



УДК 556.551+556.556.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИПЛОТИННОМ УЧАСТКЕ ГОРЬКОВСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА В 2022 ГОДУ**

**Гречушников Мария Георгиевна**, к.г.н., ведущий научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова, старший научный сотрудник ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 119231, г. Москва, Воробьевы горы, ГСП-1  
603022, г. Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23

**Доброхотова Дарья Васильевна**, младший научный сотрудник ННГУ им. Н.И. Лобачевского, младший научный сотрудник ИПФ РАН  
603022, г. Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.

**Капустин Иван Андреевич**, к.ф.-м.н., заведующий лабораторией ННГУ им. Н.И. Лобачевского, заведующий лабораторией ИПФ РАН,  
603022, г. Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.

**Мольков Александр Андреевич**, к.ф.-м.н., заведующий лабораторией ННГУ им. Н.И. Лобачевского, старший научный сотрудник ИПФ РАН,  
603022, г. Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.

**Лещев Георгий Владимирович**, техник ННГУ им. Н.И. Лобачевского, инженер-электрик ИПФ РАН,  
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Институт прикладной физики РАН  
603022, г. Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.

*Аннотация. Работа посвящена изучению влияния режима Нижегородской ГЭС на пространственное изменение температуры воды, содержание органических веществ в донных отложениях, эмиссию метана, скоростей и направлений течений. По данным экспедиционных наблюдений в мае и августе 2022 г. получены характерные масштабы изменений указанных характеристик, их поперечная неоднородность, а также оценена дальность влияния ГЭС.*

*Ключевые слова: влияние ГЭС, течения, температуры воды, поток метана, растворенный кислород, стратификация.*

В связи с влиянием ГЭС на поле течений в верхнем бьефе водохранилищ на прилегающей акватории создаются особые условия формирования гидроэкологического режима, нехарактерные для вышерасположенных районов. В настоящее время активно изучается вопрос эмиссии метана водохранилищами, поэтому для уточнения такого рода оценок необходимо учитывать пространственную неоднородность эмиссии, которая может быть вызвана, в том числе и работой гидроагрегатов.

Для изучения этого вопроса авторами проведены две измерительные кампании 25-26 мая и 24-25 августа 2022 г. Схемы расположения станций измерений и отбора проб приведены на рис. 1.

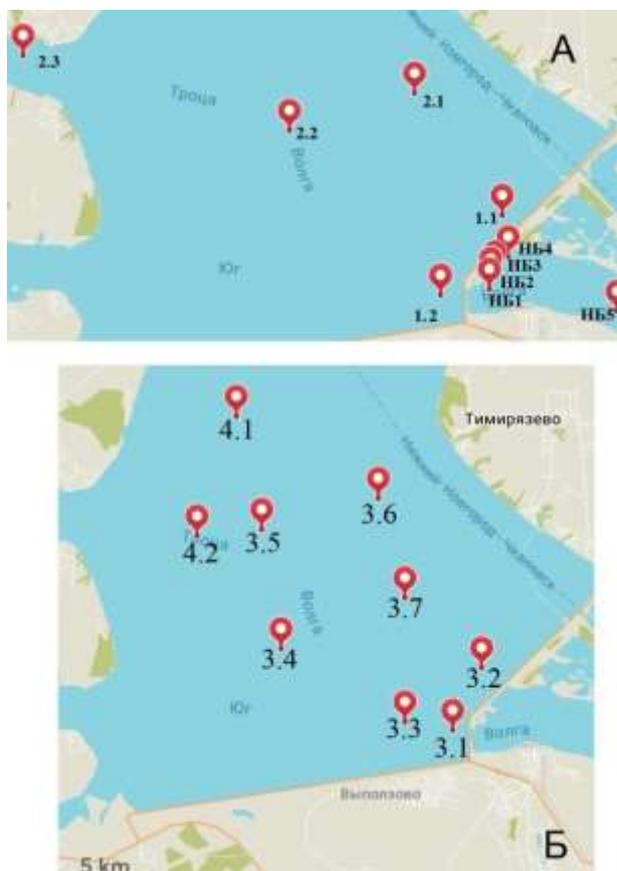


Рис.1. Схема расположения станций измерений и отбора проб воды и грунта 25-26 мая (А) и 24-25 августа (Б).

Съемки проводились с плавучей лаборатории «Геофизик». Расположение станций выбиралось с целью охвата измерениями различных морфологических частей затопленной долины: русло (станции 1.2, 2.2, 3.1, 3.3, 3.4, 3.5, 4.1, 4.2), пойма (1.1, 2.1, 3.2, 3.6, 3.7), приустьевой залив р. Троицы (2.3). Перечень работ на станциях: измерения вертикального распределения температуры воды, растворенного кислорода, электропроводности (кондуктометром YSIPro30 и оксиметром YSIProODO), мутности воды (турбидиметром HACH 2100P), прозрачности воды диском Секки, отбор проб воды на содержание метана в придонном и поверхностном горизонтах, измерение потока метана методом камер [1, 2], отбор проб грунта. Дополнительно проведены эксперименты для определения потоков веществ на границе «вода – донные отложения (ДО)» методом трубок Кузнецова-Романенко [3]. Содержание  $\text{HCO}_3^-$  в трубках проводилось по стандартной гидрохимической методике (ГОСТ 31957-2012) в полевой лаборатории, организованной на плавучей лаборатории «Геофизик». Содержание органического вещества (ОВ) в грунте определено методом потерь веса при прокаливании. По ходу движения плавучей лаборатории «Геофизик» непрерывно измерялись скорость и

направление течения прибором ADCP WorkHorse Monitor 1200 kHz. Результаты работ приведены в табл. 1 и 2. Отсутствие данных в некоторых ячейках связано либо с волнением, не позволившим провести измерения, либо с невозможностью выполнить пробоотбор из-за особенностей грунта.

Таблица 1

**Результаты измерений гидроэкологических характеристик (нд – нет данных).**

Станция	Глубина, м	Тлов-Тдно, °С	ОВ в ДО, %	Диффузионный поток СН <sub>4</sub> из ДО, мгС/м <sup>2</sup> сут	СН <sub>4</sub> , мкл/л (пов/дно)	Удельный поток СН <sub>4</sub> , мгС/м <sup>2</sup> сут	ППВ, мгО/м <sup>2</sup> сут	Аэробная деструкция, мгС/м <sup>2</sup> сут	Общая деструкция, мгС/м <sup>2</sup> сут	Мутность, NTU (пов/дно)	рН (пов/дно)
25-26 мая 2022 г.											
1.1	8	0,5	4	нд	2,6/1,6	нд	25	нд	нд	14/7	8,4/8,2
1.2	8	0,1	6,7	0,034	1,5/1,3	нд	32	58	140	6/10	8,1/8,0
2.1	11	1,4	23,3	0,20	3,7/2,7	2,5-8,0	84	177	181	6/нд	8,1/нд
2.2	16	1,1	17,4	1,89	1,5/2,0	0,25	108	135	193	6/12	8,1/8,1
2.3	9	1	11,8	0,14	3,1/3,1	1,9	98	213	272	5/5	8,1/8,1
24-25 августа 2022 г.											
3.1	20	0,9	1,9	нд	0,5/1,4	0,5	нд	нд	нд	/4,8	8,5/8,3
3.2	8,5	2,0	8,6	1,89	0,4/0,5	1,8	235	262	418	/5,5	8,4/8,1
3.3	14,5	2,2	7,1	3,34	0,5/4,3	468	176	88	913	/10,7	8,2/7,8
3.4	9,5	2,8	13,9	0,35	0,6/3,3	0,1	309	221	974	/5,4	8,3/8,0
3.5	18,5	3,2	17,1	2,45	0,4/61,9	1,7	349	334	366	/6	8,7/8,1
3.6	9	2,9	нд	нд	0,9/15,9	974	315	254	312	/6,3	8,9/8,4
3.7	9,5	2,9	10,3	0,06	0,9/0,7	нд	362	317	515	/4,6	8,9/8,1
4.1	18	3,1	16,2	0,95	0,2/0,2	1,9	424	352	229	6/24	8,6/8,1
4.2	17,5	3,1	14,9	8,13	0,2/1,1	3,1	235	262	418	11,4/30,9	9,0/7,8

На станциях, удаленных от плотины, несмотря на проточность водохранилища разность между придонной и поверхностной температурой воды больше, даже в прохладную погоду в конце мая. На станциях вблизи плотины на расстоянии до 2 км содержание ОВ в грунте не превышает 10%. На удалении 4-5 км оно повышается до 10-14% и только на удалении 6-7 км возрастает до 14-17%. Закономерно изменяются и характеристики, обусловленные взаимодействием придонного слоя воды с донными отложениями: потребление кислорода придонной водой имеет наименьшие значения у плотины и возрастает при удалении от нее в мае в 3-4 раза, в августе в 1,5 раза. На русловых станциях общая деструкция больше, чем на пойменных, что может быть связано с лучшей аэрацией при большей проточности этого участка, а также со взмучиванием донных отложений. При этом поток метана с поверхности воды над русловыми станциями меньше. Наибольшая его величина обнаружена в районе левобережной поймы (ст. 2.1 и 3.6).

Особый режим обнаружен на ст. 3.3. Она уже достаточно удалена от плотины, чтобы на этом участке ил не смывался полностью, но все еще испытывает динамическое

воздействие плотины: на этой станции наблюдаются максимальные величины потока метана из ДО и с поверхности, что говорит о роли взмучивания.

По результатам отбора проб бентоса выявлено, что приплотинный отсек небогат донными организмами. В отложениях на станциях 1.1 и 2.2 бентос не обнаружен, биомасса хирономид на 1.2, 2.1 и 2.3 составила 1,7, 4,4 и 0,9 г/м<sup>2</sup> соответственно, а биомасса моллюсков на 1.2 – 6,8 г/м<sup>2</sup>, что отличается от данных, приведенных для всего приплотинного плеса в [4].

На станциях 1.1, 1.2 были проанализированы поля течений в толще воды и получены профили течений по глубине. Результаты представлены на рис. 2-5.

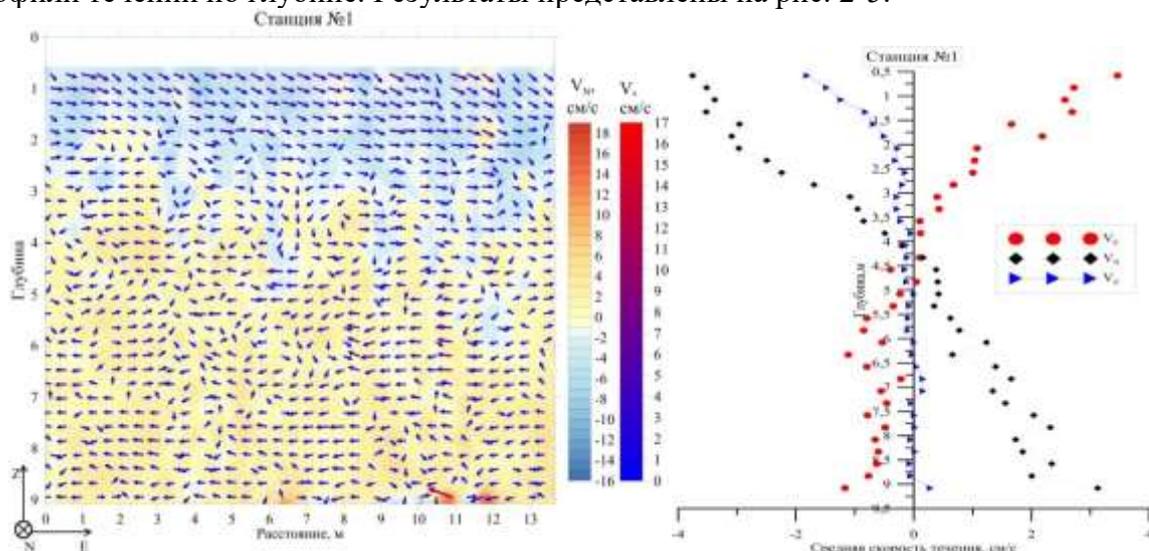


Рис. 2. Векторный контур и профили течений на станции 1.1 25 мая 2022.

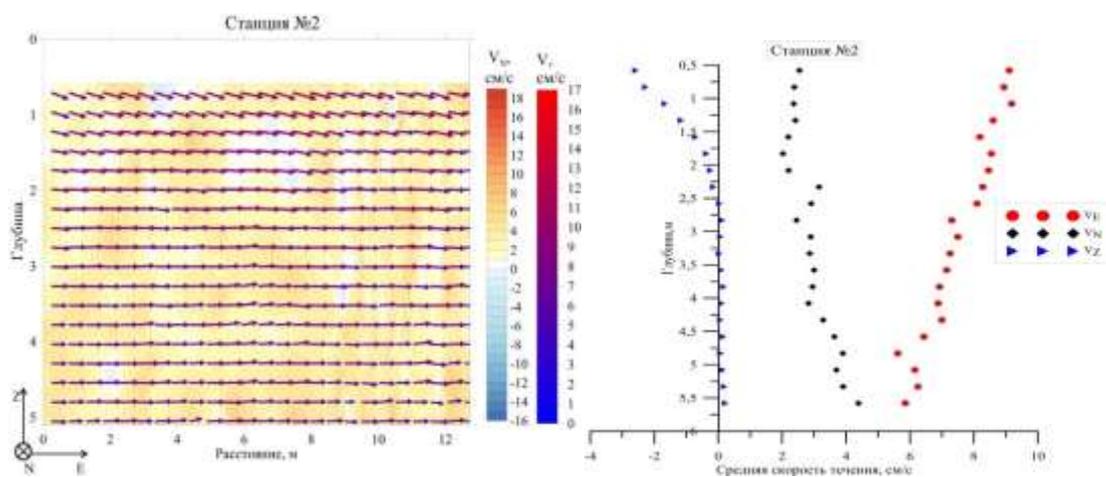


Рис. 3. Векторный контур и профили течений на станции 1.2 25 мая 2022.

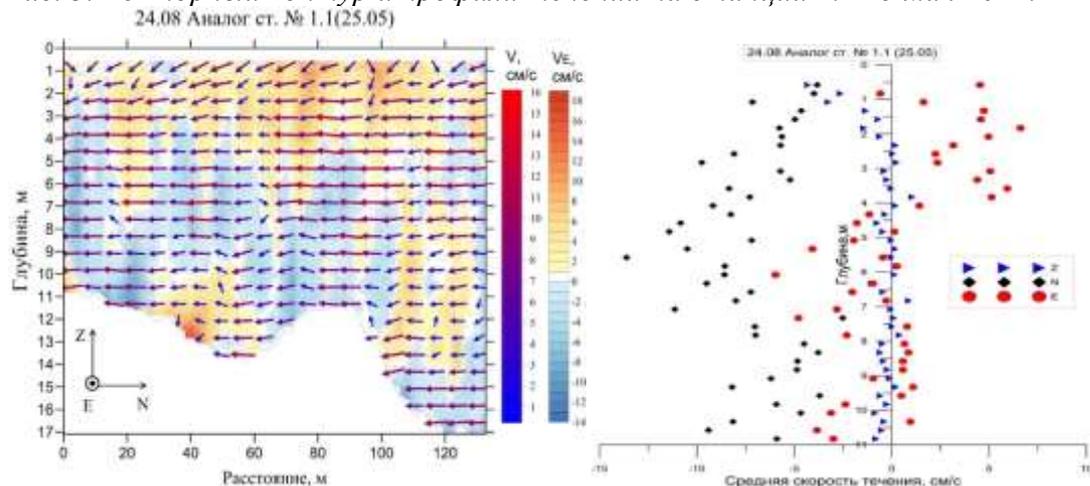


Рис. 4. Векторный контур и профили течений на станции 1.1 24 августа 2022.

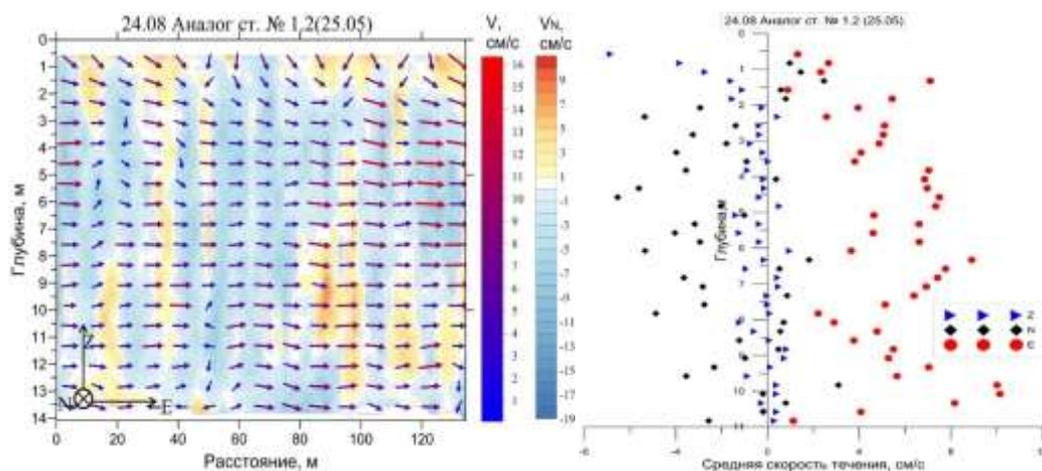


Рис. 5. Векторный контур и профили течений на станции 1.2 24 августа 2022.

Течение на обеих станциях в обе съемки характеризуется наличием отрицательной компоненты вертикальной скорости в верхнем слое порядка 2-2,5 м. Течения направлены в сторону ГЭС и усиливаются по мере приближения к ней. На станции 1 (пойма, пристеночная часть) вектор горизонтальной скорости поворачивается с глубиной, профиль скорости имеет минимум на глубине 4 метра, далее скорость растет с глубиной. Природа течения преимущественно ветровая, разворот течения краевой эффект - влияние стенки. На контуре скорости на станции 1.1 виден высокий уровень изменчивости скорости, что, по-видимому, связано с высоким уровнем турбулентности из-за наличия сдвига скорости. Масштаб вихрей порядка нескольких метров. Длина вектора скорости 5-6 см/с в верхнем слое, и порядка 3 см/с в придонном слое. На станции 1.2 (прирусловая часть) течение более однородное по глубине, длина вектора скорости 10-12 см/с в верхнем слое и порядка 7 см/с у дна. Средняя скорость по глубине у плотины в мае составила 15 см/с, в августе 8 см/с.

В районе станции 1.1 влияние ГЭС не такое сильное (хотя и есть небольшое отклонение, судя по векторам на рис. 2 и 3) и течение в верхнем слое преимущественно ветровое. При этом в нижнем слое течение противоположенное с вертикальной компонентой, что является краевым эффектом - опускание воды вдоль дамбы. В районе станции 1.2 течение русловое, векторы скорости направлены к ГЭС. Таким образом станции принципиально различаются характером течения, что, предположительно, является причиной различий гидроэкологических характеристик, рассмотренных выше.

Работы выполнены в рамках реализации Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» ННГУ (№ темы Н-468-99\_2021-2023).

### Список литературы

1. Bastviken D., Cole J., Pace M., Tranvik L. Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2004. – Vol.18. – 12 p.
2. Bastviken D, Santoro AL, Marotta H, Pinho LQ, Calheiros DF, Crill P, Enrich-Prast A. Methane emissions from Pantanal, South America, during the low water season: toward more comprehensive sampling. // *Environ Sci Technol*. – 2010. – 44(14). – P.5450-5455. doi: 10.1021/es1005048.
3. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. / Романенко В.И. – Л.: Наука, 1985. – 294 с.

4. Фролова Е.А., Баянов Н.Г., Минин А.Е., Минина Л.М. Макрозообентос Горьковского водохранилища. Таксономическая структура и количественное развитие. // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П.Г. Смидовича. – Вып. 25. – 2020. – С. 381-392.

**STUDY ON THE VARIABILITY OF HYDRO-ECOLOGICAL  
CHARACTERISTICS IN THE UPSTREAM SECTION OF THE GORKI RESERVOIR  
IN 2022**

Maria G. Grechushnikova, Aleksandr A. Molkov, Ivan A. Kapustin, George V. Leshchev,  
Daria V. Dobrokhotova

*Abstract. The work is devoted to the study of the influence of the Nizhny Novgorod hydroelectric power plant (HPP) on the spatial change in water temperature, organic matter content in bottom sediments, methane emissions, velocity and direction of currents. According to the data of expedition observations in May and August 2022, the characteristic scales of changes in these characteristics were obtained, the range of the HPP influence and transverse heterogeneity were revealed.*

*Keywords: Hydroelectric power station, currents, water temperatures, methane flow, dissolved oxygen, stratification.*