



УДК 556.04

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОД РЕКИ ВОЛГИ НА УЧАСТКЕ ОТ УСТЬЯ РЕКИ ЁЛНАТЬ ДО УСТЬЯ КАМЫ

Смирнова Мария Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Чебан Егор Юрьевич, доцент, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Поселенов Евгений Николаевич, к.т.н., доцент кафедры информатики, систем управления и телекоммуникаций ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Чемашкина Анастасия Юрьевна, студент 4-го курса направления подготовки «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Корякова Маргарита Николаевна, студент 3-го курса направления подготовки «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

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 грантовой поддержке РГО (договор № 07/2020-Р от 29.07.2020), а также РФФИ (проект 18-45-520004 п_а)

Аннотация. В работе показаны изменение и неоднородность распределения ряда гидрохимических и гидрофизических показателей в сечениях р. Волга на участке от устья р. Ёлнать до устья р. Кама. Проанализированы факторы, влияющие на неоднородность водных масс. Показано, что во время шторма вся водная толща озерного участка Горьковского водохранилища перемешивается полностью от поверхности до самого дна, не зависимо от его глубины. Застойные зоны, наблюдавшиеся в некоторых сечениях в спокойную маловетренную погоду, при этом исчезают.

Ключевые слова: гидроэкологические показатели, водные массы, Волга, Ока, Кама, Сура

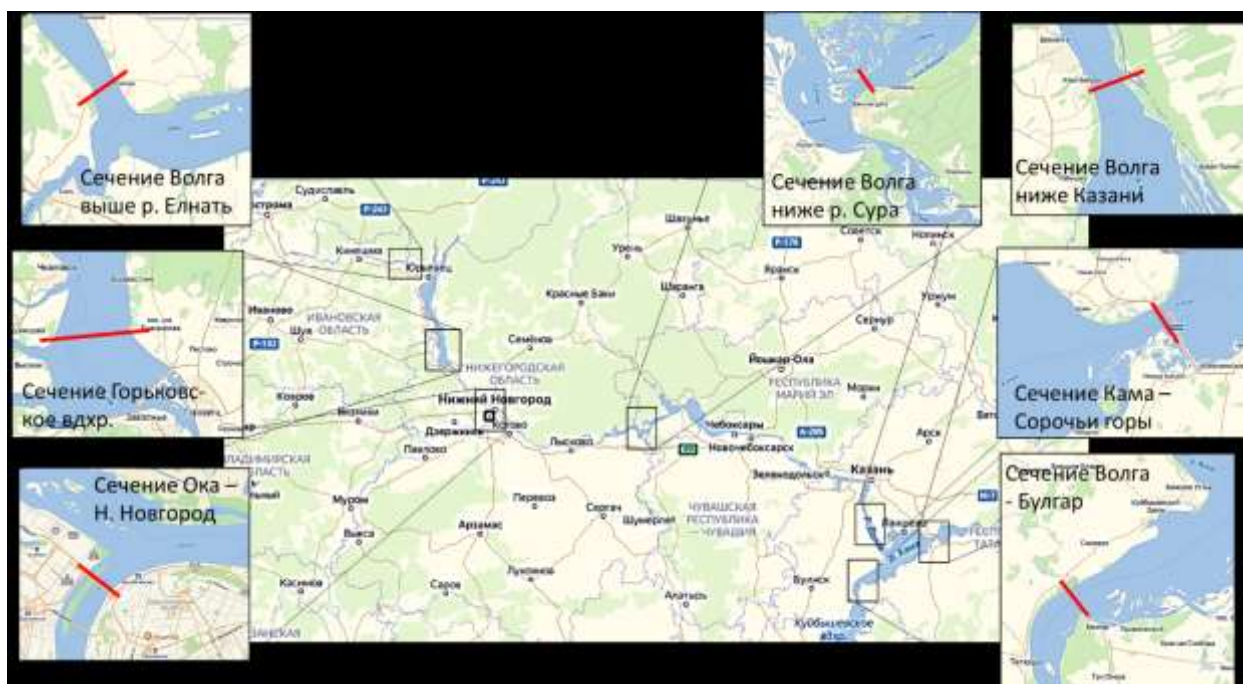
Настоящая работа является продолжением исследований неоднородности водных масс реки Волги и ее притоков, выполняемых в рамках проекта «Экспедиция «Плавучий

университет Волжского бассейна». Ранее было показано, что водные массы Горьковского и Чебоксарского водохранилищ обладают существенной пространственной неоднородностью, в частности, по таким показателям как общая минерализация, водородный показатель (рН), концентрация растворенного кислорода, содержание легкоокисляемой органики по величине биохимического потребления кислорода (БПК₅), температура и мутность воды [1–3]. Позднее были получены картины вертикальной неоднородности водных масс в нескольких поперечных сечениях Горьковского [4] и Чебоксарского [5] водохранилищ.

Одной из причин неоднородности водных масс может быть регулирование сброса воды через плотины ГЭС [6]. В то же время, наличие у реки притоков подразумевает наличие зон смешения водных масс различного химического состава и физических характеристик, протяженность которых может достигать сотен километров [7].

Актуальность выполняемых исследований обусловлена необходимостью: прогнозирования траектории распространения загрязнений, попадающих в реку из притоков или с диффузным стоком; оценки скорости диффузии примесей и их ассимиляции речным потоком; получения натурных данных для верификации математических моделей смешения речных потоков. Неоднородность химического состава воды может иметь важное значение для водопользователей и должна учитываться при предоставлении информации о качестве воды на том или ином участке водного объекта, однако на данный момент она исследована недостаточно.

Исследования выполнялись летом и осенью 2020 года. Район исследований охватил три водохранилища: Горьковское, Чебоксарское и Куйбышевское; протяженность маршрута по реке составила более 800 км в одну сторону. Исследования выполнялись на борту научно-исследовательского судна (НИС) «Петр Андрианов», где была оборудована экоаналитическая лаборатория, а также с моторной лодки, на которой было размещено оборудование для отбора проб и многопараметрический зонд AquaTROLL 500, позволяющий одновременно измерять глубину, температуру воды, плотность, электропроводность, концентрацию растворенного кислорода и водородный показатель рН до глубины 20 м с привязкой к GPS-координатам. В судовой лаборатории НИС «Петр Андрианов» пробы анализировались на показатели: цветность, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), мутность воды. Сечения, где производилось зондирование и отбор проб воды, показаны на рис. 1.

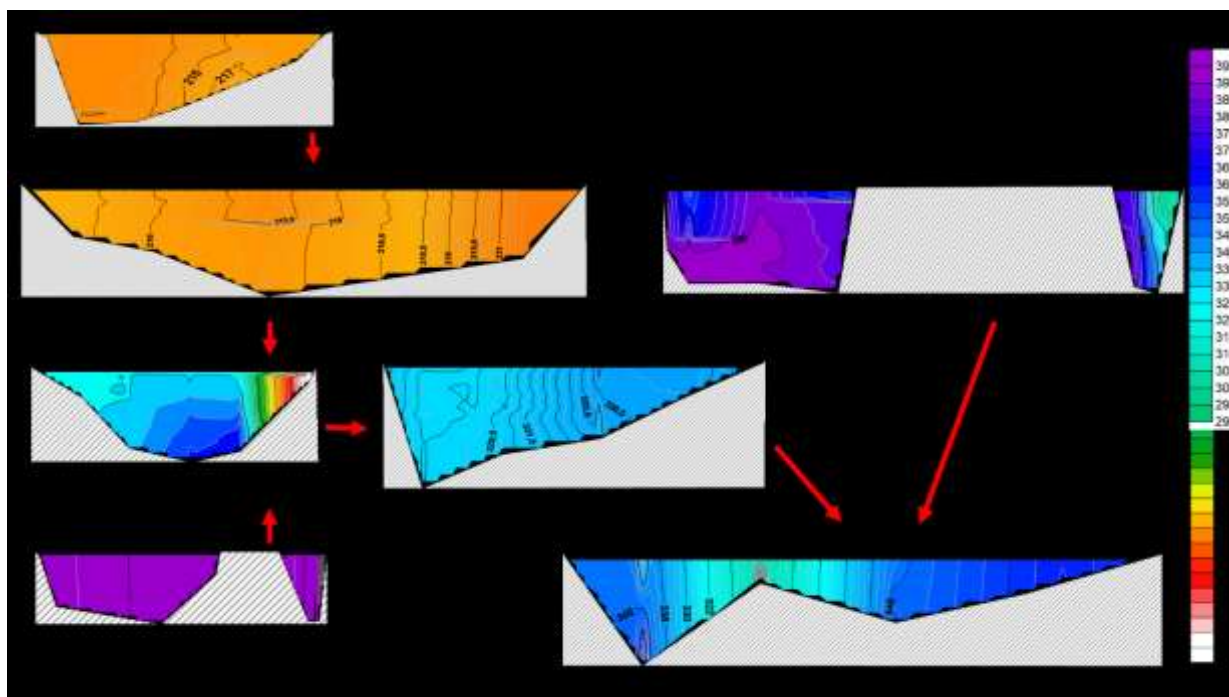


В каждом из исследованных сечений было по 5 – 7 станций, на которых выполнялось сплошное зондирование толщи воды от поверхности до дна со средним шагом по вертикали 0,1 м. Таким образом, в каждом сечении было получено порядка 300 значений каждого из измеряемых зондом показателей, что позволило получить высокое пространственное разрешение данных измерений.

На рис. 2 в качестве примера результата приведены картины распределения электропроводности воды в сечениях р. Волга на участке от устья р. Ёлнать до устья р. Кама, а также некоторых притоков. На исследуемом участке электропроводность воды увеличилась в 3 раза, главным образом, за счет таких притоков, как Ока, Сура, Кама. В районе г. Васильсурск показано сечение Волги сразу после впадения в нее Суры. Неоднородность водных масс по электропроводности в данном сечении составила 64% – от 128 мкСм/см у левого берега до 360 мкСм/см у правого. Значительная неоднородность наблюдалась также в р. Каме в районе пос. Сорочьи Горы (44 км от устья), причем градиент был не только горизонтальный, но и вертикальный. Минимальные значения электропроводности – 281 мкСм/см наблюдались у левого берега ближе к поверхности воды, а максимальные – 390 мкСм/см – у правого берега ближе ко дну.

Значительная неоднородность наблюдалась и по другим исследуемым параметрам. Неравномерность концентрации кислорода в воде на исследуемом участке составила 48% – от 6,0 до 11,6 мгО₂/л, причем в одном из сечений концентрация варьировалась от 6,0 до 11,2 мгО₂/л. Вариация водородного показателя рН составила от 7,6 до 9,3 единиц. Температура варьировалась от 20,4 до 25,3 градусов Цельсия. Наибольший прогрев наблюдался в Камском устье, при этом, неоднородность по глубине реки составила почти 4,5 градуса.

В то же время, в сечении приплотинного плёса Горьковского водохранилища, напротив, распределение всех измеренных показателей оказалось необычно однородным, что не согласуется с результатами предыдущих лет [2 – 4]. Причиной такой «аномальной» однородности показателей является прошедший накануне измерений сильный продолжительный шторм, который перемешал водные массы Горьковского водохранилища от поверхности до самого дна.



Таким образом, в рамках выполненного исследования получены подробные картины распределения ряда гидрохимических и гидрофизических показателей в сечениях Волги на участке протяженностью около 800 км. Среди факторов, влияющих на неоднородность водных масс, наибольший вклад оказывают крупные притоки Волги, а также наличие на пути реки гидросооружений. Среди факторов, способных эти неоднородности устранить, наиболее значимы благоприятные для перемешивания ветроволновые условия, а также наличие на пути водотока турбин гидроэлектростанции. Показано, что во время шторма вся водная толща озерного участка Горьковского водохранилища может перемешиваться полностью до самого дна независимо от глубины. Застойные зоны, наблюдавшиеся в некоторых сечениях в спокойную маловетренную погоду, при этом исчезают.

Авторы благодарят экипаж НИС «Петр Андрианов» и лично капитана С.В. Евтеева за помощь в выполнении исследований и обеспечение безопасности работы научной группы на теплоходе в неблагоприятных погодных условиях.

Список литературы:

1. Ermakov S.A., Molkov A.A., Kapustin I.A., Lazareva T.N., Danilicheva O.A., Shomina O.V., Smirnova M.V., Lavrova O.Y. Satellite and in-situ observations of a river confluence zone // Proc. SPIE 11150, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2019, 111501S (14 October 2019); doi: 10.1117/12.2533470
2. Смирнова М.В., Чебан Е.Ю., Глухова В.С., Носова А.Д., Сустретова Н.В. Пространственная изменчивость гидрохимических показателей на отдельных участках Горьковского и Чебоксарского водохранилищ // Вестник ВГАВТ, выпуск 57, 2018 г. - с. 51-59.
3. Смирнова (Иголина) М.В., Чебан Е.Ю., Володченко Е.В., Бердникова Е.Ю., Солина Е.С. Гидроэкологические исследования участков Горьковского и Чебоксарского водохранилищ с притоками в летний период 2017 года. // Вестник ВГАВТ. Вып. 4(53). 2017. – с. 98–108.
4. Чебан Е.Ю., Смирнова М.В., Семенова А.О., Чемашкина А.Ю., Руднева Е.А. Исследование влияния плотины на перенос примесей в основном русле р. Волга в районе Горьковского водохранилища // Проблемы экологии Волжского бассейна. Труды 3-й всероссийской научной конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». - 2019. - с. 31. Режим доступа: http://вф-река-море.рф/ECO/2019/PDF_ECO/eco27.pdf
5. Смирнова М.В., Чебан Е.Ю., Косточкина Ю.А., Белова Ю.В., Лезина Ю.А. Полевые исследования зон смешения крупных притоков р. Волга в акватории Чебоксарского водохранилища // Проблемы экологии Волжского бассейна. Труды 3-й всероссийской научной конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». - 2019. - с. 28. Режим доступа: http://вф-река-море.рф/ECO/2019/PDF_ECO/eco25.pdf
6. Рахуба А.В. Изменчивость качества вод водохранилища в условиях регулирования гидродинамического режима // Вектор науки ТГУ. № 2 (24), 2013. – с. 59-61.
7. Смирнова М.В., Капустин И.А., Глухова В.С., Носова А.Д., Ермаков С.А., Мольков А.А., Чебан Е.Ю. Распределение примесей в зоне смешения рек Волги и Оки // Проблемы экологии Волжского бассейна. Труды 3-й всероссийской научной конференции. ФГБОУ ВО «ВГУВТ». - 2018. - с. 16. Режим доступа: http://вф-река-море.рф/ECO/2018/PDF_ECO/eco13.pdf

VARIATIONS OF THE HYDROECOLOGICAL INDICATORS FOR WATERS OF THE VOLGA RIVER IN THE AREA FROM THE MOUTH OF THE ELNAT RIVER TO THE MOUTH OF THE KAMA RIVER

Abstract. The paper shows the change and heterogeneity of the distribution of a number of hydrochemical and hydrophysical indicators in the sections of the Volga river in the area from the mouth of the Elnat river to the mouth of the Kama river. Factors affecting the heterogeneity of water masses are analyzed. It is shown that during a storm, the entire water column of the lake section of the Gorky reservoir is completely mixed from the surface to the bottom, regardless of its depth. Stagnant zones observed in some sections in calm, low-wind weather, disappear.

Keywords: hydroecological indicators, water masses, Volgariver, Oka river, Kama river, Sura river