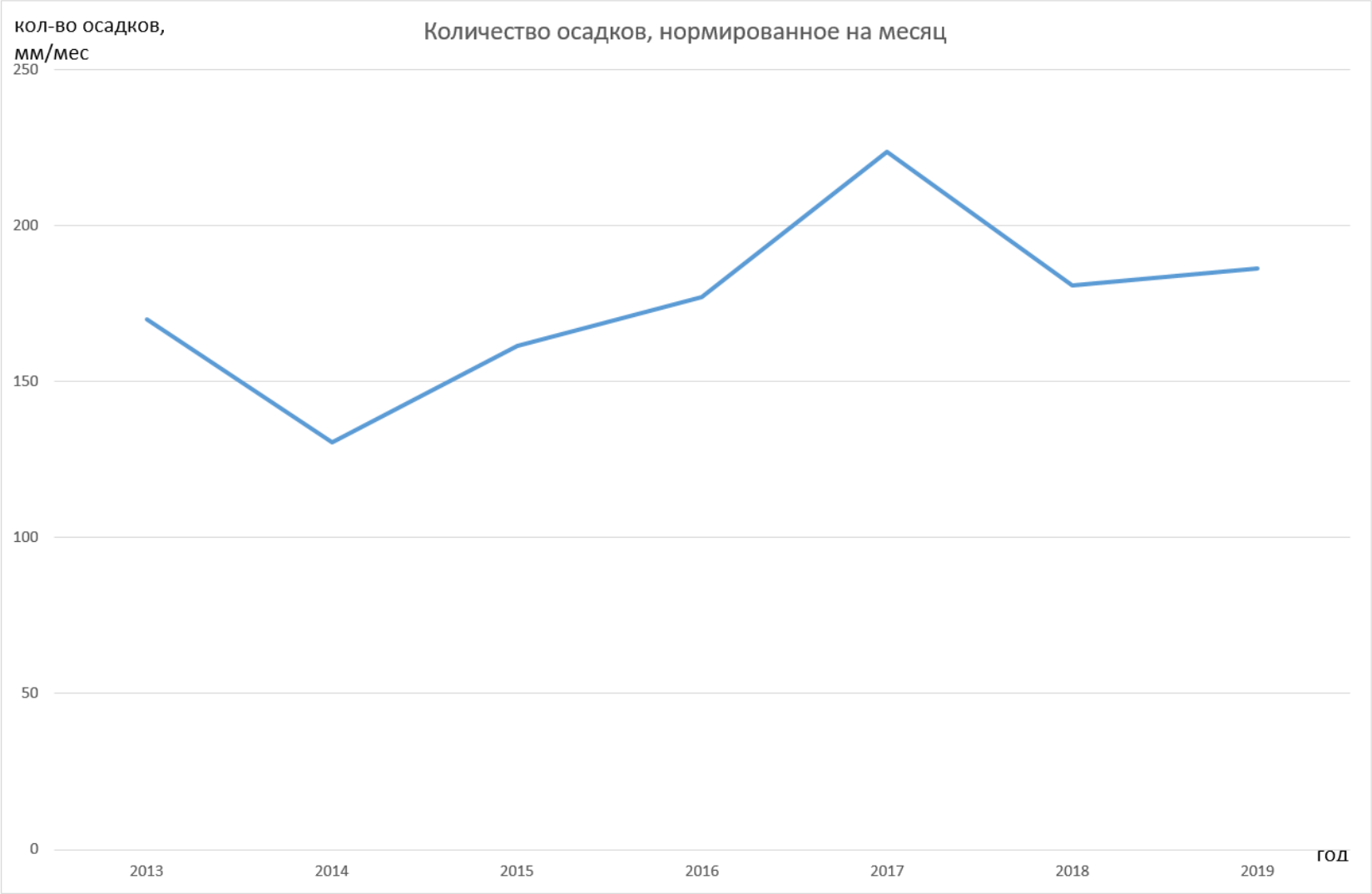
Облачность в период 2014-2019гг.

- Самые безоблачные года – 2014 и 2018, облачный – 2017, что объясняет экстремумы интенсивности цветения

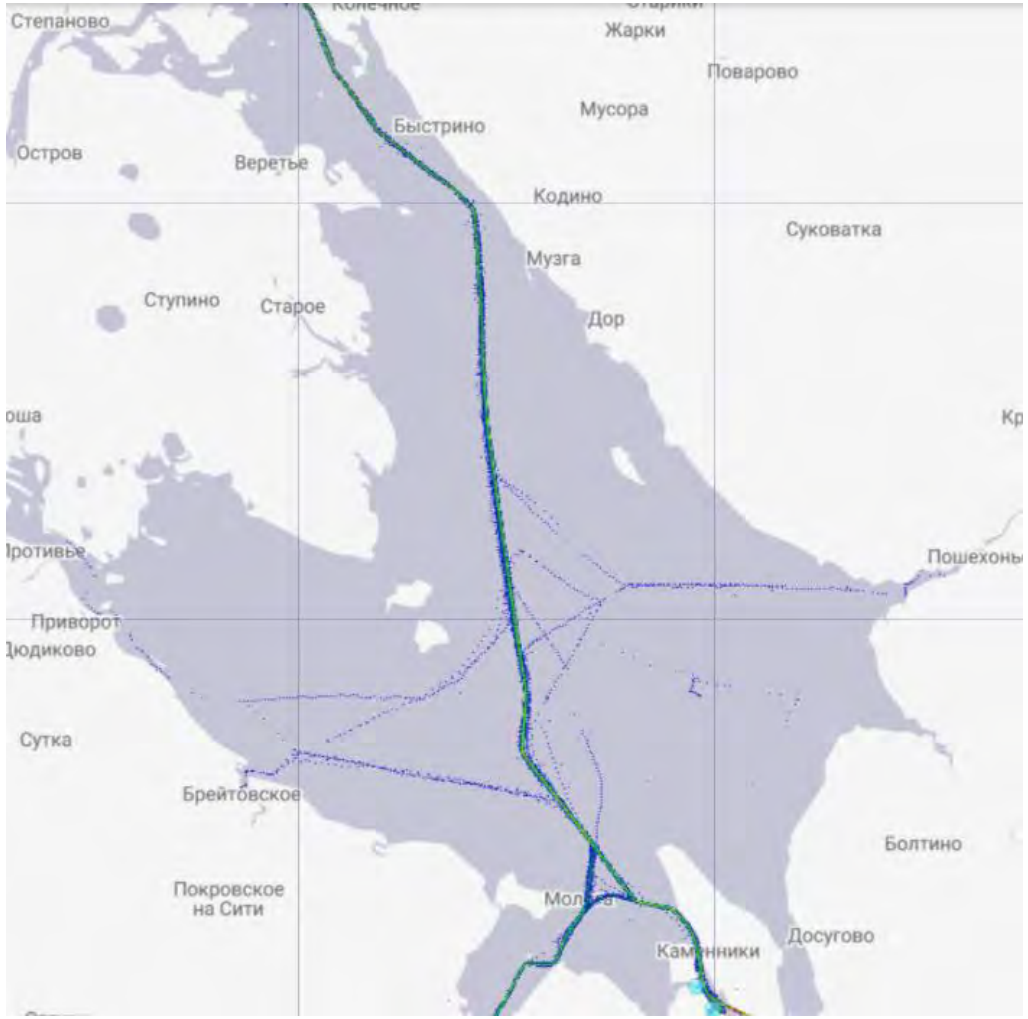


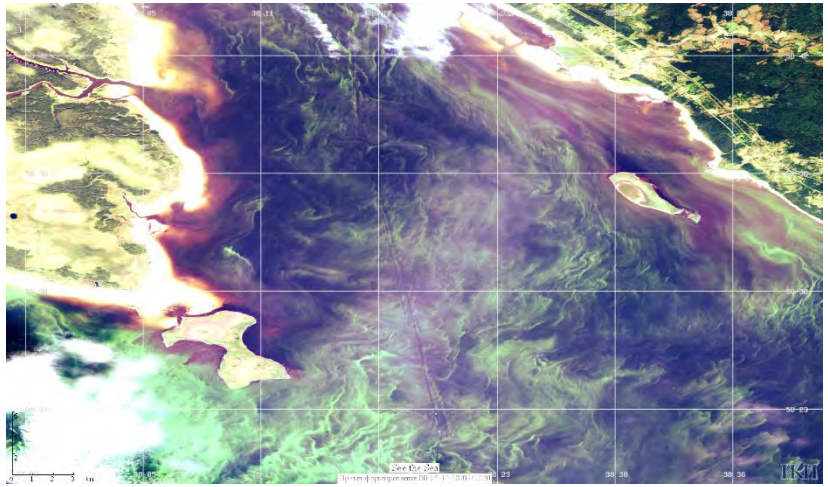
Осадки в период 2013-2019гг.

- 2017г – максимальное количество осадков (минимальная интенсивность)
- 2014г – минимальное количество осадков (максимальная интенсивность)

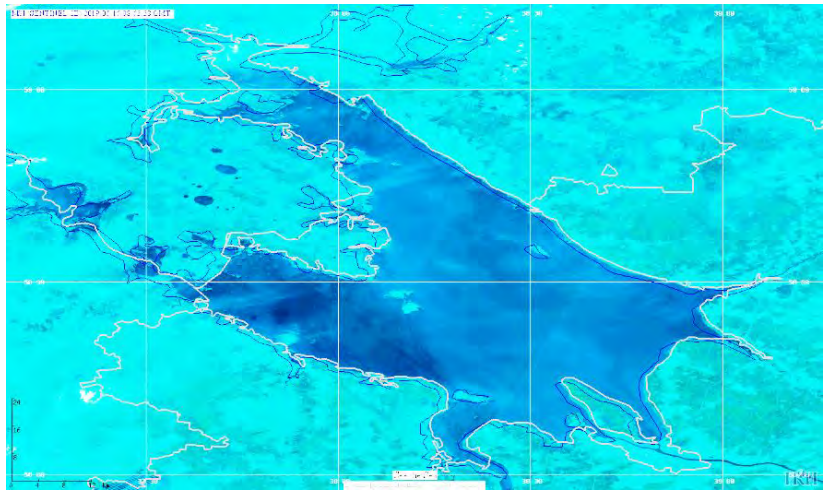


Судоходство





12.09.2014 OLI LANDSAT 8

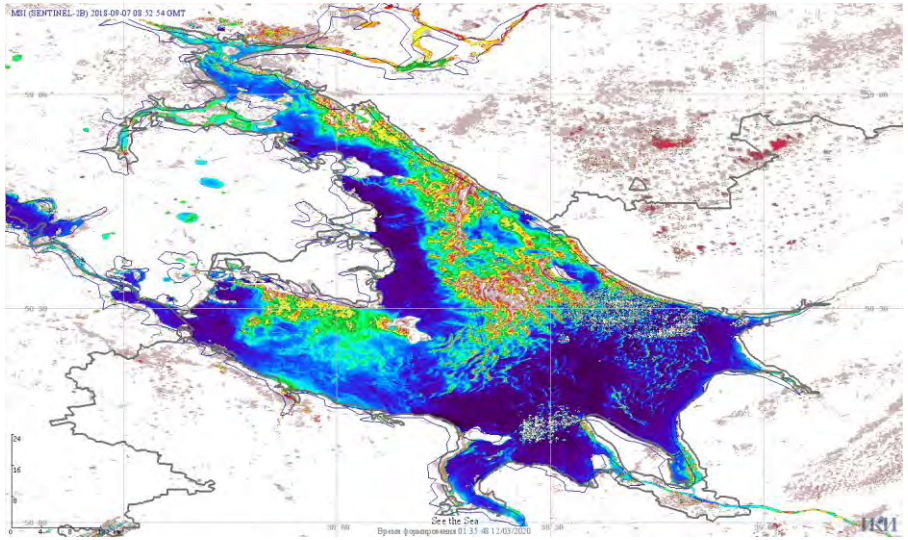


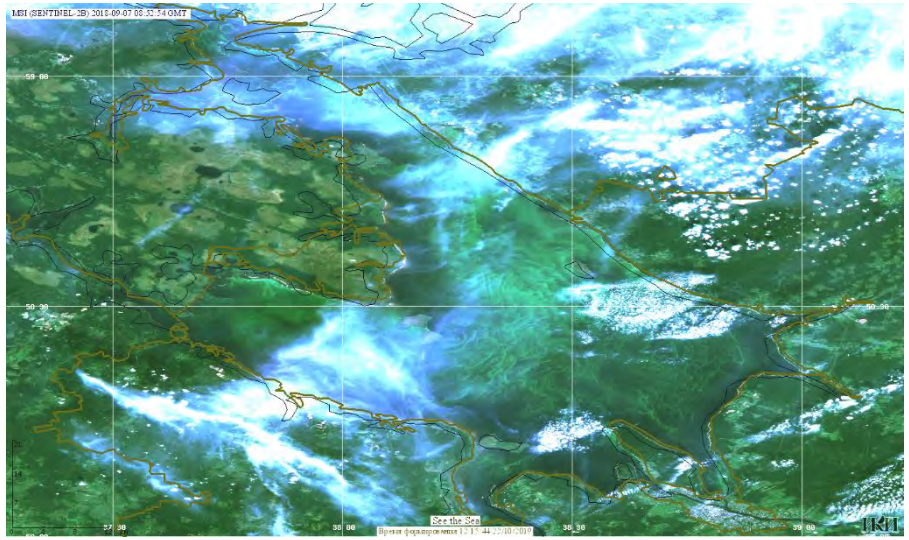
15.05.2019 MSI SENTINEL – 2B

Определение FAI*

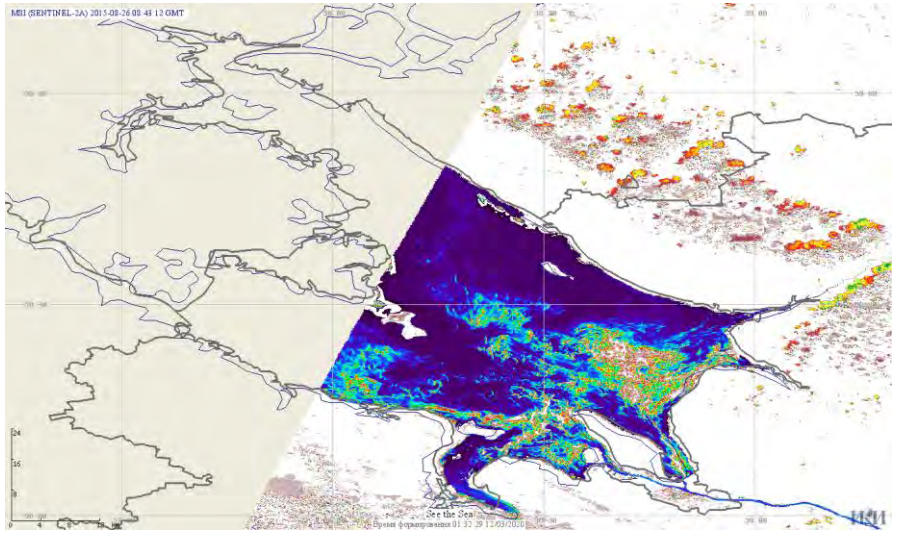
*floating algae index

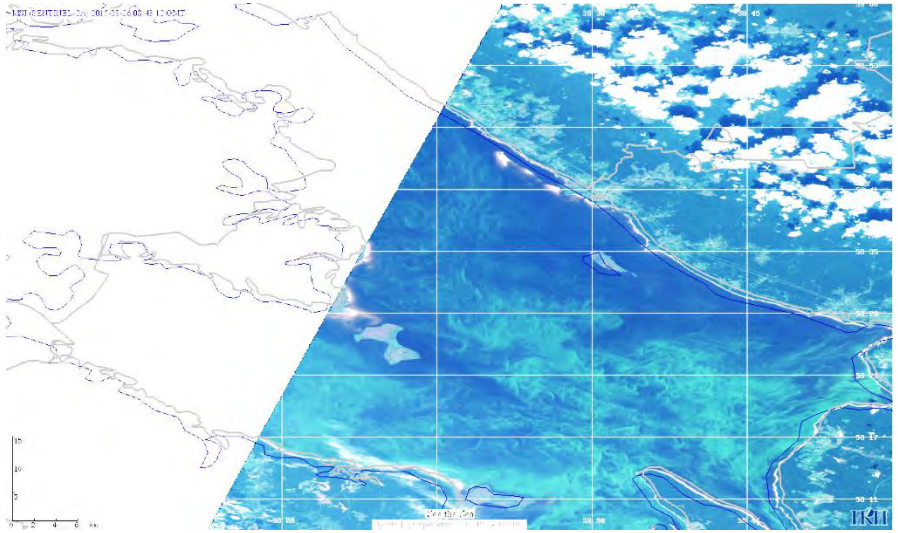
FAI=(reflectanceNIR-reflectanceRED-0.22*(reflectanceSWIR-reflectanceRED)





07.09.2018
MSI SENTINEL – 2B

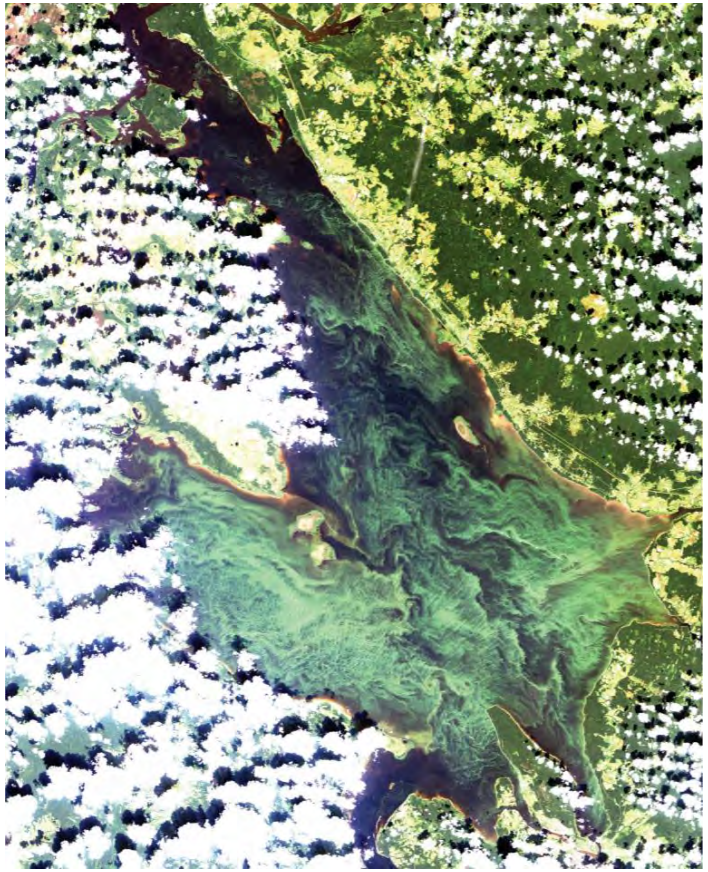




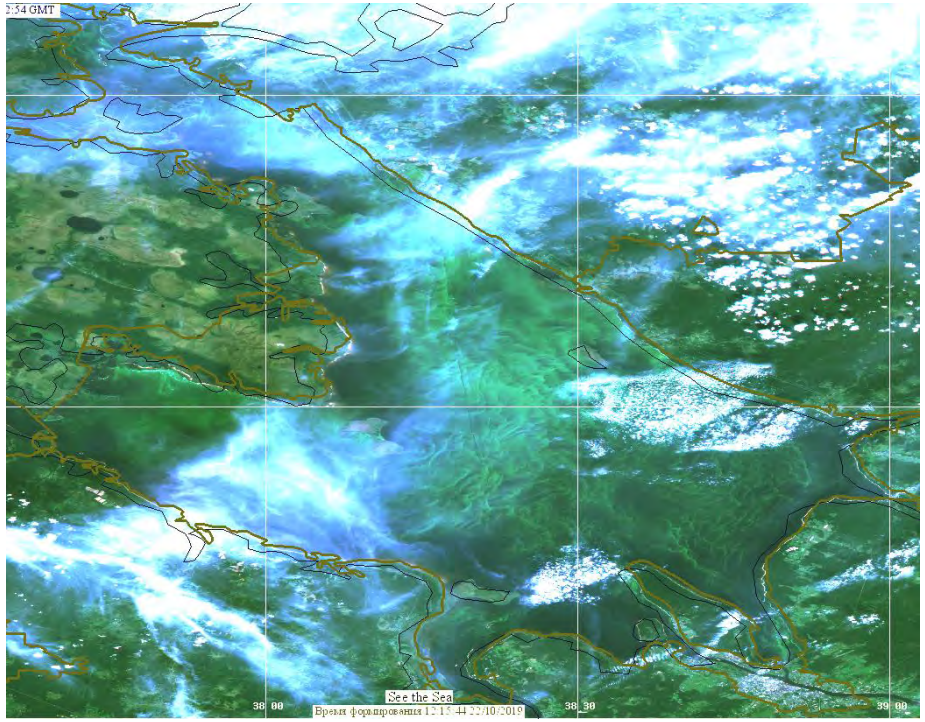
26.08.2015
MSI SENTINEL – 2A

Сравнение с раннее проведенными работами (1): сине-зеленые водоросли

Раннее были проведены работы, описанные в статье «Спутниковый мониторинг интенсивного цветения водорослей в Рыбинском водохранилище» Лаврова О.Ю. и др., 2014

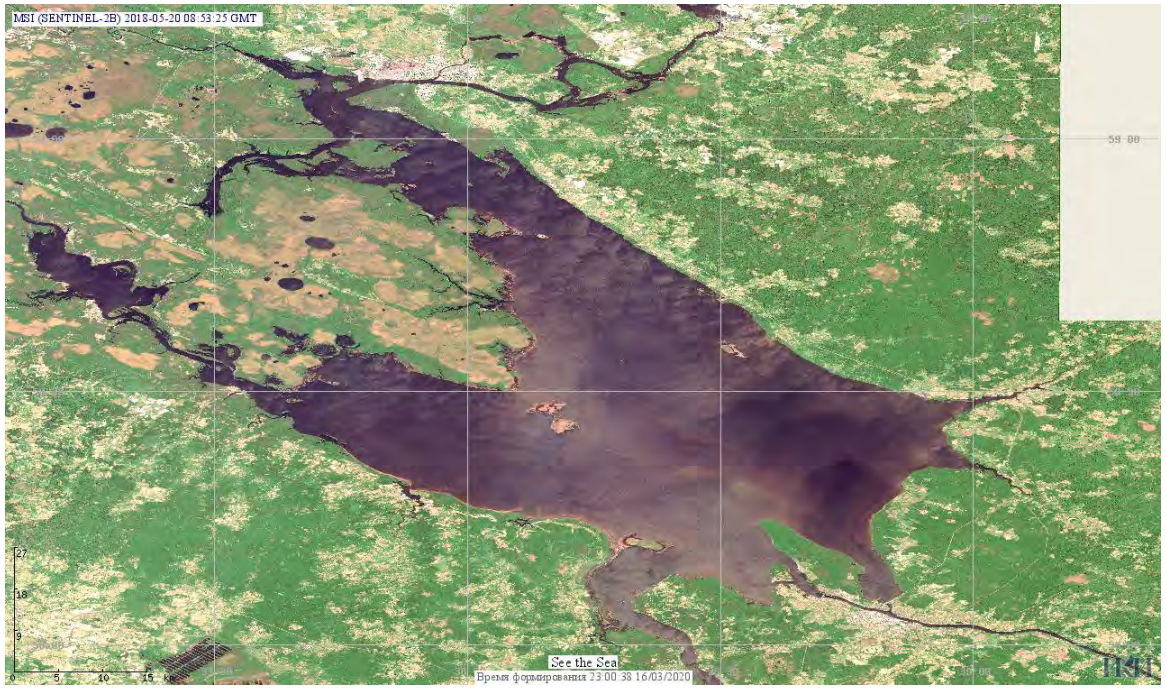


12.08.2000 Landsat-7

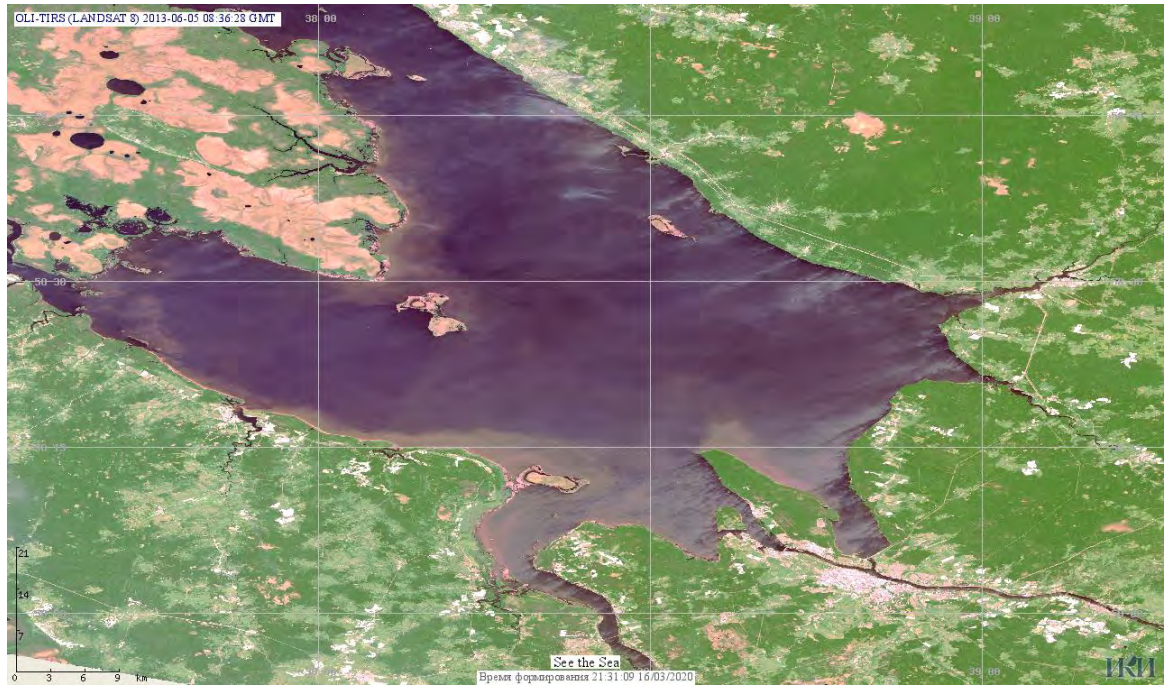


07.09.2018 MSI SENTINEL – 2B

Сравнение с раннее проведенными работами (2): диатомовые водоросли



20.05.2018 MSI SENTINEL-2B



05.06.2013 OLI LANDSAT 8

Выводы:

1. Были отобраны и проанализированы спутниковые изображения MSI Sentinel-2 и OLI Landsat 8 Рыбинского водохранилища за 2013-2019гг.
2. Проведено сравнение полученных результатов с результатами прошлых лет, которое показало, что площади, занятые цветением диатомовых водорослей, резко увеличились, а площади цветения цианобактерий не достигли максимума, выявленного в 2000г.
3. Установлены возможные факторы влияния, такие как: температура воздуха, осадки, освещенность и судоходство на интенсивность цветения фитопланктона в акватории.
4. Самое интенсивное цветение цианобактерии пришлось на 2014г, что связано с минимальным количеством осадков, высокой средней температурой воздуха и количеством безоблачных дней, а диатомовых водорослей на 2017г., где наблюдалась холодная ранняя весна.
5. Главный плёс – район с наибольшей площадью цветения.
6. Области цветения цианобактерий имеют максимальную спектральную отражательную способность на 740-780нм (6 канал), а диатомовые – на 655-680нм (4 канал).

Благодарности:

Подбор, обработка и анализ спутниковых изображений проводился с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-мониторинг», в частности с помощью информационной системы See The Sea, развиваемой и поддерживаемой в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164).

Спасибо за внимание!