



«ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ
ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА»
(«ВОЛГА 2019»)

Труды 4-й всероссийской научной конференции
Выпуск 2, 2019 г.



ISBN 978-5-901722-65-7

УДК 556.044

Вострякова Дарья Васильевна, старший лаборант-исследователь отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН

Капустин Иван Александрович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН, старший научный сотрудник кафедры ГТК и ЭБС ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Мольков Александр Андреевич, к.ф.-м.н., научный сотрудник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН, старший научный сотрудник кафедры ГТК и ЭБС ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Ермаков Станислав Александрович, д.ф.-м.н., заведующий отделом радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН, заведующий кафедрой ГТК и ЭБС ФГБОУ ВО «ВГУВТ», профессор

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПФ РАН), 603950, г. Нижний Новгород. БОКС - 120, ул. Ульянова, 46.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Работа выполнена при поддержке РГО (проект № 02/2019-Р) и РФФИ проекты 18-45-520004 p_a и 17-05-41095 РГО_a.

СТРУКТУРА ТЕЧЕНИЙ, ФОРМИРУЕМАЯ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ГОРЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАСХОДАХ ВОДЫ ЧЕРЕЗ НИЖЕГОРОДСКУЮ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЮ

Ключевые слова: ADCP-измерения, структура течений во внутренних водоемах

Аннотация. В работе представлены результаты исследования течений в южной части Горьковского водохранилища с использованием акустического доплеровского профилографа течений ADCP. Проведены натурные исследования структуры течения в южной части Горьковского водохранилища, определены характерные особенности структуры течений в зависимости от расхода жидкости через Нижегородскую гидроэлектростанцию и при различных направлениях ветра над акваторией.

Введение

Гидродинамические течения во внутренних водоемах играют определяющую роль в переносе водных масс, примесей, перемешивании, накоплении донных отложений и создании условий для жизнедеятельности различных организмов. Известно также, что течения и вертикальное перемешивание могут существенно влиять на гидрохимический

режим водоема [1, 2]. Со времен строительства первых гидротехнических сооружений на Волге и наполнения водохранилищ начали проводиться и систематические наблюдения за течениями. В частности, как можно заключить из литературы [1-4], в озерной части Горьковского водохранилища такие работы систематически проводились Волжской гидрометеорологической обсерваторией в 60-70-х годах двадцатого века. В книге [4] описанию течений в водохранилищах посвящена глава, в которой, в частности, дана общая характеристика структуры течений в озерной части Горьковского водохранилища и отмечена его сильная изменчивость под действием различных факторов – в первую очередь, режимов регулирования стока Нижегородской гидроэлектростанции (ГЭС) и ветрового действия. В настоящее время усредненные суточные данные о расходе через гидроузлы и об уровне водохранилищ доступны на ресурсе [5], поэтому любые наблюдения за скоростями и направлениями течений в заданные дни года могут сопоставляться с этими исходными данными. Отметим высокую важность проведенных ранее исследований, которые являются основополагающими и, по-видимому, из-за отсутствия свежих данных измерений, сложившиеся представления о структуре течений во внутренних водоемах используются для решения ряда практических задач до сих пор (см., например, [3]). Настоящая работа является продолжением исследований начатых в [6] и посвящена исследованию структуры течений в южной части Горьковского водохранилища, а также ее изменчивости в зависимости от режима регулирования стока Нижегородской ГЭС.

Измерения течений проводились с использованием акустического доплеровского профилографа течений (ADCP WorkHorse Monitor 1200 kHz), установленного на маломерном судне «Геофизик». В течение дня проводились измерения в южной части Горьковского водохранилища. От г. Городец (яхт-клуба «Белая речка») до реки Санахта в г. Чкаловск было сделано несколько поперечных к направлению основного руслового потока разрезов водохранилища. С использованием ADCP измерялись скорости течения по глубине, начиная с глубины 1 м с интервалом 0,5 м. Для осуществления навигации и последующего построения карт использовались данные GPS-приемника GlobalSat и картплоттера Garmin Echomap 50dv. Скорость и направление приводного ветра непрерывно измерялись с использованием ультразвукового анемометра WindSonic, установленного на мачте судна.

Для обработки данных ADCP использовались специализированные программы Winriver I (анализ, усреднение и вывод данных), GPS MapEdit 2.1.78.8 (обработка навигационной информации). Проводилось усреднение по 100 полученным на разрезе профилям скорости, соответствующим измерительным зондирующим импульсам ADCP (пингам). Для удобства представления данных и привязки координат и скоростей в разных проекциях, а также дальнейшей работы с ними использовался программный пакет MS Excel (2010), а для построения карт скоростей - Surfer 7.0 (13.0.383).

В работе получены векторные поля течений, формируемые при относительно большом (3072 куб.м./с) и малом (1109 куб.м./с) среднесуточном расходе через ГЭС Q [5]. Вектора скорости были построены на глубине 4,05 м, на которой, в соответствии с рекомендациями [2] влиянием ветровых эффектов на течения для внутренних водоемов можно пренебречь. Следует отметить, что доступные нам данные о расходе ГЭС являются усредненными за сутки значениями, не учитывающим суточное регулирование стока, которое может оказывать существенное влияние на формирование особенностей структуры течения.

Измерения показали, что как при малом, так и при большом расходе через ГЭС прослеживается стоковое течение по руслу. Скорость течения в старом русле Волги коррелирует со среднесуточным расходом через Нижегородскую ГЭС. При расходе $Q=1109 \text{ м}^3/\text{с}$ значительного усиления течения в русле не наблюдается, т.е. средняя

скорость течения по руслу примерно равна средней скорости течения в пойме. При расходе $Q=3072 \text{ м}^3/\text{с}$ скорость течения в русле существенно превышает значения скоростей в пойме. При расходе $Q=1109 \text{ м}^3/\text{с}$ средние скорости в русле и на пойме составляют порядка 4-4,5 см/с. При расходе $3072 \text{ м}^3/\text{с}$ скорость в русле больше скорости на пойме в 2,5 - 2,75 раз: 10-11 см/с и 4-4,3 см/с соответственно.

Были проанализированы вектора скорости на верхнем горизонте (глубина 1,05 м), где ветер оказывает существенное влияние на течение. В ходе эксперимента фиксировался ветер со средней за день скоростью ветра порядка 1,7-2 м/с для обоих экспериментов. Направление ветра оценивалось по направлению дрейфа судна, поскольку наибольший вклад в дрейф вносит ветер. Наблюдалось южное направление ветра для $Q=1109 \text{ м}^3/\text{с}$ и северное для $Q=3072 \text{ м}^3/\text{с}$. При расходе $Q=1109 \text{ м}^3/\text{с}$ измеренные скорости в русле и в пойме на глубине 1,05 м варьируются от 3 см/с до 6 см/с. При расходе $3072 \text{ м}^3/\text{с}$ скорость в пойменной части увеличивается до 7 см/с, а средняя скорость в русле остается примерно равной 10,5 см/с. На глубинах 1,05 м и 4,05 м есть существенные различия в величине скорости. Вблизи поверхности скорости течения практически везде больше, чем на горизонте 4,05 м.

Сравнение полей течений на глубинах 4,05 м и 1,05 м показывает изменения в направлении течения, связанные с влиянием ветрового дрейфа. Влияние, оказываемое ветром на приповерхностный слой водоема можно оценить как 3 % от величины вектора скорости ветра [7]. Несмотря на то, что в дни измерений регистрировался относительно слабый ветер, оценки дают значения скоростей ветрового дрейфа соизмеримые со скоростью течения, а именно 5-6 см/с. Считая, что вклад ветра в дни проведения измерений был приблизительно одинаковым, видно, что ветер дает более сильный вклад в течение в случае меньшего расхода через ГЭС. Очевидно, что это связано с соизмеримостью величин скорости течения и ветрового дрейфа. Для большего значения расхода скорость течения оказывается больше величины вклада ветра, следовательно, влияние ветра на течение в этом случае более слабое.

Было замечено, что в случае $Q=1109 \text{ м}^3/\text{с}$ течение в верхнем слое направлено перпендикулярно направлению течения по руслу, в то же время на глубине 4,05 м скорости направлены в сторону ГЭС. Из-за влияния ветра южного направления локальное течение в верхнем слое меняет направление на 90 градусов, что может приводить к образованию вихревых структур, захватывающих верхний слой водоема. Можно заметить, что в случае $Q=3072 \text{ м}^3/\text{с}$, влияние ветра приводит к значительному усилению течения вблизи устья реки Юг вблизи дамбы, что также может способствовать возникновению краевых эффектов.

Список литературы:

- [1] Буторин Н.В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. Л.: Наука. 1969. 322 с.
- [2] Литвинов А.С. Об измерении течений в водохранилищах самописцами ЕПВ-2р. Труды ин-та биологии внутренних вод АН СССР, 1968, вып.16(19), с.259-268.
- [3] Экологические проблемы верхней Волги. Отв. ред. А.И. Копылов. Ярославль: Изд-во ЯГТУ. 2001. 427 с.
- [4] Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водохранилища Верхней Волги. Л., 1975. 292 с.
- [5] <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer>
- [6] Капустин И.А., Мольков А.А. Структура течений и глубины в озерной части Горьковского водохранилища. Метеорология и Гидрология. 2019. №7. С. 110-117.

- [7] Капустин И.А., Ермошкин А.В., Богатов Н.А., Мольков А.А. Об оценке вклада приводного ветра в кинематику сликов на морской поверхности в условиях ограниченных разгонов волнения. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 163–172.

THE CURRENTS STRUCTURE IN THE SOUTHERN PART OF THE GORKOVSKY RESERVOIR DUE TO THE OPERATION MODE OF THE NIZHNY NOVGOROD HYDROELECTRIC STATION

Vostryakova D.V., Kapustin I.A., Molkov A.A. and Ermakov S.A.
kapustin-i@yandex.ru

Key words: ADCP measurements, currents in inland waters

The paper presents the results of a study of currents in the southern part of the Gorky reservoir using the Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). The structure of the current in the southern part of the Gorky reservoir has been studied. The characteristic currents structure depending on the water flow through the Nizhny Novgorod hydroelectric station and due to wind conditions has been determined.