

УДК 556.044

*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», e-mail: a.molkov@inbox.ru*

*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»*

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

*Лецев Георгий Владимирович, техник отдела радиофизических методов в гидрофизике ИПФ РАН*

*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» 603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН СМЕШЕНИЯ ВОЛГИ С ЕЕ ПРИТОКАМИ НА УЧАСТКЕ Н.НОВГОРОД–КОЗЬМОДЕМЬЯНСК ПО ДАННЫМ ФЛУОРИМЕТРА ВВЕ MOLDAENKE**

*Ключевые слова: зона смешения, смешение водных масс, притоки, флуориметрия, флуориметр, зонд, ВВЕ Moldaenke, Волга, Чебоксарское водохранилище*

*Аннотация: В работе представлены результаты обнаружения и исследования зон смешения реки Волга с наиболее крупными ее притоками (Ока, Кудьма, Керженец, Сундовик, Сура, Ветлуга) на участке от г. Нижний Новгород до г. Козьмодемьянск по данным погружного флуориметра ВВЕ Moldaenke. Построены пространственные распределения и вертикальные профили температуры воды и ее прозрачности, а также концентраций ключевых биооптических характеристик воды: хлорофилла а и окрашенного растворенного органического вещества. На основе анализа полученных данных установлено, что зона смешения рек Волга и Ока прослеживалась наиболее сильно. Зоны смешения рек Волга с другими ее притоками прослеживались менее выразительно и не всегда однозначно. Полученные результаты расширяют имеющиеся представления о наличии зон смешения вод Волги с некоторыми ее притоками в Чебоксарском водохранилище.*

### **Введение**

Река Волга – главная водная артерия центральной России, состояние которой находится под пристальным вниманием ученых, экологов и правительства [1–3]. Это связано с обмелением реки, влиянием крупных городов и производственных центров, восстановлением активной сельскохозяйственной деятельности вдоль берегов и другими причинами. Показательными примерами проявления этих факторов на качестве волжской воды являются водохранилища Верхней Волги [4–7]. Их систематический мониторинг проводился с момента заполнения и по 80-е годы прошлого столетия [8, 9]. Большое внимание при этом было уделено развитию фитопланктона [10–13] как важного маркера биопродуктивности воды.

С 2016 года были реализованы ежегодные комплексные исследования качества волжских вод в районе Горьковского и Чебоксарского водохранилищ в рамках гранта Русского Географического общества «Плавающий университет», охватывающие широкий спектр задач из области гидрофизики, гидрохимии, гидробиологии [14–17]. Вместе с тем, одной из актуальных задач исследований является изучение зон смешения Волги с крупными ее притоками. В 2018 были проведены измерения ряда гидрологических характеристик вод реки Волга вблизи устьев впадающих в нее рек Чебоксарского водохранилища – Керженец, Сундовик и Сура, и Горьковского водохранилища – Унжа, Немда, Санахта, Троща и Юг [18–20]. В результате были обнаружены зоны смешения рек Волга, Ока, Керженец, Сундовик, Сура, Унжа, при этом наиболее резкие и стабильные различия наблюдались между водами рек Волга и Ока.

В 2019 году исследования зон смешения Волги с наиболее крупными ее притоками были продолжены на участке от г. Нижний Новгород до г. Козьмодемьянск. Результаты этих исследований представлены в настоящей работе.

### Методика измерений и обработки данных

Измерения проводились с борта моторной лодки по мере ее продвижения от г. Козьмодемьянск до г. Нижний Новгород в период с 16 по 18 июля 2019 года. Погода была солнечная с легкими ветрами, кроме ночи с 17 на 18 июля, когда шли интенсивные дожди. На маршруте следования (белая кривая на рис. 1) проводились как непрерывные измерения, так и измерения на станциях во время дрейфа лодки. При движении осуществлялась непрерывная регистрация GPS координат лодки и приповерхностной температуры воды на глубине около 15 см с помощью картплоттера Garmin EchoMap 62cv, тогда как на станциях измерялись вертикальные профили температуры и прозрачности воды, а также концентрации хлорофилла а и окрашенного растворенного органического вещества с помощью погружного флуориметра BBE Moldaenke FluoroProbe II. Станции в количестве 3–6 штук проставлялись вдоль заранее определенных поперечных разрезов Волги и ее притоков (розовые линии на рис. 1). Исходя из метеоусловий, удалось выполнить 36 сечений со средним расстоянием между ними 5 км, включая 138 станций. Вертикальные профили всех характеристик усреднялись по глубинам с шагом 1м. Данные картплоттера дополнительно не обрабатывались и использовались для построения пространственных распределений температуры воды.

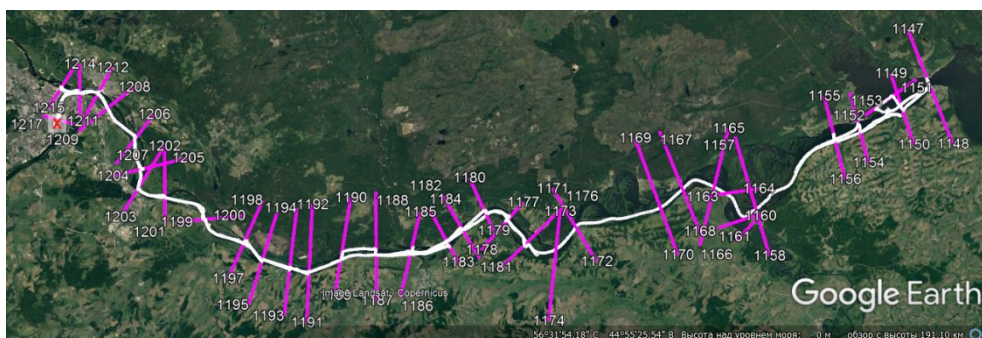
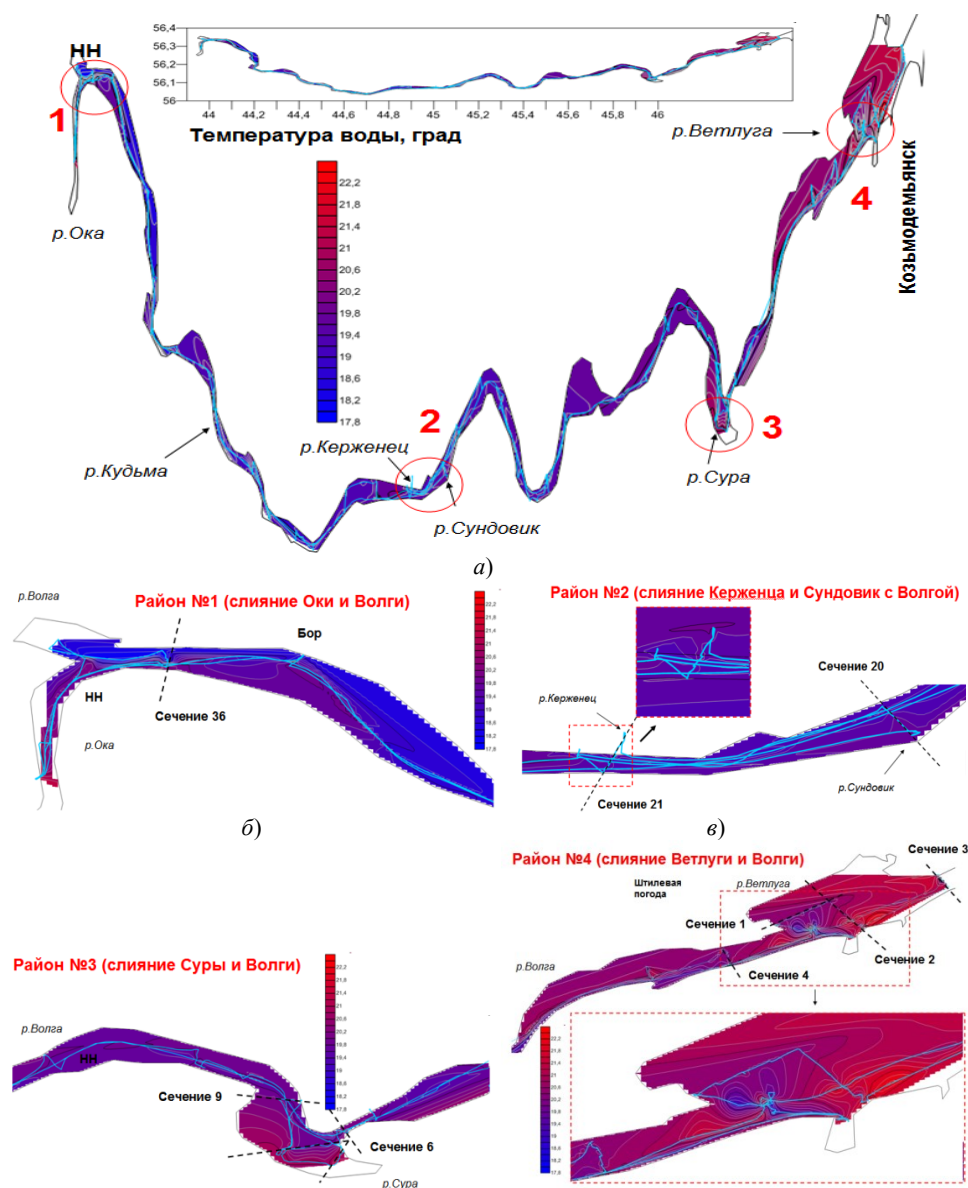


Рис. 1. Карта района измерений: белой линией отмечен маршрут следования лодки, розовыми линиями – сечения, где проводились измерения на станциях

## Результаты

Пространственные распределения температуры воды в р. Волга на участке от г. Нижний Новгород до г. Козьмодемьянск, а также вблизи устьев рек Ока, Керженец и Сундовик, Сура и Ветлуга представлены на рис. 2а-д соответственно. Из рис. 2а видно, что средняя температура воды в Волге увеличивалась вниз по течению, достигая значений 22 градуса вблизи г. Козьмодемьянск против 18 градусов вблизи г. Нижнего Новгород. Особенности этой изменчивости поясняют рис. 2б-д. Так, на начальном участке исследуемой акватории (район №1 на рис. 2а) отчетливо прослеживались два потока воды, волжской и окской с температурами 18 и 20 градусов соответственно. Такая «двухпотоковая» картина с резкой границей прослеживалась на расстоянии порядка 30 км от г. Нижний Новгород вплоть до г. Кстово. При этом окские воды оказывались сильно прижатыми к правому берегу Волги, их характерная ширина не превышала 100–150 м.



в)

д)

Рис. 2. Пространственные распределения температуры воды в р.Волга на участке от г. Нижний Новгород до г. Козьмодемьянск (а), а также вблизи устьев рек Ока (б), Керженец и Сундовик (в), Сура (г) и Ветлуга (д). Голубой линией отмечен маршрут следования моторной лодки

Ниже г. Кстово выделение окской воды по температуре не прослеживалось, а волжские воды казались квазиоднородными как поперек реки, так и вдоль нее на расстоянии порядка 120 км вниз по течению вплоть до п. Фокино. Стоит отметить, что возможная причина этой квазиоднородности была связана как раз с интенсивными осадками, о которых упоминалось выше. Ниже п. Фокино и до г. Козьмодемьянск, т.е. на расстоянии порядка 50 км, наблюдалось постепенное увеличение температуры волжской воды до 21–22 градусов. Возможно, это связано с перемешиванием с более прогретыми водами пойм напротив устья р. Сура.

Наиболее интересные пространственные распределения температуры воды в виде трех «линз» холодной воды (18 градусов) на фоне квазиоднородной теплой воды были обнаружены напротив устья р. Ветлуга (рис. 2д). Их существование может быть связано с особенностями структуры течений в соседствующих мелководных районах, формируемой резко неоднородным рельефом дна (батиметрия района известна по лотциям, а также измерялась в ходе выполнения работ). В результате воздействия этих течений нижние холодные слои волжской воды локально «забрасываются» вверх. Наличие непрогретых волжских вод под поверхностью подтверждают вертикальные профили температуры, полученные на сечениях 1–3. В качестве примера, на рис. 3 представлены два сечения №2 и №3, из которых видно, в области исследований наблюдался верхний прогретый слой толщиной порядка 4 м, ниже которого лежали менее прогретые волжские воды с температурами 18–19 градусов.

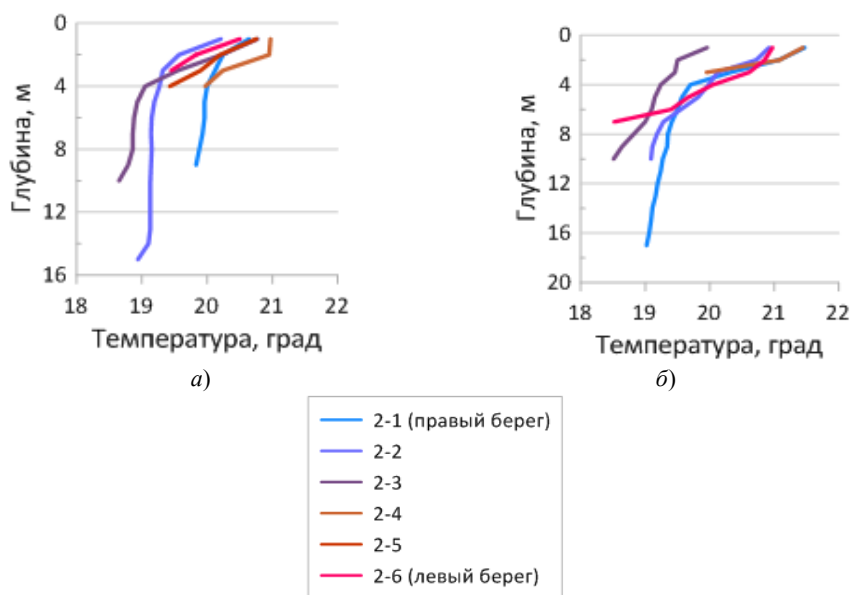
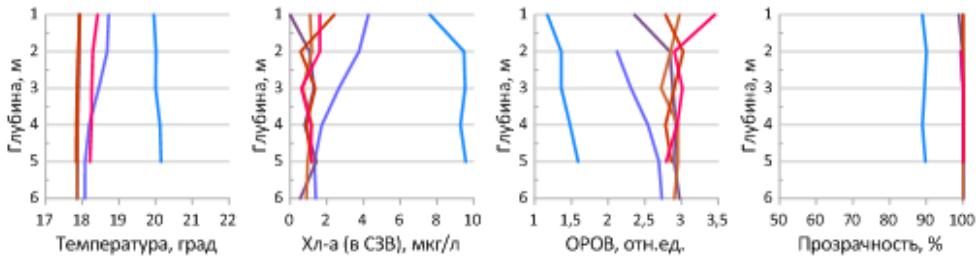


Рис. 3. Вертикальные профили температуры воды на станциях сечения №2 (а) и №3 (б)

Помимо вертикальных профилей температуры были также построены вертикальные профили хлорофилла а и окрашенного растворенного органического вещества (рис. 4). На основе их анализа отмечено, что в волжских водах средняя концентрация хлорофилла а составляла 1.5 мкг/л и флуктуировала незначительно, при

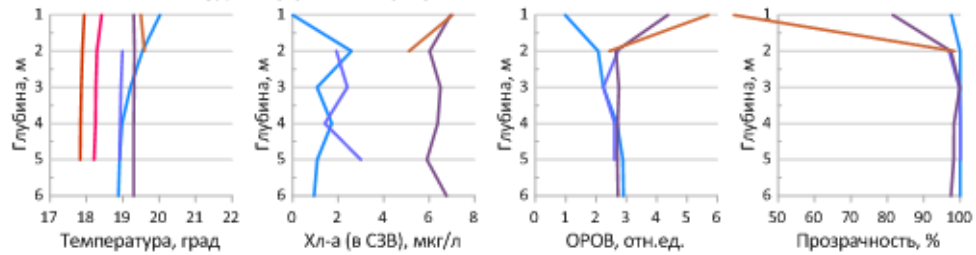
этом в отдельных притоках (например, в Ветлуге, Сура, Сундовике и Оке) наблюдалось увеличение концентраций до 6–7 мкг/л. Вместе с этим наблюдалось понижение прозрачности воды в среднем на 20% в верхнем слое толщиной 2–4 м.

**Сечение 36: Волга-Ока (правый берег)**



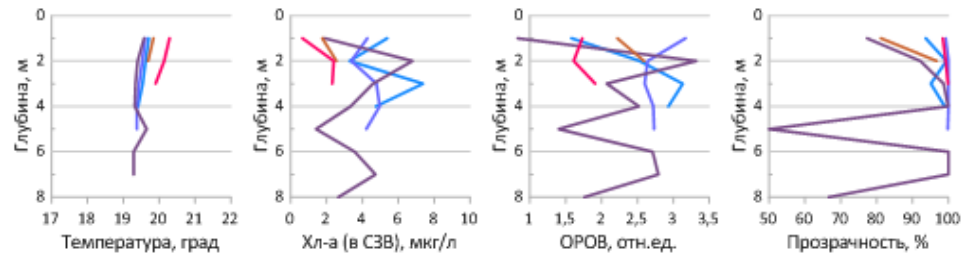
a)

**Сечение 27: Волга-Кудьма (правый берег)**



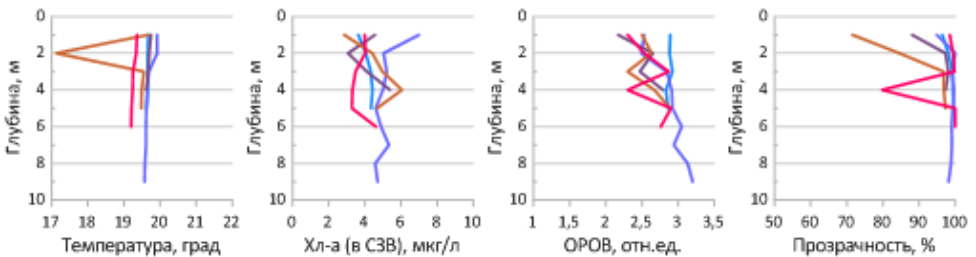
б)

**Сечение 21: Волга-Керженец (левый берег)**



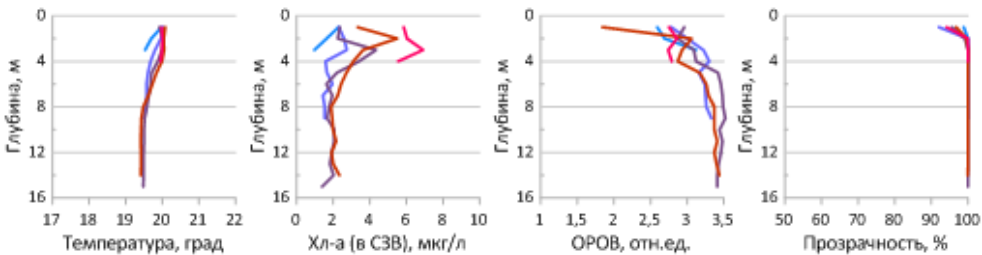
в)

**Сечение 20: Волга-Сундовик (правый берег)**



г)

**Сечение 6: Волга-Сура (правый берег)**



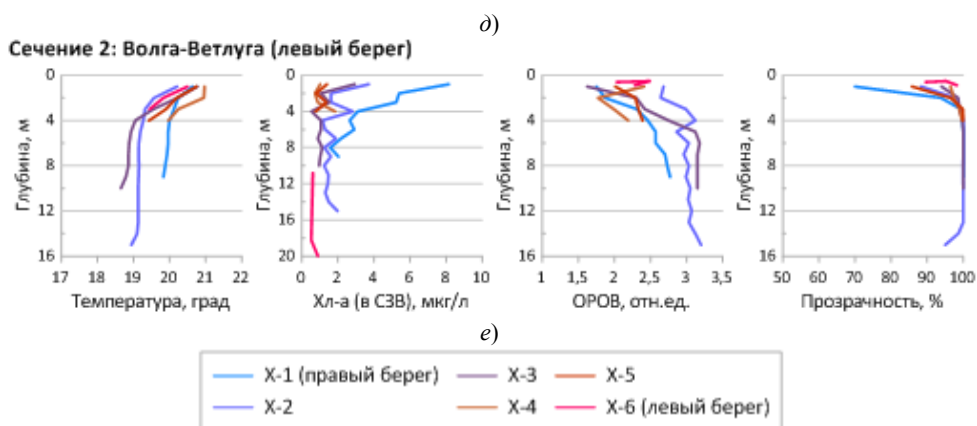


Рис. 4. Вертикальные профили температуры воды (°С), ее прозрачности (%), концентраций хлорофилла а (мкг/л) и окрашенного растворенного органического вещества (отн. ед.) в сечениях Волги ниже устьев рек Ока (а), Кудьма (б), Керженец (в), Сундовик (г), Сура (д), Ветлуга (е)

На основе анализа полученных данных установлено, что зона смешения рек Волга и Ока прослеживалась наиболее сильно, причем на расстояниях порядка 30 км по трем из четырех параметров (температура и прозрачность воды, концентрация хлорофилла а). Зоны смешения рек Волга, Кудьма, Керженец, Сундовик, Сура и Ветлуга прослеживались менее выразительно и не всегда однозначно. Полученные результаты расширяют имеющиеся представления о наличии зон смешения вод Волги с некоторыми ее притоками в Чебоксарском водохранилище.

Работа выполнена при поддержке РГО (проект № 02/2019-Р) и РФФИ (проекты 18-45-520004 p\_a).

#### Список литературы:

- [1] Bolgov M.V., Demin A.P. Water-Management and Environmental Problems of the Lower Volga and Ways to Their Solution //Water resources. – 2018. – Т. 45. – №. 2. – С. 297–305.
- [2] Moiseenko T.I., Gashkina N.A., Sharova Y.N. Volga River: Pollution, water quality, toxic contamination and fish health //River Ecosystems: Dynamics, Management and Conservation; Elliot, HS, Martin, LE, Eds. – 2011. – С. 150–180.
- [3] Volga River being poisoned by pollution. The Time (Newspaper). Режим доступа: <https://www.thetimes.co.uk/article/volga-river-being-poisoned-by-pollution-86061jzlv> Дата обращения: 05.03.2019)
- [4] Сытина Т.Ф., Сытина Н.А. Изучение влияния Чебоксарского водохранилища на природу прилегающих территорий //Региональные географические и экологические исследования: актуальные проблемы. – 2016. – С. 77–82.
- [5] Харламова Е.Н. и др. О влиянии Чебоксарского водохранилища на здоровье населения в прибрежной зоне/ Харламова Е.Н., Куликова А.З., Мешков Н.А., Вальцева Е.А., Русскова А.Н., Крылицына Е.А. //Редакционный совет. – 2016. – Т. 13. – С. 507.
- [6] Зелди И.П., Васина Е.М. Чебоксарское водохранилище: антропогенное загрязнение и связанные с ним проблемы // Пятая международная научная школа «Наука и инновации – 2010» ISS «SI-2010». – 2010. – Т. 18. – С. 320.
- [7] Альгешкина О.А., Лукин П.М., Эндюськин П.Н. Загрязнения акватории Чебоксарского водохранилища тяжелыми металлами //Международный информационно-экологический парламент. – 2006. – С. 202–203.
- [8] Викулина, З.А., Знаменский, В.А. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Гидрометеоиздат. Ленинград. 1975.
- [9] Буторин, Н. В. Гидрологические процессы и динамика водных масс в водохранилищах Волжского каскада. – 1969. – 321 с.

- [10] Охапкин А.Г. и др. Фитопланктон Горьковского водохранилища/ Охапкин, А. Г., Микучик, И. А., Корнева, Л. Г., Минеева, Н. М. //Тольяти: ИЭВБ РАН. – 1997.– 156 с.
- [11] Минеева Н.М. Растительные пигменты в воде волжских водохранилищ // Федеральное государственное унитарное предприятие Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр Наука, 2004. – 156 с.
- [12] Минеева Н.М. Первичная продукция планктона в водохранилищах Волги – Ярославль: Принтхаус, 2007. – 279 с.
- [13] Корнева Л.Г., Соловьева В.В. Структура и распределение фитопланктона в водохранилищах Волги // Эколого-физиологические исследования водорослей и их значение для оценки природных вод; ЯГТУ: Ярославль, Россия, 1996.
- [14] Капустин И.А., Мольков А.А. Структура течений и глубины в озерной части Горьковского водохранилища // Метеорология и гидрология. – 2019. – №7. – С.110-117.
- [15] Ерина О.Н. и др. Влияние гидрометеорологических условий на гидроэкологическое состояние речного участка Чебоксарского водохранилища / Ерина, О.Н., Терешина, М.А., Колий, В.М., Вилимович, Е.А., Соколов Д.И. // Вестник ВГАВТ. – 2018. – №57. – С. 26-38.[16] Шурганова, Г.В. и др. Пространственное распределение сообществ зоопланктона речной части Чебоксарского водохранилища и устьевой области реки Оки (по данным 2018 года) / Г.В. Шурганова, В.С. Жихарев, Д.Е. Гаврилко, Т.В. Золотарева, Д.С. Ручкин // Проблемы экологии Волжского бассейна. – 2018. – Вып. 1. – Режим доступа: [http://xn----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF\\_ECO/eco15.pdf](http://xn----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF_ECO/eco15.pdf)
- [17] Смирнова (Игонина), М.В. и др. Гидроэкологические исследования участков Горьковского и Чебоксарского водохранилищ с притоками в летний период 2017 года / М.В. Смирнова (Игонина), Е.Ю. Чебан, Е.В. Володченко, Е.Ю. Бердникова, Е.С. Солина // Вестник ВГАВТ. – 2017. – №53. – С. 98–108.
- [18] Мольков А.А. и др. Исследование гидрооптических характеристик вод в зонах смешения крупных притоков Волги в Горьковском и Чебоксарском водохранилищах / А.А. Мольков, Г.В. Лещев, И.А. Капустин, С.А. Ермаков // Проблемы экологии Волжского бассейна. – 2018. – Вып. 1. – Режим доступа: [http://xn----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF\\_ECO/eco12.pdf](http://xn----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF_ECO/eco12.pdf)
- [19] Ермаков С.А. и др. Исследование зоны смешения речных потоков: измерения ‘in situ’ спутниковые наблюдения / С.А. Ермаков, А.А. Мольков, М.В. Смирнова, И.А. Капустин, Т.Н. Лазарева, И.А. Сергиевская, Г.В. Лещев, О.А. Даниличева //Сборник тезисов докладов шестнадцатой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – 2018. – С. 261–261.
- [20] Смирнова М.В. и др. Распределение примесей в зоне смешения рек Волги и Оки. / М.В. Смирнова, И.А. Капустин, В.С. Глухова, А.Д. Носова, С.А. Ермаков, А.А. Мольков, Е.Ю. Чебан // Проблемы экологии Волжского бассейна. – 2018. – Вып. 1. – Режим доступа: [http://xn----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF\\_ECO/eco13.pdf](http://xn----7kcgqcbassog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF_ECO/eco13.pdf)

## RESEARCH OF THE MIXING AREA BETWEEN VOLGA RIVER AND INFLOWS FROM NIZHNY NOVGOROD TO KOZMODEMYANSK ACCORDING TO THE BBE MOLDAENKE FLUOROMETER DATA

*Molkov Alexander A., Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Researcher of the Department of Radiophysical Methods in Hydrophysics  
Institute of Applied Physics Russian Academy of Sciences*

*Senior Researcher of Volga State University of Water Transport*

*Kapustin Ivan A., Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Senior Researcher of the Department of Radiophysical Methods in Hydrophysics  
Institute of Applied Physics Russian Academy of Sciences*

*Senior Researcher of Volga State University of Water Transport*

*Ermakov Stanislav A., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
Head of the Department of Radiophysical Methods in Hydrophysics,  
Institute of Applied Physics Russian Academy of Sciences,*

*Head of the Department of Volga State University of Water Transport*

*Leshchev George V., Maintenance engineer of the Department*

*of Radiophysical Methods in Hydrophysics,  
Institute of Applied Physics Russian Academy of Sciences  
Institute of Applied Physics Russian Academy of Sciences  
46, Ulyanov st, Nizhny Novgorod, 603950  
Volga State University of Water Transport  
5, Nesterov st, Nizhniy Novgorod, 603951*

**Key words:** *mixing zone, mixing of water masses, inflows, fluorometry, fluorometer, BBE Moldaenke, Volga River, Cheboksary reservoir*

*The results of the detection and research of the mixing zones between the Volga River and its largest inflows (Oka, Kudma, Kerzhenets, Sundovik, Sura, Vetluga) in the region from Nizhny Novgorod to Kozmodemyansk according to the data of the BBE Moldaenke submersible fluorometer are presented in this paper. Spatial distributions and vertical profiles of water temperature and its transparency, as well as concentrations of key bio-optical characteristics of water like chlorophyll a and colored dissolved organic matter are investigated. Based on the obtained data, it was found that the mixing zone of the Volga and Oka rivers was traced most strongly. The mixing zones of the Volga River with other inflows were traced less expressively and not always clearly. The obtained results expand the existing understanding of mixing zones of the Volga waters with general inflows in the Cheboksary reservoir.*

#### **References:**

- [1] Bolgov, M. V., Demin, A. P. Water-Management and Environmental Problems of the Lower Volga and Ways to Their Solution //Water resources. – 2018. – T. 45. – №. 2. – С. 297-305.
- [2] Moiseenko, T. I., Gashkina, N. A., Sharova, Y. N. Volga River: Pollution, water quality, toxic contamination and fish health //River Ecosystems: Dynamics, Management and Conservation; Elliot, HS, Martin, LE, Eds. – 2011. – С. 150-180.
- [3] Volga River being poisoned by pollution. The Time (Newspaper). Available at: <https://www.thetimes.co.uk/article/volga-river-being-poisoned-by-pollution-86061jzlv>. Accessed on: 05.03.2019).
- [4] Sytina, T. F., Sytina, N. A. Study of the influence of the Cheboksary reservoir on the nature of adjacent territories // Regional'nyye geograficheskiye i ekologicheskiye issledovaniya: aktual'nyye problemy. – 2016. – P. 77-82.
- [5] Kharlamova, E.N. et al. On the impact of the Cheboksary reservoir on the health of the population in the coastal zone / Kharlamova, E.N., Kulikova, A.Z., Meshkov, N.A., Valtseva, E.A., Russkova, A.N., Krylitsyna, E.A.// Redaktsionnyy sovet. – 2016. – Vol. 13. – P. 507.
- [6] Zeldi, I.P., Vasina, E.M. Cheboksary reservoir: anthropogenic pollution and related problems // Pyataya mezhdunarodnaya nauchnaya shkola «Nauka i innovatsii – 2010». – 2010. – Vol. 18. – P. 320.
- [7] Algeshkina, O.A., Lukin, P.M., Endyukin, P.N. Heavy metal pollution in the water area of the Cheboksary reservoir // Mezhdunarodnyy informatsionno-ekologicheskiy parlament. – 2006. – P. 202-203.
- [8] Vikulina, Z.A., Znamensky, V.A. Hydrometeorological regime of lakes and reservoirs of the USSR. Gidrometeoizdat. Leningrad. 1975.
- [9] Butorin, N.V. Hydrological processes and dynamics of water masses in the reservoirs of the Volga cascade. – 1969. – 321 p.
- [10] Okhapkin, A.G. et al. Phytoplankton of the Gorky reservoir / Okhapkin, A.G., Mikulchik, I.A., Korneva, L.G., Mineeva, N.M. // Tol'yatti: IEVB RAN. – 1997. – 156 p.
- [11] Mineeva, N. M. Plant pigments in the water of the Volga reservoirs // Federal'noye gosudarstvennoye unitarnoye predpriyatiye Akademicheskii nauchno-izdatel'skiy, proizvodstvenno-poligraficheskiy i knigorasprostranitel'skiy tsentr Nauka, 2004. – 156 p.[12] Mineeva, N. M. Primary production of plankton in the Volga reservoirs – Yaroslavl': Printkhaus, 2007. – 279 p.
- [13] Korneva, L.G.; Solov'eva, V.V. Phytoplankton Structure and Distribution in Volga Reservoirs // Ecological-Physiological Studies of Algae and Their Significance for Natural Water Assessment. YaGTU: Yaroslavl, Russia, 1996.
- [14] Kapustin, I.A., Molkov, A.A. The structure of currents and depths in the lake part of the Gorky reservoir // Meteorologiya i gidrologiya. – 2019. – №7. – P.110-117.



- [15] Erina, O.N. et al. Influence of hydrometeorological conditions on the hydroecological state of the river section of the Cheboksary reservoir / Erina, O.N., Tereshina, M.A., Koliy, V.M., Vilimovich, E.A., Sokolov D.I. // Vestnik VGAVT. – 2018. – №57. – P. 26-38.
- [16] Shurganova, G.V. et al. Spatial distribution of zooplankton communities in the river part of the Cheboksary reservoir and the estuary of the Oka River (according to 2018) / G.V. Shurganova, V.S. Zhikharev, D.E. Gavrilko, T.V. Zolotareva, D.S. Ruchkin // Problemy ekologii Volzhskogo basseyna. – 2018. – Vol. 1. – Available at: [http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF\\_ECO/eco15.pdf](http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF_ECO/eco15.pdf)
- [17] Smirnova (Igonina), M.V. et al. Hydroecological studies of the Gorky and Cheboksary reservoirs with tributaries in the summer of 2017 / M.V. Smirnova (Igonina), E.Yu. Cheban, E.V. Volodchenko, E.Yu. Berdnikova, E.S. Solina // Vestnik VGAVT. – 2017. – №53. – P. 98-108.
- [18] Molkov A.A et al. Research of hydro-optical characteristics of waters in the mixing zones of large inflows of the Volga river in the Gorky and Cheboksary reservoirs / Molkov A.A., Leshev G.V., Kapustin I.A., Ermakov S.A. // Problemy ekologii Volzhskogo basseyna. – 2018. – Vol. 1. – Available at: [http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF\\_ECO/eco12.pdf](http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF_ECO/eco12.pdf)
- [19] Ermakov S.A. et al. Investigation of the mixing zone of river flows: in situ measurements and satellite observations / Ermakov S.A., Molkov A.A., Smirnova M.V., Kapustin I.A., Lazareva T.N., Sergievskaya I.A., Leshchev G.V., Danilicheva O.A. // Sbornik tezisov dokladov shestnadsatoy Vserossiyskoy otkrytoy konferentsii «Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa». – 2018. – P. 261-261.
- [20] Smirnova M.V. et al. The distribution of impurities in the mixing zone of the rivers Volga and Oka / M.V. Smirnova, I. A. Kapustin, V. S. Glukhova, A. D. Nosova, S. A. Ermakov, A. A. Molkov, E.Yu. Cheban // Problemy ekologii Volzhskogo basseyna. – 2018. – Vol. 1. – Available at: [http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF\\_ECO/eco13.pdf](http://xn----7kcgqc6assog3b.xn--p1ai/ECO/2018/PDF_ECO/eco13.pdf)

Статья поступила в редакцию 14.11.2019 г.