

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОРОДСКОГО ОКРУГА ВЛАДИМИР

Т.А. Трифонова¹, О.Г. Селиванов², А.А. Марцев³, И.Н. Курочкин⁴,
Ю.Н. Курбатов⁵, Л.Н. Романова⁶

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, кафедра географии почв

^{1–6} Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, институт биологии и экологии,
кафедра биологии и экологии

¹ Профессор, д-р биол. наук; e-mail: tatrifon@mail.ru

² Ст. науч. сотр.; e-mail: selivanov6003@mail.ru

³ Доц., канд. биол. наук; e-mail: martsevaa@yandex.ru

⁴ Аспирант; e-mail: ivan33vl@yandex.com

⁵ Аспирант; e-mail: iur.curbatov@gmail.com

⁶ Магистр; e-mail: Ludmila.romanova98@yandex.ru

Представлены результаты проведенных в августе 2022 г. исследований воды рек городского округа Владимир на содержание тяжелых металлов и изучен их анионно-катионный состав. Показано, что в пробах воды рек городского округа есть превышение значений гигиенических и рыбохозяйственных нормативов по ряду тяжелых металлов (свинец, железо, кадмий, цинк, медь и ванадий) и ионов (аммоний, магний, сульфаты, нитраты, фториды, фосфаты), что связано как с хозяйственной деятельностью человека, так и с региональной спецификой геохимического состава водовмещающих пород и особенностями режима функционирования и питания подземных вод. В воде р. Нерль, являющейся источником питьевого водоснабжения г. Владимира, обнаружено содержание калия в концентрации, соответствующей нижнему порогу физиологической полноценности, что может отрицательно отразиться на здоровье жителей города при длительном употреблении такой воды. Показано, что недостаточная очистка промышленных стоков на очистных сооружениях предприятий от биогенных элементов может приводить к их попаданию в водные объекты в концентрациях, превышающих гигиенические и рыбохозяйственные нормативы. Это, в свою очередь, может способствовать накоплению других элементов. В связи с жесткими требованиями к концентрации химических элементов, предъявляемыми к водным объектам рыбохозяйственного назначения, необходимо совершенствовать оборудование и технологические схемы очистки на очистных сооружениях. Малые реки городов являются уязвимыми и мало защищенными, поэтому они требуют к себе особого внимания природоохранных органов. Являясь притоками более крупных рек, малые реки формируют качество их вод. В случае использования для нужд хозяйственно-питьевого назначения они являются фактором, определяющим здоровье городских жителей.

Ключевые слова: загрязнение рек, тяжелые металлы, анионы и катионы

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.6.13

ВВЕДЕНИЕ

Клязьма и Нерль, по площади бассейна относящиеся к средним рекам, играют важнейшую роль в жизни областного города Владимира. Их вода после предварительной водоподготовки и смешения с подземными водами Судогодского водозабора используется для централизованной подачи большей части населения городского округа на хозяйственно-питьевые нужды. По данным администрации Владимира, местные реки, согласно [ГОСТ 2761–84, 2006], относятся ко второму классу по качеству воды [Жилищно-коммунальное..., 2023], т. е. для ее использования в питьевых целях нужны специальные методы очистки. К основным загрязнителям относятся биогенные элементы, органические

вещества, азот аммонийный и азот нитратов, различные металлы [Лямперт и др., 2022]. По данным Владимирского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС), за период с 2018 по 2021 г. были выявлены случаи высокого загрязнения воды р. Клязьмы в пределах городского округа Владимир по железу, нитритному и аммонийному азоту [Ежегодный доклад..., 2019–2022].

К малым рекам, протекающим в границах городского округа Владимир, относятся Лыбедь, Рпень и Содышка. Состояние и качество их воды во многом зависит от количества и степени очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, сбрасываемых различными предприятиями города. Так, например, в 2021 г. сброс загрязненных сточных

вод во Владимире составил 29,74 млн м³ [Ежегодный доклад..., 2022]. Эти значения растут ежегодно, что во многом связано с неудовлетворительным состоянием большинства очистных сооружений на территории региона: из 194 имеющихся очистных сооружений биологической и механической очистки 60% подлежат капитальному ремонту, а 30% – реконструкции [Ежегодный доклад..., 2022].

Антропогенное воздействие на малые реки значительное, а самоочищающая способность их ограничена. При этом роль этих рек для города велика – по берегам размещены населенные пункты, дачные поселки, новые жилые микрорайоны, для жителей города они являются зонами активного отдыха. Состояние этих рек является одним из главных экологических вопросов, волнующих местных жителей.

Поэтому цель данной работы – эколого-гигиеническая оценка поверхностных вод городского округа Владимир.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено 16–17 августа 2022 г. Объект исследования – поверхностные водные источники, протекающие по территории городского округа Владимир (рис.). Это малые реки: Содышка (точки № 1–4), Рпень (№ 5, 6), Лыбедь (№ 7, 8) и средние реки: Нерль (№ 9, 10), которая территориально хоть и не протекает по территории городского округа, но имеет большое значение в его централизованном хозяйственно-питьевом снабжении, а также главная водная артерия региона – река Клязьма (№ 11, 12).

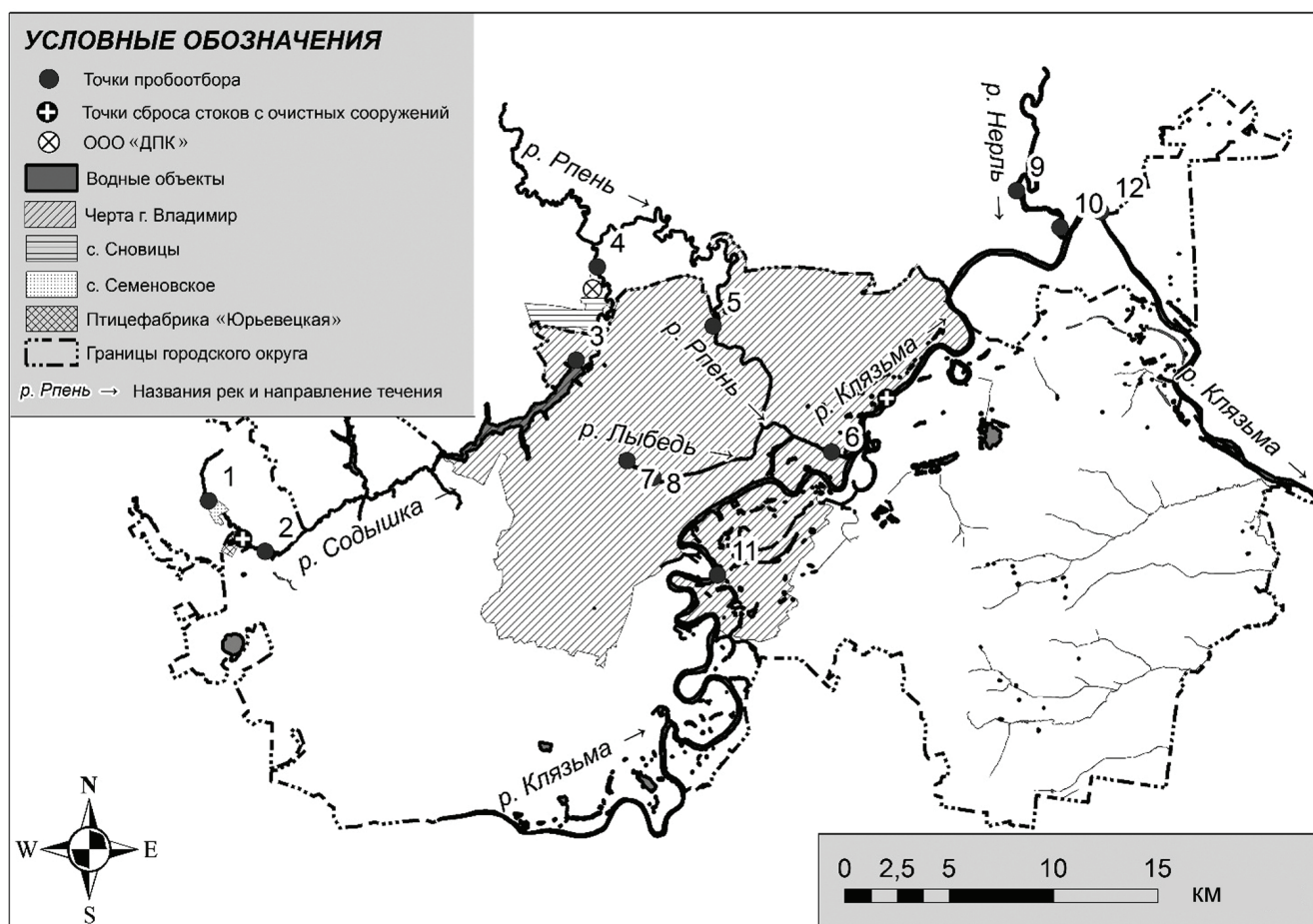


Рис. Точки отбора проб

Fig. Sampling points

Пробы речной воды отбирались в период летней межени в соответствии с ГОСТ Р 51592-00. Анализы проб воды были проведены в течение трех дней после отбора. Их хранение осуществлялось при температуре +2...+5°C в темном месте. Перед анализом пробы предварительно фильтровали для отделения взвешенных веществ и различных нераствори-

мых форм через бумажный фильтр «синяя лента». Определение концентраций тяжелых металлов в воде проводили в соответствии с методикой М-049-ВП/09 «Методика выполнения измерений массовой концентрации свинца, цинка, меди, никеля, кобальта, железа, хрома, ванадия, висмута, кадмия, селена, мышьяка в природных, питьевых и сточных водах

рентгенофлуоресцентным методом после концентрирования их пирролидиндитиокарбаминатных комплексов на фильтрах» (ПНД Ф 14.1:2:4.208-04). Определение концентраций катионов в воде проводили по методике М 01-31-2011 «Определение неорганических катионов в воде» (ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 (изд. 2011 г.)). Определение концентраций анионов проводили в соответствии с методикой М 01-58-2018 «Определение неорганических анионов в воде» (ПНД Ф 14.1:2:3:4.282-18). Оценку содержания химических элементов в пробах проводили в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», а также в соответствии с Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» Физиологическую полноценность воды, т. е. наличие необходимых в физиологическом отношении макро- и микроэлементов в оптимальном для организма человека количестве, определяли в соответствии с СанПин 2.1.4.1116-02 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества».

Картографирование проводили с помощью ГИС программы ArcMap.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования установлено превышение ПДК по свинцу в пробах из рек Нерль и Лыбедь, что, вероятно, связано с непосредственной близостью автодорог и высоким потоком здесь автомобильного транспорта, способствующего попаданию техногенного свинца в поверхностные воды. Ранее было установлено, что, например, в почве придорожных территорий, подверженных воздействию исключительно автомобильного транспорта, накопление свинца происходит быстрее остальных тяжелых металлов [Марцев и др., 2022]. Отмечено значительное превышение ПДК по кадмию в створе № 4. Учитывая, что в пробах воды выше по течению кадмия обнаружено не было, его попадание здесь может быть связано, например, со сбросом неочищенных или плохо очищенных промышленных стоков. В непосредственной близости от створа № 4 ведет деятельность предприятия по производству древесно-полимерных композиций на основе поливинилхлорида (ПВХ) ООО «ДПК». Соединения кадмия могут быть использованы в каче-

стве стабилизатора [Лутфуллаев, Давронова, 2019]. Это вещество может частично попадать в почву на производственной территории, например, из-за неправильного хранения или нарушений в технологии производства, и в дальнейшем вымываться в близкорасположенный поверхностный сток (р. Содышка), либо может попадать в водный объект со стоками напрямую.

Установлено содержание высоких концентраций железа, что является серьезной региональной проблемой, вызванной рядом причин. В реках Нерль и Клязьме данное обстоятельство, вероятно, обусловлено влиянием притоков, дренирующих заболоченные территории. Так, например, для всех рек верховых болот Мещерской низменности, часть которых являются притоками Клязьмы, характерно повышенное содержание общего железа (2,3–8,2 мг/л) [Ахметьева и др., 2021]. Ожелезнение болотных вод связано с процессами минерализации торфа, в ходе которых железо высвобождается из железоорганических соединений, благодаря деятельности гетеротрофных железобактерий [Шварева и др., 2014]. Дополнительным источником железа может служить его сброс со сточными водами.

Высокие концентрации железа в малых реках (Лыбедь, Рпень и Содышка), вероятно, вызваны другими причинами. Например, с присутствием в урбанизированных почвах города техногенного железа, прежде всего магнетита Fe_3O_4 , поступающего в почву с частицами атмосферных выбросов промышленных предприятий и предприятий топливно-энергетического комплекса, а также с аэральными отходами эмиссии автомобилей [Марцев и др., 2022; Водяницкий, Шоба, 2015]. Постепенное вымывание железа из городской почвы приводит к поддержанию его повышенного значения в поверхностных водах. Попаданию железа в поверхностные воды может способствовать и активное использование жителями частного сектора, коттеджных поселков, садовых товариществ, не имеющих центрального водоснабжения, подземных вод (артезианские скважины, колодцы) для хозяйственно-бытовых нужд. В силу региональной специфики геохимического состава водовмещающих пород и особенностей режима функционирования и питания, они характеризуются повышенным содержанием различных микроэлементов, в том числе и железа [Ежегодный доклад..., 2022]. Таким образом, весь объем подземной воды, используемый населением для хозяйственно-бытовых нужд, в конечном итоге в виде стоков попадает в поверхностные источники, что также может определять высокое содержание железа в водах рек г. Владимира.

Известно, что рыбохозяйственные нормативы более жесткие, чем их санитарно-гигиенические

аналоги. Если оценивать состояние рек города с точки зрения возможного влияния тяжелых металлов на гидробионты, то окажется, что, помимо перечисленных выше трех элементов, по всем точкам отбора проб наблюдаются превышения ПДК по меди (3–46 раз), цинку (2,6–24,1 раза) и ванадию (6–9 раз). Цинк и медь являются одними из важнейших незаменимых элементов для жизнедеятельности животных и растений, однако в избыточных концентрациях это опасные токсиканты. Основным источником поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий химической и металлургической промышленности. Цинк поступает в природные воды со сточными водами гальванических цехов. Ванадий также относится к микроэлементам, необходимым практически всем живым организмам, особое значение он имеет для роста и развития растений; находится преимущественно в рассеянном состоянии и обнаруживается в нефти, асфальтах, битумах, горючих сланцах, углях и др. Одним из главных источников загрязнения природных вод ванадием являются нефть и продукты ее переработки.

В связи с тем что в часть г. Владимира в качестве хозяйственно-питьевого назначения подается вода поверхностных источников (место водозабора – слияние рек Нерли в Клязьмы) [Схема..., 2023], необходима ее оценка на физиологическую полноценность, которая определяется ее ионным составом. По содержанию ионов магния и кальция воды Нерли и Клязьмы соответствуют нормам физиологической полноценности. По калию, при физиологической норме 2–20 мг/дм³, пробы р. Клязьмы соответствуют, а вот пробы р. Нерли имеют нижний предел физиологической полноценности (1,93–2,14 мг/дм³). Длительное употребление такой воды может негативно отразиться на здоровье населения.

В пробах воды р. Содышки установлено близкое к гигиеническим и превышение по рыбохозяйственным значениям ПДК содержание ионов аммония (створы № 1, 4), что возможно связано с попаданием хозяйственно-бытовых стоков от прилегающих к реке населенных пунктов. В створе № 2 установлено превышение ПДК ионов магния, что, вероятно, связано с недостаточной степенью очистки промышленных стоков птицефабрики, расположенной немного выше по течению. Известно, что для сбалансированности питания в рацион кур мясного направления и кур-несушек добавляют микроэлементы минерального происхождения, в том числе и магний в виде карбоната, сульфата, оксида или гидроксида магния.

Во всех водоемах обнаружено превышение рыбохозяйственных нормативов по содержанию фосфат-ионов. Избыточное содержание фосфатов

в воде может быть отражением присутствия примесей удобрений, компонентов хозяйственно-бытовых сточных вод, разлагающейся биомассы. По хлоридам, сульфатам, нитратам и фторидам в реках Нерль, Клязьма и Рпень превышение рыбохозяйственных и гигиенических значений ПДК в воде не обнаружено. В р. Лыбедь установлено незначительное превышение рыбохозяйственных ПДК по сульфат-ионам.

Что касается р. Содышка, в которую сбрасываются очищенные стоки птицефабрики (между створами № 1 и 2), то здесь обнаружено превышение норм по нитратам (створы № 2 и 4), фторид-ионам (створы № 2 и 4 (для рыбохозяйственных ПДК)), по фосфатам-ионам (створ № 2) и по сульфат-ионам ((створ № 2) для рыбохозяйственных ПДК). Известно, что для производственных стоков, образующихся в процессе работы птицефабрик, характерно высокое содержание соединений азота и фосфора. Плохая очистка от этих соединений на очистных сооружениях приводит к их попаданию в водные объекты, вызывая в них усиленную эвтрофикацию. Сульфат-ионы образуются при диссоциации солей, образованию которых способствуют сульфатредуцирующие бактерии. Причиной высоких концентраций сульфат-ионов в створе № 2, по нашему мнению, является отмирание живых организмов, являющееся логичным следствием процессов эвтрофикации. Известно, что сульфаты способствуют выщелачиванию фторидов [Усова и др., 2017]. Еще одной причиной высокой концентрации фтора может служить его попадание в воду с остатками суперфосфата, который является важным компонентом при утилизации птичьего помета.

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлено, что поверхностные воды городского округа Владимир подвержены загрязнению такими тяжелыми металлами, как свинец, железо, кадмий, цинк, медь и ванадий, что связано как с хозяйственной деятельностью человека, так и с региональной спецификой геохимического состава водовмещающих пород и особенностями режима функционирования и питания подземных вод.

Установлено превышение предельно допустимых концентраций по анионам и катионам. Данные гидрохимических исследований качества воды водоемов показывают, что недостаточная очистка промышленных стоков на очистных сооружениях предприятий от биогенных элементов может приводить к их попаданию в водные объекты в концентрациях, превышающих гигиенические и рыбохозяйственные нормативы, и способствовать накоплению других элементов.

Малые реки городов являются уязвимыми и мало защищенными, поэтому требуют к себе особого внимания природоохранных органов. В связи с жесткими требованиями к концентрации химических элементов, предъявляемыми к водным объектам рыбохозяйственного назначения, необходимо совершенствовать оборудование и технологические

схемы очистки на очистных сооружениях. Являясь притоками более крупных рек, малые реки формируют качество их вод и являются фактором, определяющим здоровье городских жителей, в случае использования воды для нужд хозяйственно-питьевого назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ахметьева Н.П., Михайлова А.В., Кричевец Г.Н. Гидрохимический режим болотных рек Мещерской низменности // Труды Инсторфа. 2021. № 24(77). С. 15–25.
- Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 13–20.
- ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: Стандартинформ, 2006. 150 с.
- Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2018 году». Владимир: Экология региона, 2019. Вып. 26. 165 с.
- Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2019 году». Владимир: Экология региона, 2020. Вып. 27. 135 с.
- Ежегодный доклад «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2021 году». Владимир: Экология региона, 2022. Вып. 29. 178 с.
- Лямперт Н.А., Ничипорова И.П., Лобченко Е.Е., Первышева О.А. Современное состояние и динамика качества воды р. Клязьмы // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 104–110.
- Марцев А.А., Селиванов О.Г., Трифонова Т.А. Оценка почвы придорожной территории автодороги Р72 по содержанию тяжелых металлов и мышьяка // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 7. С. 730–735.
- Усова Е.В., Орехова Ю.В., Воробьев Е.В. Сезонные колебания содержания сульфат-ионов в реках Миус и Кранка за период 2007–2016 гг. // Вода: химия и экология. 2017. № 11–12 (113). С. 14–19.
- Шварева И.С., Трифонов К.И., Никифоров А.Ф. Гидрохимический мониторинг водных экосистем Национального парка «Мещера» // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 1. С. 58–74.
- Электронные ресурсы*
- Лутфуллаев С.Ш., Давронова Ф.Л. Стабилизация ПВХ химическими добавками // Universum: химия и биология. 2019. № 7(61). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/7583> (дата обращения 01.02.2023).
- Схема водоснабжения и водоотведения города Владимира до 2024 года. URL: <https://vladimir-city.ru/economics/zhkh/Shema%20VVK/> (дата обращения 01.02.2023).
- Жилищно-коммунальное хозяйство. Город Владимир // Официальный сайт органов местного самоуправления. URL: <https://vladimir-city.ru/economics/zhkh/help.php> (дата обращения 01.02.2023).

Поступила в редакцию 14.02.2023

После доработки 16.05.2023

Принята к публикации 27.07.2023

ASSESSMENT OF CHEMICAL POLLUTION OF THE SURFACE WATER IN VLADIMIR

**T.A. Trifonova¹, O.G. Selivanov², A.A. Martsev³, I.N. Kurochkin⁴,
Yu.N. Kurbatov⁵, L.N. Romanova⁶**

¹ Lomonosov Moscow State University, Department of Soil Geography

¹⁻⁶ Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov,
Institute of Biology and Ecology, Department of Biology and Ecology

¹ Professor, D.Sc. in Biology; e-mail: tatrifon@mail.ru

² Senior Reseacher; e-mail: selivanov6003@mail.ru

³ Associate professor, Ph.D. in Biology; e-mail: martsevaa@yandex.ru

⁴ Postgraduate student; e-mail: ivan33vl@yandex.com

⁵ Postgraduate student; e-mail: iur.kurbatov@gmail.com

⁶ Master; e-mail: Ludmila.romanova98@yandex.ru

The results of studies of river water of the Vladimir city district for the content of heavy metals conducted in August 2022 are presented and the anionic-cationic composition of water is analyzed. It is shown that a number of heavy metals (lead, iron, cadmium, zinc, copper and vanadium) and ions (ammonium, magnesium, sulfates, nitrates, fluorides, phosphates) in water samples of the rivers of the city district exceed hygienic and fishery standards, which is due to both human economic activity and regional specifics of the geochemical composition of water-bearing rocks and features of groundwater functioning and feeding. The potassium concentration in water of the Nerl river, which is a drinking water source for Vladimir, corresponds to the lower threshold of physiological competence, which can affect the health of city residents if they use such water for a long time. It is shown that insufficient extraction of biogenic elements at the treatment facilities of enterprises could lead to their ingress into water bodies in concentrations exceeding hygienic and fishery standards. This in turn could contribute to the accumulation of other elements. Strict requirements for the content of chemical elements in fishery water bodies make it necessary to improve the equipment and technological schemes of purification at treatment facilities. Small rivers of cities are vulnerable and poorly protected; therefore they require special attention of environmental authorities. Being tributaries of larger rivers, small rivers form the quality of their waters. If they are used for the household and drinking purposes, they become a factor determining the health of urban residents.

Keywords: river pollution, heavy metals, anions and cations

REFERENCES

- Akhmet'eva N.P., Mikhailova A.V., Krichevets G.N. *Gidrokhimicheskii rezhim bolotnykh rek Meshcherskoi nizmennosti* [Hydrochemical regime of swamp rivers of the Meschera Lowland], *Trudy Instorfa*, 2021, no. 24(77), p. 15–25. (In Russian)
- Ezhegodnyi doklad "O sostoyanii okruzhayushchei sredy i zdorov'ya naseleniya Vladimirskoi oblasti v 2018 godu"* [Annual report "On the state of the environment and the health of the population of the Vladimir region in 2018"], Vladimir, Ekologiya regiona Publ., 2019, iss. 26, 165 p. (In Russian)
- Ezhegodnyi doklad "O sostoyanii okruzhayushchei sredy i zdorov'ya naseleniya Vladimirskoi oblasti v 2019 godu"* [Annual report "On the state of the environment and the health of the population of the Vladimir region in 2019"], Vladimir, Ekologiya regiona Publ., 2020, iss. 27, 135 p. (In Russian)
- Ezhegodnyi doklad "O sostoyanii okruzhayushchei sredy i zdorov'ya naseleniya Vladimirskoi oblasti v 2021 godu"* [Annual report "On the state of the environment and the health of the population of the Vladimir region in 2021"], Vladimir, Ekologiya regiona Publ., 2022, iss. 29, 178 p. (In Russian)
- GOST 2761-84. *Istochniki tsentralizovannogo khozyaystvenno-pit'yevogo vodosnabzheniya. Gigiyenicheskiye, tekhnicheskiye trebovaniya i pravila vybora* [Sources of centralized domestic drinking water supply. Hygienic, technical requirements and selection rules], Moscow, Standartinform Publ., 2006, 150 p.
- Lyampert N.A., Nichiporova I.P., Lobchenko E.E., Pervysheva O.A. *Sovremennoe sostoyanie i dinamika kachestva vody r. Klyaz'my* [The current state and dynamics of water quality of the Klyazma river], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2022, no. 3, p. 104–110. (In Russian)
- Martsev A.A., Selivanov O.G., Trifonova T.A. *Otsenka pochvy pridorozhnoi territorii avtodorogi R72 po sodержaniyu tyazhelykh metallov i mysh'yaka* [Assessment of the soil on the roadside of the P72 highway in terms of the content of heavy metals and arsenic], *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 7, p. 730–735. (In Russian)
- Shvareva I.S., Trifonov K.I., Nikiforov A.F. *Gidrokhimicheskii monitoring vodnykh ekosistem Natsional'nogo parka "Meshchera"* [Hydrochemical monitoring of aquatic ecosystems of the Meschera National Park], *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye*, 2014, no. 1, p. 58–74. (In Russian)
- Usova E.V., Orekhova Yu.V., Vorob'ev E.V. *Sezonnye kolebaniya sodержaniya sul'fat-ionov v rekakh Mius i Kranka za period 2007–2016 gg.* [Seasonal fluctuations in the content of sulfate ions in the Mius and Kranka rivers for the period of 2007–2016], *Voda: khimiya i ekologiya*, 2017, no. 11–12(113), p. 14–19. (In Russian)
- Vodyanitskii Yu.N., Shoba S.A. *Magnitnaya vospriimchivost' kak indikator zagryazneniya tyazhelymi metallami gorodskikh pochv (obzor literatury)* [Magnetic susceptibility as an indicator of heavy metal pollution of urban soils (literature review)], *Vestn. Mosk. Un-ta, Ser. 17, Pochvovedenie*, 2015, no. 1, p. 13–20. (In Russian)
- Web sources*
- Lutfullaev S.Sh., Davronova F.L. *Stabilizatsiya PVKh khimicheskimi dobavkami* [Stabilization of PVC with chemical additives], *Universum: khimiya i biologiya: elektron. nauchn. Zhurn*, 2019, no. 7(61), URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/7583> (access date 01.02.2023). (In Russian)
- Skhema vodosnabzheniya i vodootvedeniya goroda Vladimira do 2024 goda [The scheme of water supply and sanitation of the city of Vladimir until 2024], URL: <https://vladimir-city.ru/economics/zhkh/Shema%20VVK/> (access date 01.02.2023) (In Russian)
- Zhilishchno-kommunal'noye khozyaystvo. Gorod Vladimir [Department of Housing and Utilities. City of Vladimir], Ofitsial'nyy sayt organov mestnogo samoupravleniya [Official site of local governments], URL: <https://vladimir-city.ru/economics/zhkh/help.php> (access date 01.02.2023).

Received 14.02.2023

Revised 16.05.2023

Accepted 27.07.2023