

О физических механизмах перераспределения фитопланктона в акватории Горьковского водохранилища

Д.В. Доброхотова (1,2), И.А. Капустин (1, 2), А.А. Мольков (1,2), О.А.
Даниличева (1,2), , С.А. Ермаков (1, 3), Г.В. Лещев (1,2)

(1) Институт прикладной физики РАН,

(2) Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,

(3) Волжский государственный университет водного транспорта

Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» ННГУ (№ темы Н-468-99_2021-2023), обработка архивных данных по течениям выполнена в рамках госзадания ИПФ РАН (№ 0030-2021-0006).

Введение

В период с июля по сентябрь в водохранилищах Волжского каскада наблюдается активное «цветение» вод, при этом по акватории фитопланктон распределяется неоднородно. На перенос и перераспределение биомасс, в разной степени оказывают влияние различные геофизические факторы, а именно режим работы ГЭС, неоднородные течения, ветер, собственное цветение фитопланктона.

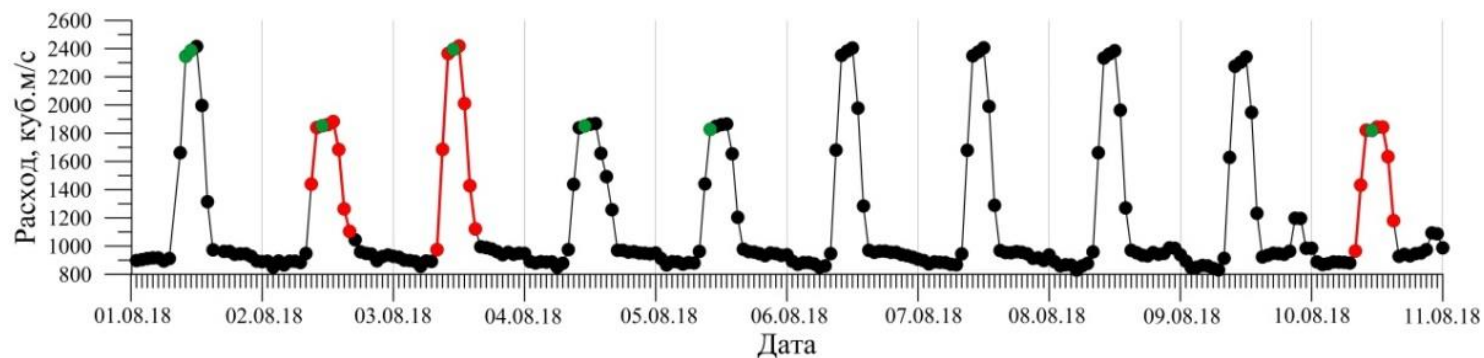
Настоящая работа посвящена анализу данных серии натурных подспутниковых экспериментов (2018 года), проведенных в период наиболее интенсивного «цветения». Целью работы является качественная оценка эффектов влияния режима работы ГЭС, – одного из важнейших гидрофизических факторов, на неоднородное распределение фитопланктона по акватории водохранилища.

Натурные измерения и условия экспериментов

Эксперименты проводились 2, 3 и 10 августа 2018 г. в южной части Горьковского водохранилища. С борта плавучей лаборатории ИПФ РАН «Геофизик» проводились измерения скорости ветра (WindSonic) и течений (ADCP), с помощью зонда Moldaenke FluoroProbe III оценивалась концентрация и групповой состав фитопланктона.

Условия эксперимента (Среднее за 01.08 – 10.08 2018 г) :

- Температура воды – 22-24 °С;
- Температура воздуха – 17 ночью, 26 днем;
- Ветер – Северный, Северо-западный 1-2 м/с;
- Осадки с 4 по 8 августа – в среднем 7,5 мм в день



Почасовые расходы через ГЭС (Q) за 1.08.18 – 11.08.18. Красные линии – время проведения натурных подспутниковых измерений. Зеленые точки – моменты спутниковой съемки

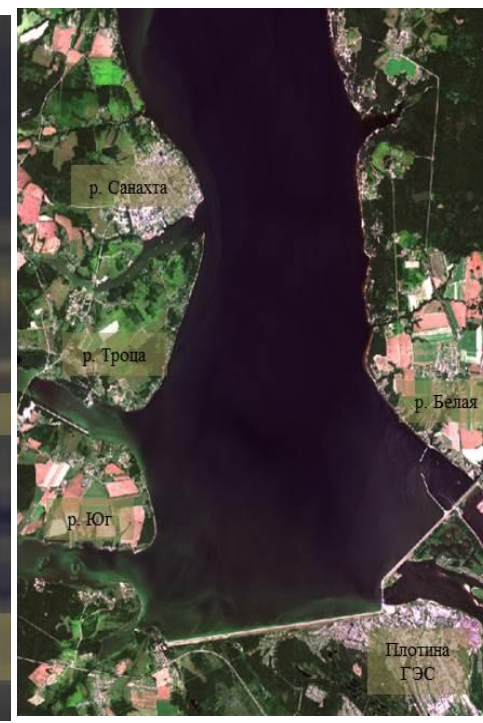


- с 1 по 5 августа чередование максимальных и средних значений расхода
- с 6 по 9 августа увеличение до максимальных значений расхода (корреляция с осадками)

Распределение фитопланктона по акватории

Верховье водохранилища

Южная часть Горьковского вдхр.



1 августа
Landsat 8 (30м)
 $Q = 2415 \text{ м}^3/\text{с}$

2 августа
Sentinel-2 (10м)
 $Q = 1883 \text{ м}^3/\text{с}$



Выносы рек Волга, Немда, Унжа

1 августа
Sentinel-3 (300 м)

2 августа
Sentinel-2 (10м)

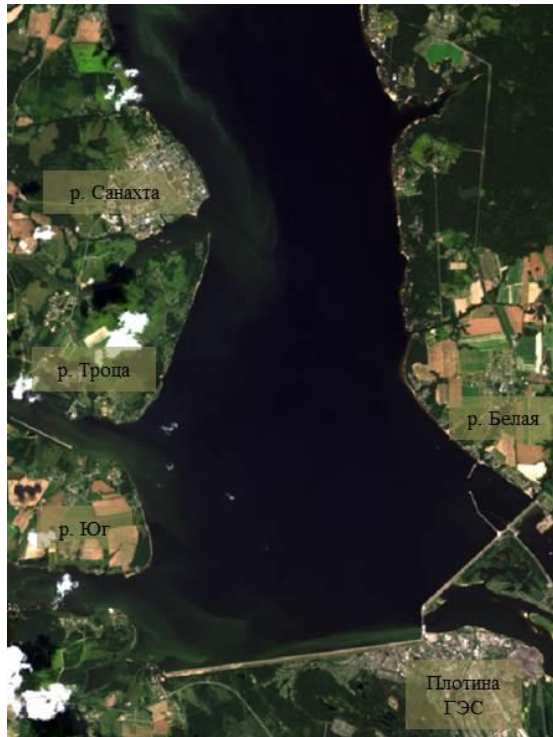


$V_{\text{русло}} = 10 \text{ м/с}$ $V_{\text{пойма}} = 6 \text{ м/с}$

Скопление фитопланктона в притоках Волги.

Относительно чистая поверхность вдхр. 4

Распределение фитопланктона по акватории



3 августа

Sentinel-2 (10м)

$Q = 2418 \text{ м}^3/\text{с}$ $V_{\text{русло}} = 15 \text{ м/с}$ $V_{\text{пойма}} = 6 \text{ м/с}$



По правому берегу выносы
речных «цветущих» вод

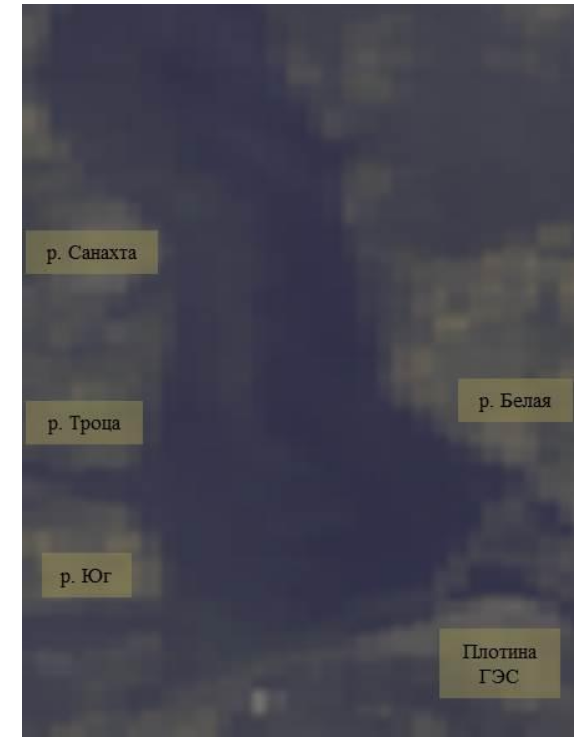


4 августа

Sentinel-2 (10м)

$Q = 1870 \text{ м}^3/\text{с}$

Водоросли преимущественно сконцентрировались в
старом русле Волги



5 августа

Sentinel-3 (300 м)

$Q = 1866 \text{ м}^3/\text{с}$



Распределение фитопланктона по акватории



10 августа
Landsat 8 (30м)

$$Q = 1844 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{\text{русло}} = 9 \text{ м/с} \quad V_{\text{пойма}} = 6 \text{ м/с}$$

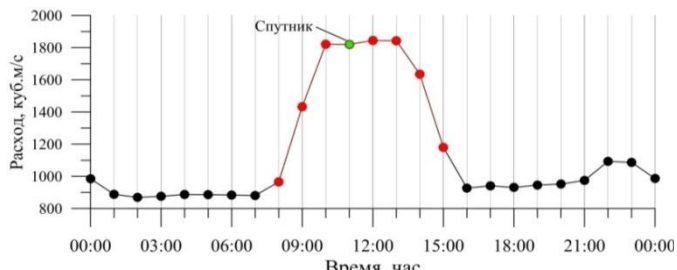


Сильно неоднородное распределение водорослей по всей акватории

Благоприятными условиями для цветения водорослей считаются скорости не выше 10 см/с

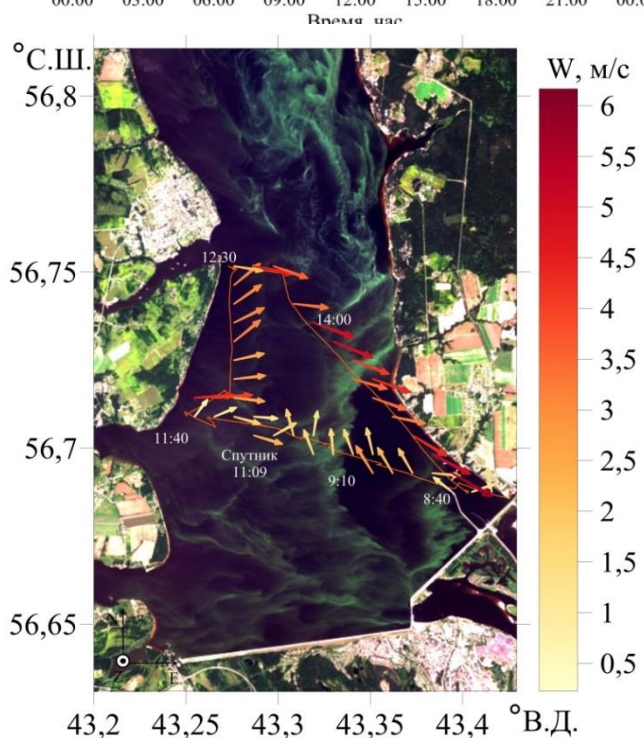
Небольшой расход через ГЭС приводит к подпору рек, где происходит интенсивное цветение фитопланктона. Последующее увеличение расхода приводит к образованию речных выносов и инъекции фитопланктона из рек. Фитопланктон под влиянием руслового потока, усиливающегося при увеличении расхода, распределились вдоль старого русла Волги. Под действием западного ветра, и возвратных течений над поймой (при ночном уменьшении расхода фитопланктон распределяется по всей акватории.

Неоднородность распределения фитопланктона

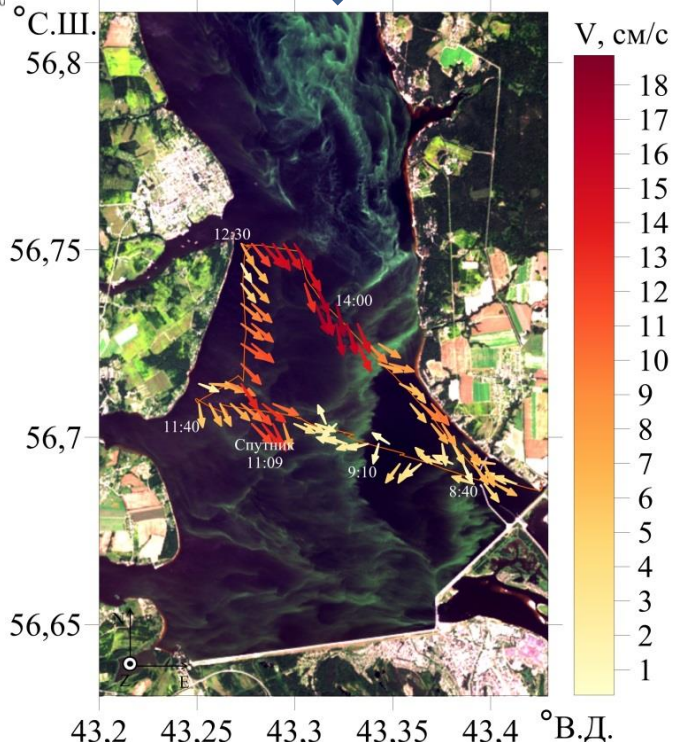


Почасовой расход через ГЭС за 10.08.2018

Изменение в структуре течений в зависимости от режима ГЭС



Векторное поле скорости ветра



Векторное поле течений на глубине 1 м

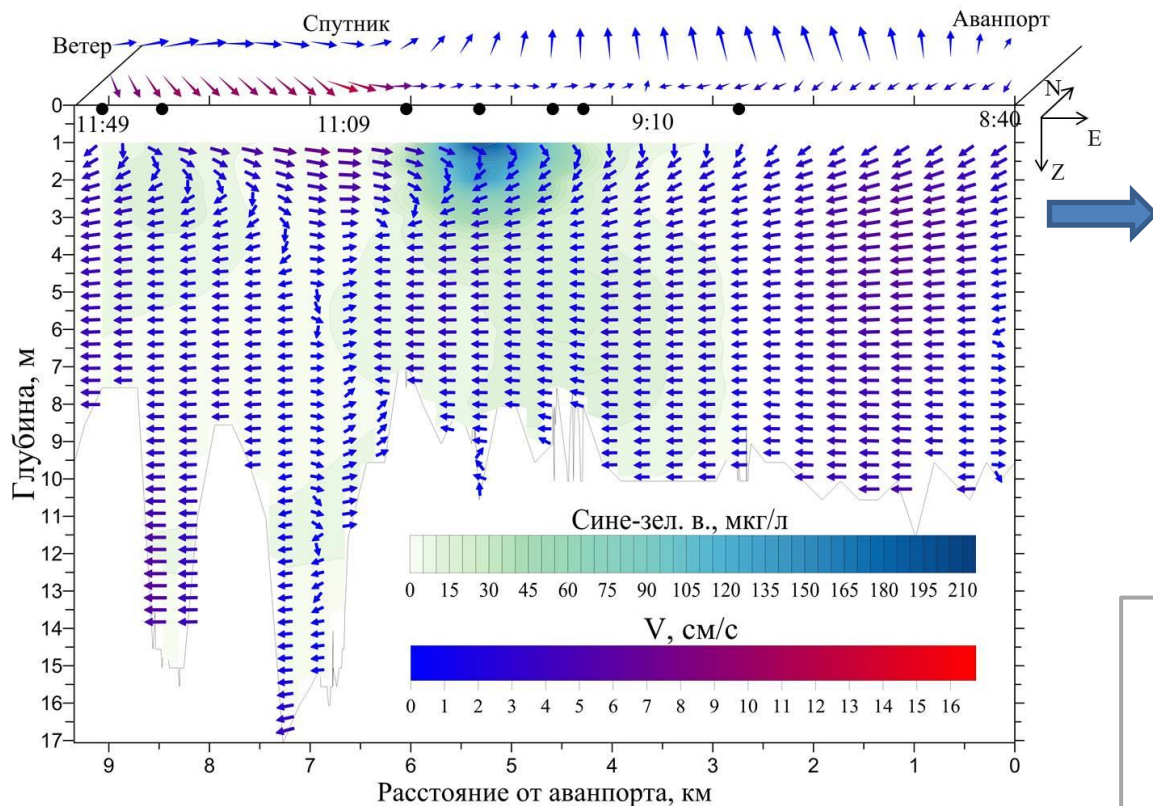
В верхней части трека:

- основной русловой поток с высокими значениями скорости течения
- усиление западного ветра

На нижнем галсе:

- сильная неоднородность в структуре водорослей, и течения
- смена направления ветра

Неоднородность распределения фитопланктона



Векторное поле течений в вертикальном срезе водохранилища, наложенное на цветное поле концентрации сине-зеленых водорослей. Направления течения и ветра на нижнем галсе

- Вблизи скопления фитопланктона – конвергентные потоки
- На поверхности в области столкновения потоков – обратное течение.
- Над область встречных течений – Юго-восточный ветер. К моменту пролета спутника – Западный ветер.

Локализация фитопланктона в виде наиболее массивной полосы в центре водохранилища – результат взаимодействия руслового и обратного встречных потоков

Выводы

- Переход между участками водной поверхности со слабо выраженным и интенсивным цветением сине-зеленых водорослей, происходит резко, в течение 10 дней.
- Важным механизмом, влияющим на активное появления фитопланктона в водохранилище, можно считать выносы «цветущих» речных вод, сток которых регулируются режимом работы ГЭС
- Последующее распределение фитопланктона по акватории определяется совместным действием факторов, вносящим совокупный вклад как в общее распределение фитопланктона по акватории, так и в локальное перераспределение, а именно:
 - режимом работы ГЭС и неравномерными речными выносами,
 - неоднородными течениями (зарегулированный русловой поток, обратные течения и круговороты).
 - изменчивостью поля ветра,
 - собственным развитием фитопланктона.
- К локальному перераспределению фитопланктона, в частности, могут приводить особенности течений, связанные с ростом и уменьшением расхода через ГЭС. Так массивные скопления фитопланктона могут образовываться в результате столкновения прямого и возвратного потоков с последующим образованием конвергентных зон. Около устьев рек под влиянием речных выносов в период пикового сброса фитопланктон выстраивается в виде дугообразных полос, очерчивая эти выносы.