



УДК 556

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ЗОНЕ СМЕШЕНИЯ МАЛОЙ РЕКИ ЛЕВИНКИ С ВОЛГОЙ

Смирнова Мария Валерьевна, к.т.н., доцент кафедры гидродинамики, теории корабля и экологической безопасности судов
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Исследование выполнено за счет средств гранта ВОО «Русское географическое общество» (договор № 06/2025-Р от 04.08.2025г.)

Аннотация. Настоящая работа является продолжением серии работ по изучению зон смешения малых и крупных рек бассейна Волги. Была исследована устьевая зона малой реки Левинки и получены карты распределения концентраций физико-химических показателей: удельная электропроводность, плотность, окислительно-восстановительный потенциал, температура, содержание растворенного кислорода, водородный показатель pH и мутность. Было показано, что несмотря на небольшую в сравнении с морскими плюмами разницу состава водных масс Левинки и Волги, плюм все же формируется и может быть визуализирован, а, следовательно, могут быть оценены его физические и гидродинамические параметры. Важным в прогностическом плане переноса загрязнений является тот факт, что границы плотностного плюма не совпадают с границами химических взаимодействий.

Ключевые слова: малые реки, устья малых рек, Левинка, Волга, физико-химические показатели, зона смешения рек, плюм

Устьевые области рек в силу своей особой экосистемной роли традиционно привлекают научное внимание многих исследователей (см., например, [1 – 4] и цитированную литературу). В океанологии эти зоны принято называть речными плюмами в силу наличия у них значительного градиента солености (и плотности) на их границе с окружающими морскими водами [1, 2]. Речные водные массы также могут иметь значительный градиент солености и плотности, и даже формировать изолированные пресноводные линзы в водохранилищах, что было зафиксировано ранее в работе [5].

Устьевая зона реки Левинка интересна с гидродинамической точки зрения, поскольку она впадает в Волгу на последнем незарегулированном ее участке от г. Городец до устья р. Ока в районе г. Нижний Новгород, характеризующимся высокими скоростями течения. Поэтому плюм, под которым понимаем физико-химический шлейф, формируемый Левинкой, интересен для изучения протекающих в нем физико-химических и гидродинамических процессов как с фундаментальной точки зрения, а также в целях

развития прогностических методик распространения аварийных и рутинных загрязнений в речных плюмах на реках и водохранилищах [6].

Настоящая работа является продолжением серии работ по изучению зон смешения малых и крупных рек бассейна Волги [7–9]. В частности, при исследовании зоны смешения Оки и Волги [7, 8], было установлено, что значительные различия между гидрологическими характеристиками потоков Волги и Оки наблюдаются на достаточно больших расстояниях вниз по течению от точки слияния - около 10 ширин реки и более, что составляло около 170км, а зона смешения тянется довольно узкой полосой. Исследование менее крупных притоков, таких как Ветлуга, Сура находящихся в зоне подпора Чебоксарского водохранилища [9], показало, что их зоны смешения имеют более сложную, плохо прогнозируемую структуру. Данный факт может усложнить моделирование и составление прогнозов распространения аварийных или рутинных сбросов загрязняющих веществ в зонах смешения [6].

В сервисе GoogleEarth был построен контур предустьевое и устьевое участков р. Левинки с прилегающей к устью акваторией Волги (рис. 1). В выделенной области в 9-ти точках было выполнено зондирование с помощью многопараметрического зонда AquaTroll 500. Глубина воды во всех точках не превышала 0,5м. Измерялись параметры: удельная электропроводность (мкСм/см), плотность (кг/дм³), окислительно-восстановительный потенциал (ОВП, мВ), температура (градусы Цельсия), содержание растворенного кислорода (мг/дм³), водородный показатель рН и мутность (нефелометрические единицы мутности NTU).

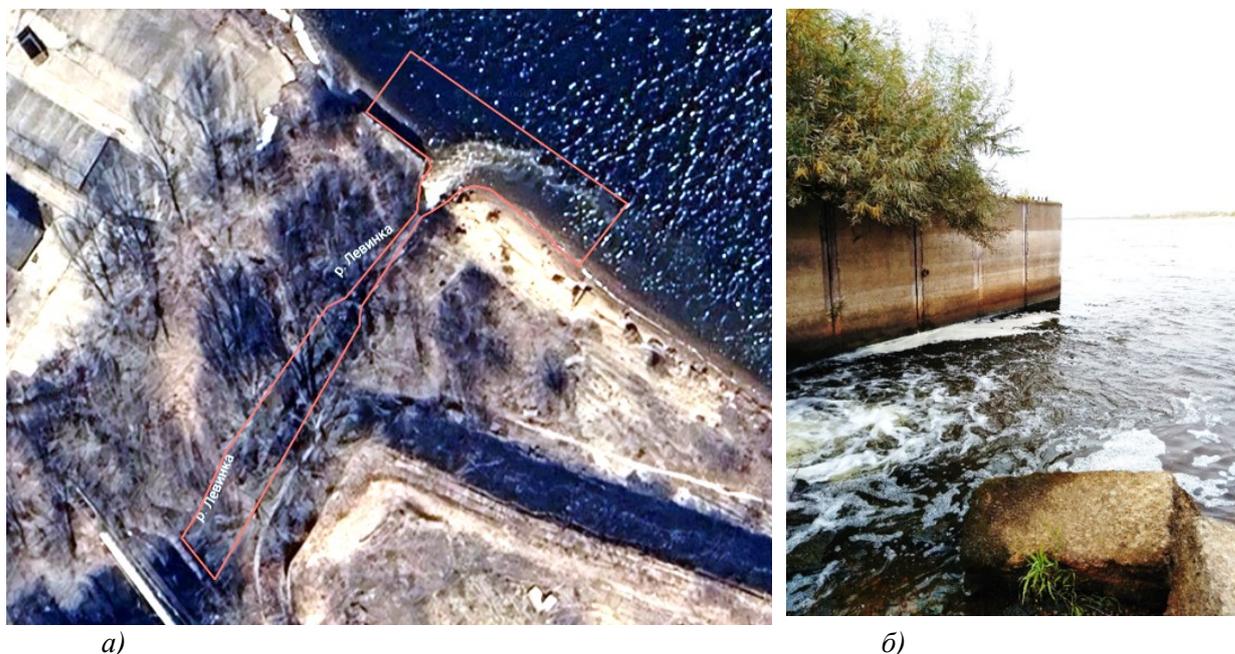


Рис. 1. Район исследований в устье р. Левинки: а – спутниковый снимок 22.03.2025г.; б – фото устья Левинки в день измерений 22.09.2020г.

Затем в полученный контур были вписаны изолинии физико-химических параметров воды, построенные в программе Surfer (рис. 2). Как видно на рис. 2, практически все показатели в зоне смешения сразу претерпевают изменения, усредняются между значениями таковых в р. Левинке и Волге. Высокая электропроводность Левинки быстро разбавляется более пресной волжской водой, остается лишь небольшой застойный участок неразбавленной водной массы Левинки в устье у правого берега (рис. 2, а). ОВП также снижается локально в области выноса примесей к правому берегу, что может свидетельствовать о локальной застойной зоне (рис. 2, б). Мутность же наоборот, возрастает уже после слияния речных потоков (рис. 2, в), что, вероятно, связано со вторичным взмучиванием осевших примесей все возрастающими скоростями потока,

которые, согласно [2], достигают максимума не в самом устье, а на некотором удалении от него. Концентрация растворенного кислорода увеличивается по сравнению как с Левинкой, так и с Волгой, максимум кислорода наблюдается уже после слияния, в зоне смешения потоков (рис. 2, г). Водородный показатель изменяется медленнее остальных показателей (рис. 2, д), т.к. он связан с химическими превращениями, которые происходят не мгновенно и во многом определяется физическими параметрами речных потоков, а также интенсивностью их перемешивания. Распределение плотности (рис. 2, е) показывает область чисто физического смешения потоков, без учета химических превращений, и она оказывается короче, чем химический шлейф.

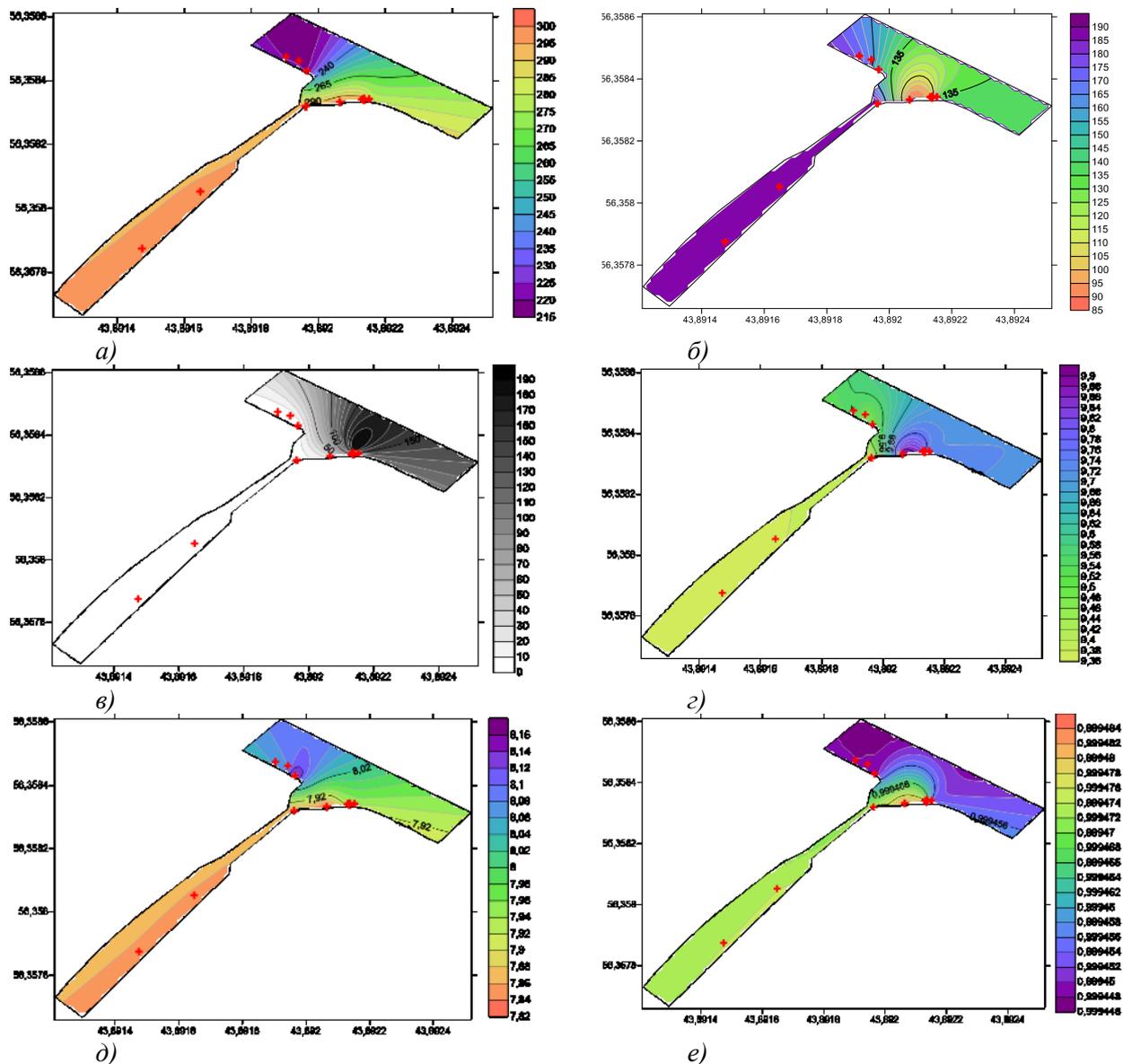


Рис. 2. Изолинии физико-химических показателей в районе устья р. Левинка: а – электропроводность; б – ОВП; в – мутность; г - растворенный кислород; д – водородный показатель рН; е – плотность, кг/дм³.

Таким образом, в работе была визуализирована зона смешения водных масс малой реки Левинки с Волгой, что имеет важное фундаментальное значение в контексте изучения структуры и динамики малых речных плюмов в водохранилищах. Было показано, что несмотря на небольшую в сравнении с морскими плюмами разницу состава водных масс Левинки и Волги, плюм все же формируется и может быть визуализирован, а, следовательно, могут быть оценены его физические и гидродинамические параметры. Важным в прогностическом плане переноса загрязнений является тот факт, что границы

плотностного плюма не совпадают с границами химических взаимодействий, в связи с чем дальнейшее исследование речных плюмов в водохранилищах представляет несомненный интерес.

Исследование выполнено за счет средств гранта ВОО «Русское географическое общество» (договор № 06/2025-Р от 04.08.2025г.).

Благодарю своего мужа, Смирнова Андрея Юрьевича за помощь в проведении полевых измерений.

Список литературы:

1. Synoptic and Seasonal Variability of Small River Plumes in the Northeastern Part of the Black Sea / E. Korshenko, I. Panasenкова, A. Osadchiev [et al.] // Water. – 2023. – Vol. 15, No. 4. – P. 721. – DOI 10.3390/w15040721. – EDN VRLPLC.
2. Гидрофизическая структура и динамика течения плюма р. Кодор / А. А. Осадчиев, А. А. Барымова, Р. О. Седаков [и др.] // Океанология. – 2021. – Т. 61, № 1. – С. 5-20. – DOI 10.31857/S0030157421010159. – EDN CLSJNE.
3. Состояние устьевых участков рек республики Абхазия и их влияние на побережье Чёрного моря / Н. М. Мингазова, Р. С. Дбар, В. М. Иванова [и др.] // Морской биологический журнал. – 2016. – Т. 1, № 4. – С. 30-39. – DOI 10.21072/mbj.2016.01.4.04. – EDN XGXUFH.
4. Видовая структура сообществ зоопланктона зарослей макрофитов в трофическом градиенте в устьевых областях притоков водохранилищ Средней Волги / Д. Е. Гаврилко, В. С. Жихарев, И. А. Кудрин [и др.] // 13-й съезд Гидробиологического общества при Российской академии наук, посвященный 300-летию Российской академии наук, Десятилетию науки и технологий в России и 5-летию Архангельского отделения ГБО при РАН : Тезисы докладов, Архангельск, 16–20 сентября 2024 года. – Архангельск: КИРА, 2024. – С. 119-120. – EDN TOSBVY.
5. О формировании изолированной линзы речного стока круговоротом в Горьковском водохранилище / И. А. Капустин, С. А. Ермаков, М. В. Смирнова [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18, № 6. – С. 214-221. – DOI 10.21046/2070-7401-2021-18-6-214-221. – EDN JJIVWX.
6. Рахуба А.В. Экспериментальные исследования пространственно-временной неоднородности вод долинного водохранилища / А.В. Рахуба // Известия СамНЦ РАН, 2009, Т. 11, №1. – с.146–154
7. Satellite and 'in-situ' observations of a river confluence zone / S. A. Ermakov, A. A. Molkov, I. A. Kapustin [et al.] // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering : Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2019, Strasbourg, 09–10 сентября 2019 года. Vol. 11150. – Strasbourg: SPIE, 2019. – P. 111501S. – DOI 10.1117/12.2533470. – EDN VOYOCN.
8. Распределение примесей в зоне смешения рек Волги и Оки / М. В. Смирнова, И. А. Капустин, В. С. Глухова [и др.] // Проблемы экологии Волжского бассейна : труды 3-й всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 30–31 октября 2018 года / Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»). Том Выпуск 1. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2018. – С. 16. – EDN YUACHZ.
9. Полевые исследования зон смешения крупных притоков р. Волга в акватории Чебоксарского водохранилища / М. В. Смирнова, Е. Ю. Чебан, Ю. А. Косточкина [и др.] // Проблемы экологии Волжского бассейна : Труды 4-й всероссийской научной конференции, Нижний Новгород, 30–31 октября 2019 года. Том Выпуск 2. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2019. – С. 28. – EDN SYAHMM.

DISTRIBUTION OF PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF WATER QUALITY IN THE CONFLUENCE ZONE OF THE SMALL LEVINKA RIVER WITH THE VOLGA

Abstract. This work is a continuation of a series of studies on the mixing zones of small and large rivers in the Volga Basin. The mouth of the small Levinka River was studied, and maps of the distribution of physical and chemical parameters, including electrical conductivity, density, redox potential, temperature, dissolved oxygen content, pH, and turbidity were created. Despite the small differences in the composition between the Levinka and Volga waters compared to marine plumes, it was found that a plume does form and can be identified. Consequently, its physical and hydrodynamic properties can be estimated. An important fact for predicting pollution transfer is that the boundaries of the density plume do not always coincide with those of chemical interactions.

Keywords: small rivers, small river mouth, Levinka, Volga, physico-chemical parameters, river mixing zone, plume