

УДК 556

**ВАРИАЦИИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В РЕКЕ ВОЛГЕ В РАЙОНЕ
СБРОСНОГО КАНАЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДА НИЖНЕГО
НОВГОРОДА**

Смирнова Мария Валерьевна¹, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов

e-mail: igoninam@yandex.ru

Чебан Егор Юрьевич¹, д.т.н., профессор кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов

e-mail: egor.cheban.2@gmail.com

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Целью исследований было изучение неоднородности воды по ширине реки в зоне смешения Волго-Окского потока и в оценке картины распространения потока из выпускного коллектора очистных сооружений. На фоне высокоминерализованного окского потока отчетливо выделяются менее засоленные водные массы потока с очистных сооружений, которые сразу сносятся течением вниз и прибывают к правому берегу. Однако, уже через 2,5 км ниже выпуска следов этого плюма не наблюдается.

Ключевые слова: река Волга, река Ока, плюм, водные массы, гидрохимические показатели, натурные измерения, зондирование толщи воды.

**VARIATIONS OF HYDROCHEMICAL INDICATORS IN THE VOLGA RIVER NEAR
THE DISCHARGE CHANNEL OF THE NIZHNY NOVGOROD TREATMENT
FACILITIES**

Maria V. Smirnova¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydrodynamics, Ship Theory, and Environmental Safety of Vessels

e-mail: igoninam@yandex.ru

Yegor Yu. Cheban¹, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Hydrodynamics, Ship Theory, and Environmental Safety of Vessels

e-mail: egor.cheban.2@gmail.com

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The purpose of the research was to study the heterogeneity of water across the width of the river in the mixing zone of the Volga-Oka flow and to assess the distribution pattern of the flow from the discharge collector of the treatment facilities. Against the background of the highly mineralized Oka flow, the less saline water masses of the discharge from the treatment facilities stand out clearly, which are immediately carried downstream and washed up against the right bank. However, 2.5 km below the discharge, there are no traces of this plume.

Keywords: Volga River, Oka River, plume, water masses, hydrochemical indicators, field measurements, water column probing.

Актуальность настоящих исследований продиктована 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.

Ранее было показано, что неоднородность распределения гидроэкологических показателей по площади водохранилищ может быть весьма существенной [1]. В частности, по данным [2], был зафиксирован крупномасштабный вихрь в южной части Горьковского водохранилища.

Исследования выполнялись в августе 2025 года на участке в районе очистных сооружений г. Нижнего Новгорода. с помощью многопараметрического зонда Aqua TROLL 500, позволяющего одновременно измерять глубину, температуру воды, плотность, электропроводность и водородный показатель pH до глубины 20 м с привязкой к GPS-координатам.

Зондирование производилось в двух поперечных сечениях ниже сбросного канала очистных сооружений, а также в одном продольном сечении в непосредственной близости от сбросного канала (рис. 1). Целью исследований было изучение неоднородности воды по ширине реки в зоне смешения Волго-Окского потока и в оценке картины распространения потока из выпускного коллектора очистных сооружений. При этом, в воде напротив сбросного канала визуально обнаруживались частицы активного ила.

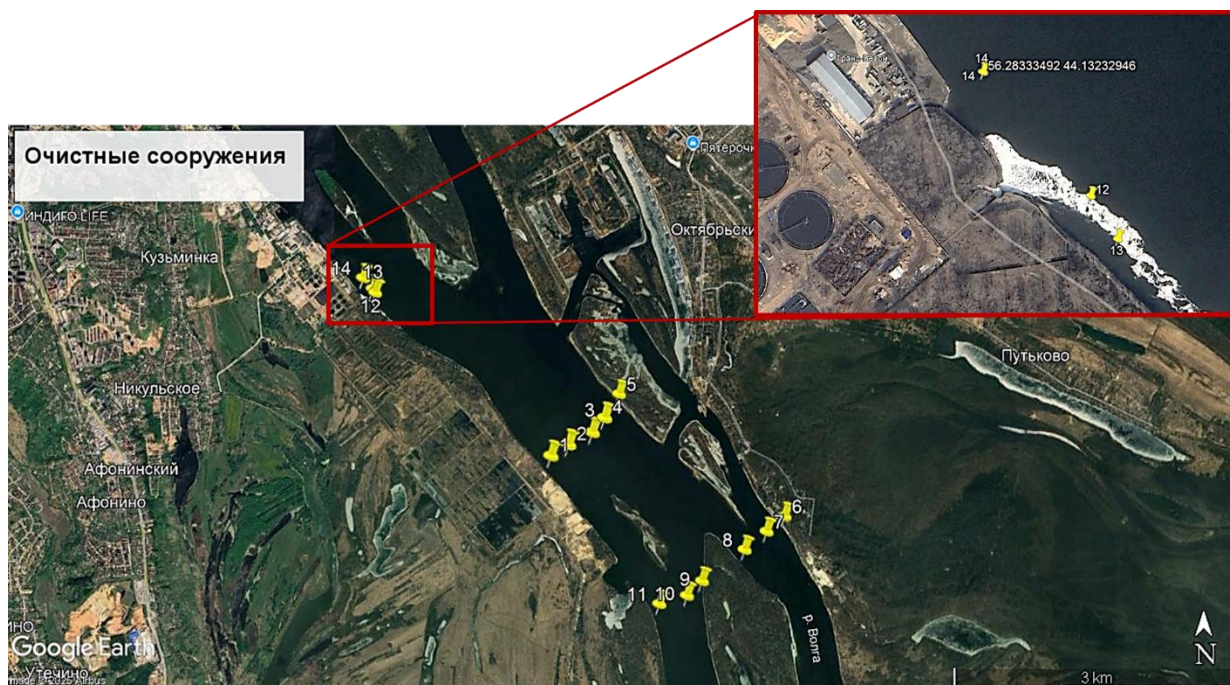


Рисунок 1 – Расположение точек зондирования

В каждом из исследованных сечений 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 приведены картины распределения электропроводности воды в сечениях, построенные в программе Surfer методом кригинга. Из рис. 2, а видно, что речной поток, сформированный преимущественно водами р. Оки, выше сбросного канала очистных сооружений имеет наибольшую электропроводность и, следовательно, соленость, из всех рассмотренных сечений. На его фоне отчетливо выделяется менее засоленный поток очистных сооружений, который, выходя в реку выше т. 12, сразу сносится течением вниз и прибивается к правому берегу, таким образом, что исследуемого сечения, расположенного на расстоянии 30 м от берега он достигает только к точке 13, расположенной на 110 м ниже выпуска. Однако уже через 2,5 км в сечении 1 – 5 (см. рис. 2, б) не наблюдается следов этого плюма, равно как и ниже, в сечении 11-10-9, расположенном на расстоянии около 4,5 км от выпуска.

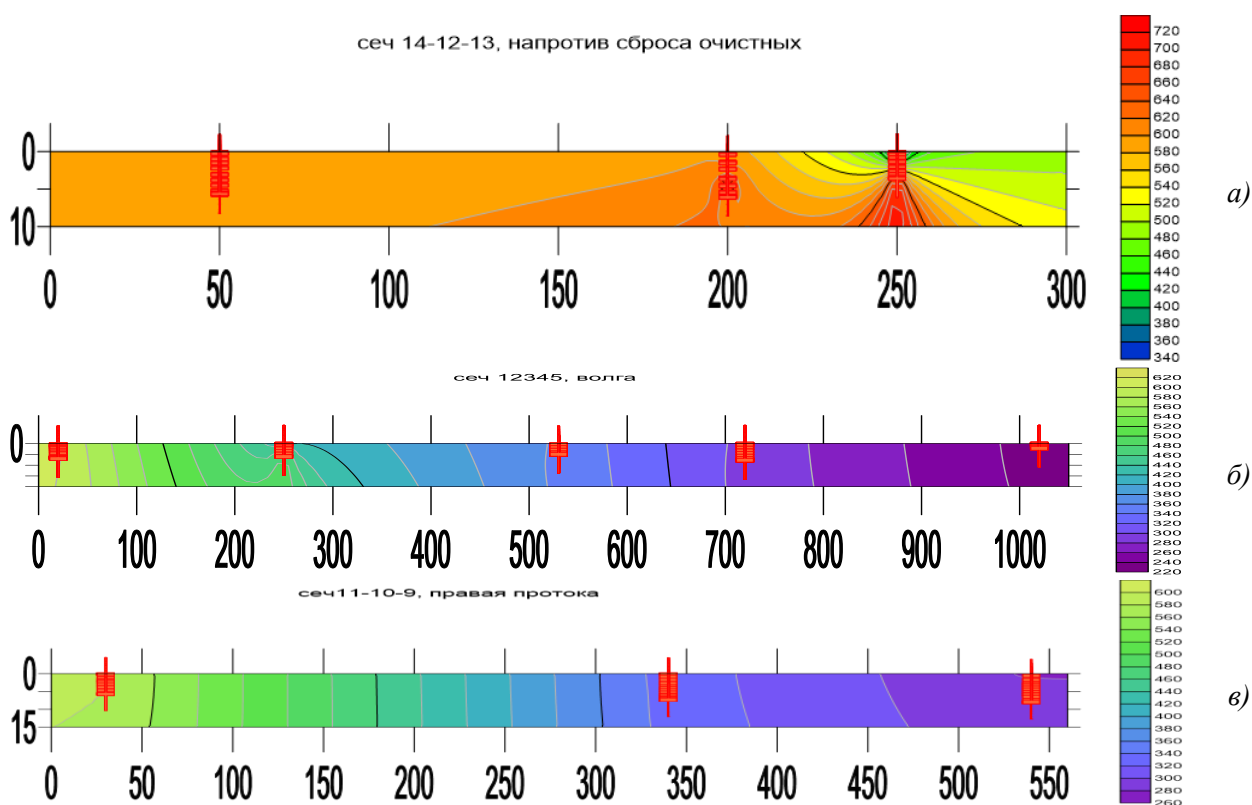


Рисунок 2 – Картины распределения электропроводности воды в сечениях: а) в сечении 14-12-13 напротив очистных; б) в сечении 12345 поперек Волги; в) в сечении 11-10-9 – правая протока Волги

Однако, при построении картин распределения показателей в толще воды зачастую теряются из вида мелкомасштабные процессы, протекающие в метровом приповерхностном слое воды. Поэтому для сечения 14-12-13 напротив сбросного канала, а также для сечения 1 – 5 в р. Волге были построены графики изменения по глубине показателей в каждой отдельно взятой точке (рис. 3, а – г): удельной электропроводности (мкСм/см), температуры воды (град. Цельсия), флуоресценции хлорофилла-А (RFU) в каждой точке зондирования.

По изменению электропроводности на рис. 3, а) видно, что в точке 13 происходит интенсивное смешивание, в т.12 слабое смешивание, а в т. 14 состав воды неизменен, перемешивания нет. Для сравнения, в т.1, ниже по течению вдоль этого же берега электропроводность составляла 600 мкСм/см и была постоянна по глубине. Такая

электропроводность типична для правого берега – окской воды. Однако в т. по резкому уменьшению электропроводности можно судить о значительном разбавлении речного потока более пресной водой, предположительно, выходящей из сбросного канала очистных сооружений.

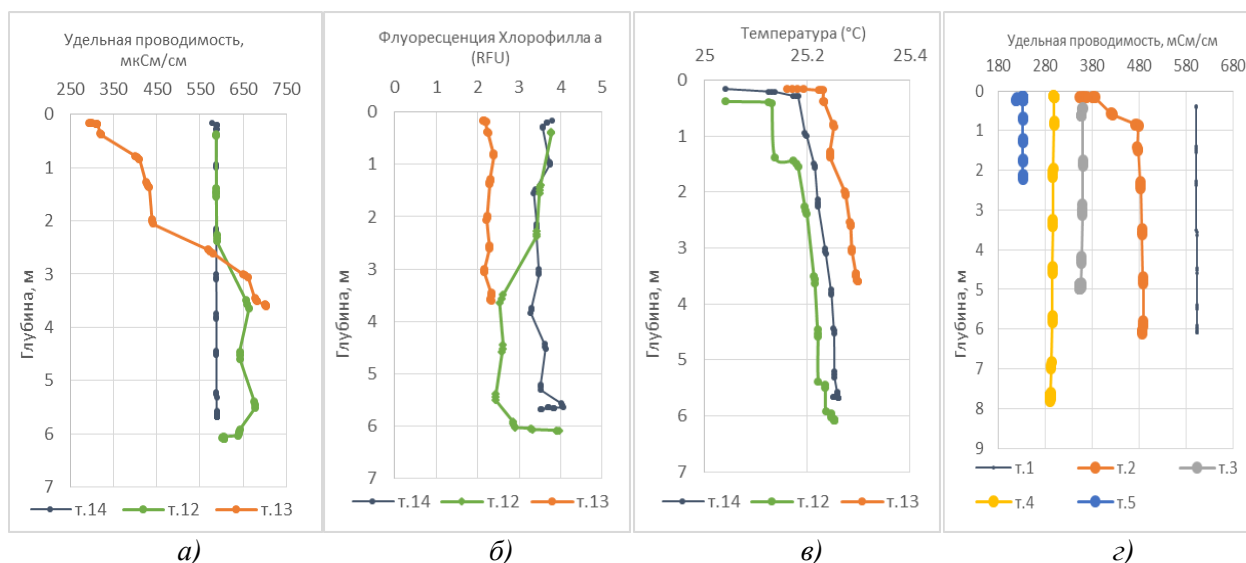


Рисунок 3 – Графики изменения по глубине показателей в сечении 14-12-13 напротив сбросного канала очистных сооружений: а) удельной электропроводности (мкСм/см); б) флуоресценции хлорофилла-А (RFU); в) температуры воды (град. Цельсия); а также г) изменения по глубине электропроводности в сечении 1 – 5 реки Волги

Флуоресценция хлорофилла-А по глубине практически не изменяется (рис. 3, б), что свидетельствует о равномерном распределении фитопланктона в толще воды. При этом в точке 13, расположенной ниже по течению, наблюдаются концентрации в среднем в 1,5 – 2 раза ниже, чем в предыдущих точках, что может свидетельствовать о разбавлении речной цветущей воды потоком из сбросного канала очистных сооружений, который, впрочем, оказывается по качеству лучше, чем речная вода.

Изменение температуры по глубине происходит также постепенно, приблизительно с 25,1 до 25,3 градусов Цельсия (рис. 3, в). При этом, точка 13 снова выделяется чуть повышенными в среднем значениями температуры во всей толще воды.

Для сравнения, ниже приведены графики изменения по глубине удельной электропроводности в сечении 1 – 5 (рис. 3, г). Градиент уменьшения электропроводности правого берега к левому, т.е. от т. 1 к т. 5, характерен для р. Волги ниже слияния с р. Окой. При этом, вертикальный градиент электропроводности на данном участке отсутствует. Однако, в т. 2, расположенной ближе к правому берегу, но не у самого берега, на поверхности воды и до глубины 1 м выделяется более пресный поток со значениями электропроводности 380-480 мкСм/см, что может свидетельствовать о продолжающемся в этом сечении перемешивании более пресного сбросного потока очистных сооружений с высокоминерализованным окским потоком, движущимся вдоль правого берега.

Таким образом, в сечении Волги напротив водовыпуска очистных сооружений был зафиксирован поток, который плавно смешивался с речным потоком в приповерхностном слое воды. При этом, сточный поток характеризовался по измеренным показателям в целом более лучшими показателями, чем окская вода – в частности, заметно более низкой электропроводностью (а значит и соленостью), меньшим уровнем цветения воды. В то же время органолептические характеристики, в том числе визуально обнаруживаемые частицы активного ила, позволяют предположить, что содержание органических примесей в сбросном потоке может быть выше. В дальнейшем планируется продолжить исследования

распределения гидрохимических показателей вниз по течению р. Волга от выпуска очистных сооружений совместно с исследованиями гидродинамики речного потока. При выполнении данных исследований необходимо учитывать уровень воды в районе водовыпуска.

Список литературы:

1. Смирнова, М.В. Пространственная изменчивость гидрохимических показателей на отдельных участках Горьковского и Чебоксарского водохранилищ / М.В. Смирнова, Е.Ю. Чебан, В.С. Глухова, [и др.] // Вестник ВГАВТ, Вып. 57, 2018 г. - С. 51-59.
2. Капустин, И.А. Исследование структуры течений в Горьковском водохранилище и связанного с ним распределения концентрации взвеси и фитопланктона / И.А. Капустин, С.А. Ермаков, М.С. Дмитриева, [и др.] // Тезисы конференции: «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – ИКИ РАН: 2016. Т. 14. - С. 248.

