

# **Подспутниковые комплексные исследования зон цветения фитопланктона в Горьковском водохранилище**

*Даниличева О.А.<sup>1</sup>, Ермаков С.А.<sup>1,2</sup>, Капустин И.А.<sup>1,2</sup>, Ермошкин А.В.<sup>1</sup>, Лазарева Т.Н.<sup>1</sup>,  
Лецев Г.В.<sup>1</sup>, Доброхотова Д.В.<sup>1</sup>, Сергиевская И.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Институт прикладной физики РАН

<sup>2</sup>Волжский государственный университет водного транспорта

*Работа выполнена в рамках Госзадания 0030-2021-0006, соглашения с Минобрнауки  
№075-15-2020-776, а также гранта РГО 17\_2022-Р “Экспедиция Плавающий университет  
Волжского бассейна”.*

2022 г.

# АКТУАЛЬНОСТЬ



Интенсивное “цветение” фитопланктона вызывает снижение прозрачности воды, уменьшение концентрации растворенного кислорода, резкое повышение уровня содержания токсинов в воде и т.д., что приводит к массовой гибели рыбы, нарушению нормальной работы водоочистных сооружений, непригодность использования воды как питьевой и пр.

Для развития методов экологического мониторинга внутренних водоемов и прибрежных зон океана весьма актуальным является задача диагностики зон “цветения воды”, в частности с помощью радиолокационных систем.

Цель работы: анализ проявления зон интенсивного “цветения” фитопланктона в радиолокационных сигналах.

# Эксперимент



*Плавучая лаборатория ИПФ РАН «Геофизик»*

**Многопараметрический  
зонд качества воды : YSI  
EXO 2**



**Измеритель параметров  
ветра: цифровой анемометр  
WindSonic**



**+ Отбор проб поверхности  
ВОДЫ**

**Измерители параметров  
волнения: СВЧ-скаттерометры  
(длины волн 3 см и 8 мм)**

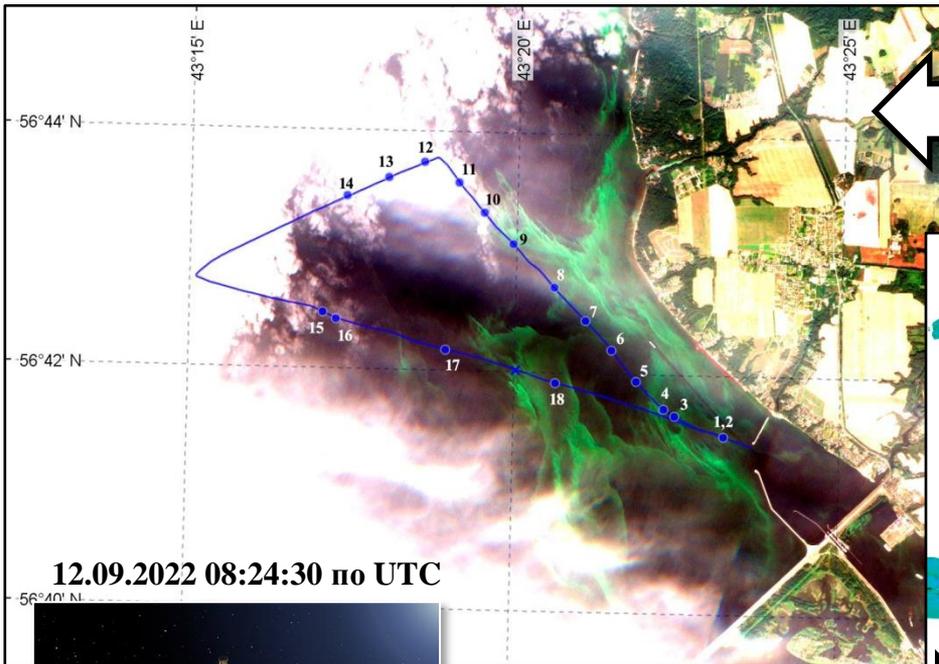


**Измеритель параметров течений:  
ADCP WH Sentinel 600 kHz**

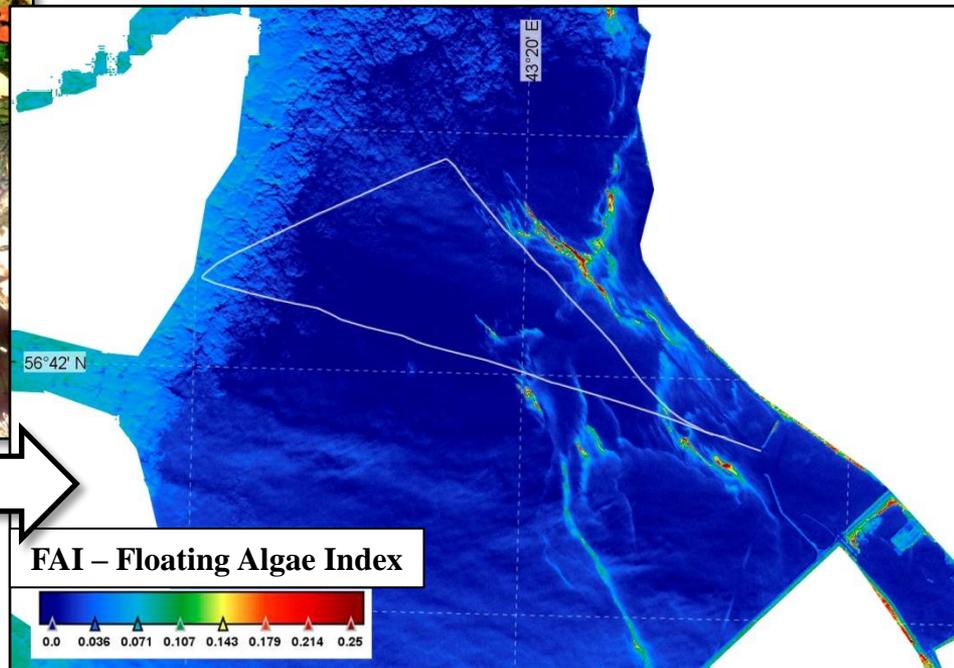


# Спутниковые данные

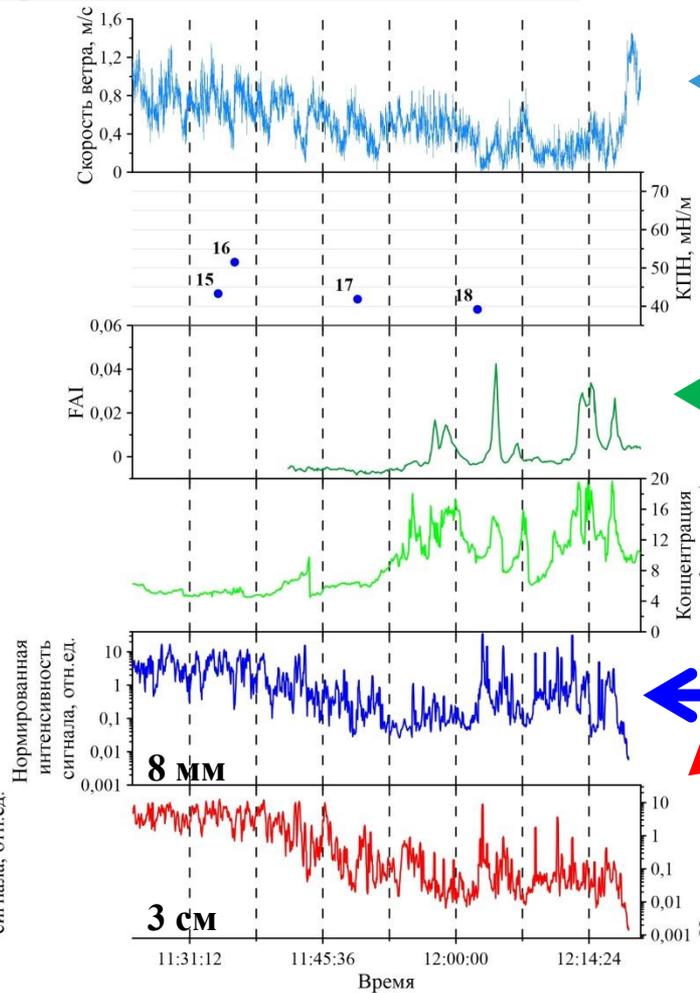
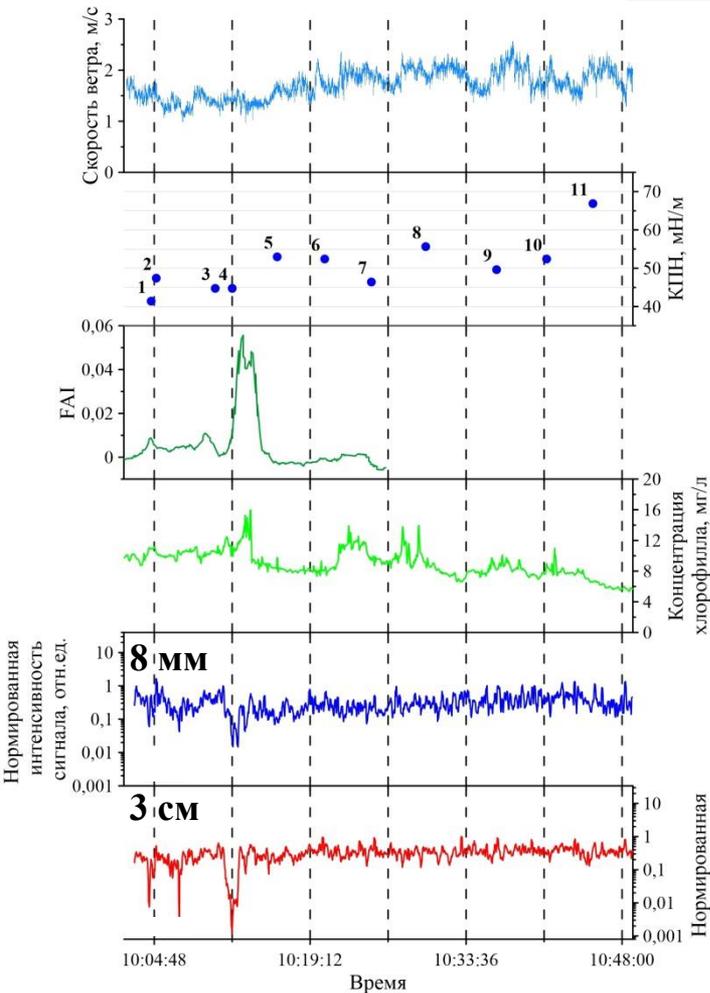
Спутниковое изображение в естественном отображении (комбинация красного (665 нм), зеленого (560 нм) и синего (490 нм) каналов) в момент проведения натуральных экспериментов. Синяя линия – траектория судна. Синие точки – области отбора проб поверхности воды.



Пространственное распределение плавающих на поверхности воды водорослей



# Полученные данные



Анемометр  
WindSonic

Пробы  
плёнок

Sentinel-2 MSI

Зонд  
YSI EXO 2

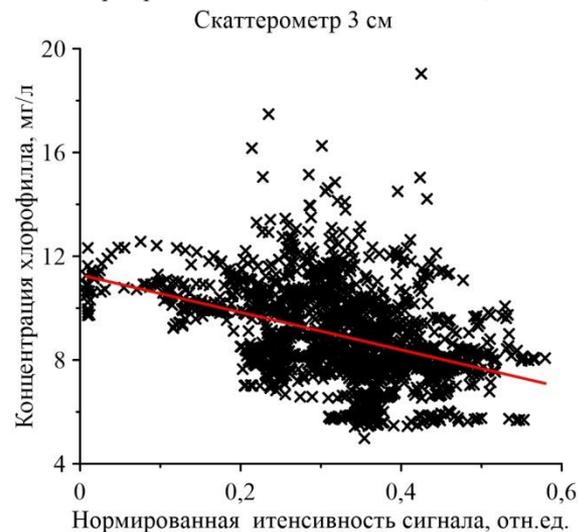
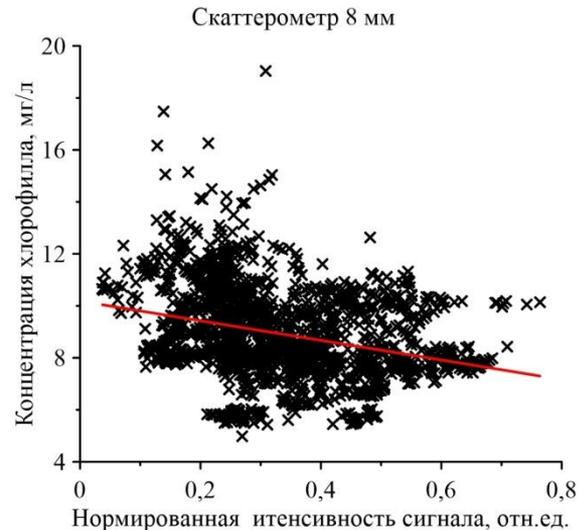
Скаттерометры

\*участок от пробы 12 до 14 не демонстрируется, поскольку на нём значения концентрации хлорофилла были квазиоднородны

# Результаты

Из полученных данных видно, что повышенное значение индекса FAI соответствует максимумам концентрации хлорофилла, что говорит о наличии толстых биогенных плёнок на поверхности воды в этих областях, которые наблюдаются благодаря скоплению сгустков водорослей и частиц (пыли, цвета растений, пыльцы и др.). Присутствие на поверхности воды таких толстых биогенных пленок подтвердили и полученные в эксперименте достаточно низкие значения коэффициента поверхностного натяжения в поверхностных пробах.

В целом, интенсивность сигналов СВЧ-скаттерметров снижалась в зонах сильного цветения из-за подавления мелкомасштабной ветровой ряби, что видно из анализа зависимости интенсивности радиолокационных сигналов от концентрации хлорофилла, например графики справа (для участка от пробы 1 до 11), хотя корреляция вариаций интенсивности радиолокационного рассеяния, концентрации водорослей и коэффициента поверхностного натяжения не всегда была высокой. Это может быть связано с рядом причин. Во-первых, в условиях достаточно высокой в целом концентрации биогенных пленок, вариации этой концентрации уже не приводят к сильным вариациям коэффициента затухания и, соответственно, вариациям интенсивности ветровой ряби. Во-вторых, пульсации скорости ветра маскируют эффект подавления волн пленками.



## Заключение

- Был проведен ряд натурных подспутниковых экспериментов на Горьковском водохранилище в период активного “цветения” фитопланктона с целью анализа проявления зон интенсивного “цветения” в радиолокационных сигналах;
- Было показано, что области повышенной концентрации фитопланктона могут проявляться в виде толстых биогенных плёнок на поверхности воды, которые наблюдаются как на спутниковых мультиспектральных изображениях за счёт сгустков водорослей и частиц (пыли, цвета растений, пыльцы и др.), так и в радиолокационных сигналах, за счёт гашения мелкомасштабной ветровой ряби в данных областях.

**Спасибо за внимание!**