

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.100>

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА УЧАСТКАХ ВОДНОЙ И ПРИБРЕЖНОЙ РЕКРЕАЦИИ РЕКИ ВОРОНЕЖ

Научная статья

Каверина Н.В.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-7085-1466;

¹ Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (knataliy[at]mail.ru)

Аннотация

Река Воронеж является важным элементом природы, влияющим на качество жизни в областном центре. В пределах селитебной застройки река ограничена гидротехническим сооружением и преобразована в водохранилище. Созданное в 1972 году, оно должно было решить проблемы водоснабжения города. Однако бурное развитие Воронежской городской агломерации, в совокупности с отступлениями, допущенными при создании водохранилища, оказывает негативное влияние на качество жизни горожан.

Аккумулирующая депонирующая роль донных отложений в окружающей среде позволяет оценивать изменения, происходящие в водоеме. В данной работе рассмотрены результаты многолетнего мониторинга состояния донных отложений реки Воронеж на участке Воронежского водохранилища за период с 2008 по 2022 год.

Ключевые слова: донные отложения, река, водохранилище, загрязняющие вещества.

BOTTOM SEDIMENTS IN THE AQUATIC AND COASTAL RECREATIONAL AREAS OF THE VORONEZH RIVER

Research article

Kaverina N.V.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-7085-1466;

¹ Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (knataliy[at]mail.ru)

Abstract

The Voronezh River is an important element of nature that affects the life quality in the regional centre. Within the limits of the residential area, the river is bounded by a hydraulic structure and transformed into a reservoir. Created in 1972, it was supposed to solve the city's water supply problems. However, the rapid development of the Voronezh urban agglomeration, together with the deviations made during the creation of the reservoir, has a negative impact on the quality of life of citizens.

The accumulating depositing role of bottom sediments in the environment makes it possible to evaluate the changes taking place in the reservoir. This work examines the results of long-term monitoring of the bottom sediments of the Voronezh River at the Voronezh Reservoir site for the period from 2008 to 2022.

Keywords: bottom sediments, river, reservoir, pollutants.

Введение

Реки Воронежской области равнинные, характеризующиеся наличием меандров и затяжных извилин, образовавшихся в результате длительного руслового процесса. В периоды высокого и длительного подъема воды водные ландшафты обогащаются элементами питания, минеральными фракциями и техногенным мусором. В результате сложных русловых процессов, а также механического перемещения, донный грунт осуществляет движение по течению водотока, перемещая донные отложения, а вместе с ними резерв питательных и загрязняющих веществ. Для проточных водоемов подобная миграция это возможность за счет разбавления и увеличения общей нагрузки на водоток нивелировать вред локальных аварийных ситуаций.

Среди загрязняющих веществ особое место занимают микроэлементы и тяжелые металлы, которые оказывают наибольшее токсическое воздействие на водоем и живые организмы. Ряд исследований выделяют особый вид донных отложений – техногенные илы, формирующиеся исключительно в водных объектах промышленно-урбанизированных территорий [8], [9], [10], [12].

Данная работа обобщает результаты многолетних наблюдений за техногенными илами участка реки Воронеж в пределах Воронежского водохранилища [1]. По результатам многолетних исследований составлены таблицы содержания тяжелых металлов в техногенных илах реки Воронеж на участке Воронежского водохранилища.

Оценка содержания тяжелых металлов проведено расчетным методом по показателю суммарного загрязнения (Zс), составлены диаграммы изменения показателей [3], [5].

Методы и принципы исследования

В границах области река Воронеж протекает по территории Воронежского гидрологического района. Водоток является объектом федерального надзора и на территории области преимущественно используется для рекреационного водопользования.

Формирование поверхностных водных ресурсов водохранилища зависит от природных факторов. Атмосферные осадки (зимние и летние), температура воздуха, испарение оказывают наибольшее влияние на процессы речного стока

[2]. Средняя многолетняя годовая сумма осадков по городу Воронежу за 1966-2018 годы составила 581 мм при норме 579 мм, а за период с 2003 по 2018 год достигла 588 мм.

За пятидесятилетний период существования водохранилища произошли существенные изменения в межгодовом ходе температур: среднегодовая температура в городе выросла на 0,6 С°/50 лет. Существенное повышение наблюдается не только в зимний период, но и в летнее время [4].

В геологическом отношении водохранилище относится к девонской системе. Здесь получили широкое распространение молодые отложения фаменского яруса, представленные известняками, доломитами, прослойками мергелей общей мощностью от 100 до 250 м.

Рельеф бассейна водохранилища разнообразен и включает крупные орографические элементы: Окско-Донскую равнину и восточную часть Среднерусской возвышенности (занимает небольшую часть бассейна с максимальной высотой 260 м).

Долина реки Воронеж имеет четко выраженное асимметричное строение с крутыми правобережными склонами и террасированным левобережьем и имеет все признаки типичной равнинной реки.

Растительный покров бассейна водохранилища типичный лесостепной зоны и представлен дубравами (Воронежская нагорная дубрава), осинами, ивами, сосной, липой, березой и клёном (Усманский бор).

В пойме водохранилища сформирован слоистый урбанозем с мозаичными включениями чернозема суглинистого различной мощности, дерново-лесных, песчаных и супесчаных почв, незатронутыми антропогенной деятельностью [11].

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования были определены ключевые участки водной и прибрежной рекреации реки Воронеж на территории Воронежской агломерации в границах Воронежского водохранилища. На всем протяжении было намечено 9 контрольных участков и произведен отбор проб донного грунта (рис. 1). Участки отбора включали в себя верхнюю, среднюю и нижнюю зоны водохранилища.

Отбор проб проводился преимущественно в теплое время года с использованием ковшового дночерпателя Петерсена и щуп донного ГР-69 в соответствии с 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность». В образцах определялось валовое содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, медь, цинк).

Экологическая оценка уровней содержания тяжелых металлов в природных средах осуществляется в соответствии с нормативами качества. Для донных отложений не существует утвержденных предельно допустимых концентраций (ПДК). Характеристики микроэлементов и тяжелых металлов был использован кларк концентрации (K_k), рассчитанный как отношение содержания химического элемента к кларкам почвы составленных А.П. Виноградовым в 1962 году.

Суммарный показатель загрязнения донных отложений элементами (Z_c) рассчитан: $Z_c = \sum K_k - (n-1)$, где n – число элементов с $K_k > 1$.



Рисунок 1 - Расположение участков отбора проб на реке Воронеж и в водохранилище:

1 - ниже с. Чертовицы (правый берег р. Воронеж); 2 - мост трассы М-4 «Дон» (левый берег водохранилища); 3 - выше ж/д моста в районе ул. Красина; 4 - смотровая площадка Северного моста (левый берег водохранилища); 5 - пристань Чернавского моста (левый берег водохранилища); 6 - пляж ВОГРЭСовского моста (левый берег водохранилища); 7 - сброс воды с очистных сооружений; 8 - в районе сквера Гидроузел (левый берег водохранилища); 9 - пляж в районе

СНТ «Гигиенист» (левый берег р. Воронеж)

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.100.1>

Обсуждение

Толщи донных грунтов Воронежского водохранилища различаются по цвету горизонтов. Выделяются темно-серые, сизые и черные цвета донных отложений, что является признаком оглеения и наличием восстановительных условий, что важно при оценке подвижности ряда тяжелых металлов.

В пределах Воронежского водохранилища установлено преобладание в донном грунте песчаных фракций с размером зерен от 0,25 мм. При этом содержание по массе тонкозернистых песчаных (0,1-0,05 мм), алевритовых и глинистых частиц не превышает 2% от общей массы во всех образцах.

Обычно, в проточной части водотоках русловые осадки формируются в основном из песчаных и глинистых частиц, а донные грунты водохранилищ формируются из илов различного происхождения, включая гумусовый горизонт затопленной почвы. Для Воронежского водохранилища нужно сделать исключение из этого наблюдения, т.к. при обустройстве левого берега искусственного водоема не были изъяты отходы строительства и демонтажа ветхих конструкций послевоенной постройки. Таким образом, несмотря на техногенные включения, образцы донного грунта из водохранилища, согласно классификации смешанных пород, следует отнести к чистым «пескам» [7].

Несмотря на преобладание минеральной составляющей в донном грунте многолетними исследованиями выявлено устойчивое увеличение концентраций металлов в водохранилище. Высокие содержания элементов характерны для всего участка реки в границах Воронежской городской агломерации (рис. 2).

По актуальным исследованиям 2022 г содержание элементов возросло практически во всех точках исследования по сравнению с предыдущими периодами и достигает максимально высоких значений в месте сброса сточных вод [5].

Главным источником поступления тяжелых металлов можно считать участок левобережной части города в месте сброса воды с очистных сооружений (точка 7). Коэффициенты концентрации химических элементов в донном грунте остаются неизменными на протяжении всех периодов наблюдения и расположены в убывающем порядке: $K_{Cd} > K_{Pb} > K_{Cu} > K_{Zn}$.

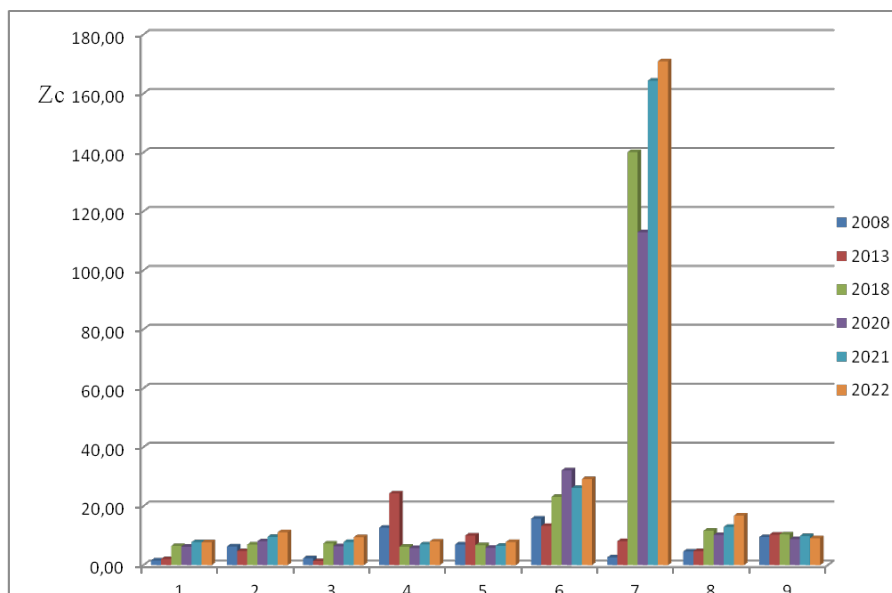


Рисунок 2 - Динамика изменений показателя суммарного загрязнения Воронежского водохранилища:
 синий - K_{Cd} ; фиолетовый - K_{Pb} ; красный - K_{Cu} ; зелёный - K_{Zn}
 DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.100.2>

По состоянию на 2022 год крайние контролируемые точки водохранилища (точка 1 и 9), а также участки, на которые поступают природные подземные воды (точка 3 – утраченный географический объект река Инютинка) и сброс ТЭЦ (точка 6) имеют сходные ряды ранжирования элементов: $K_{Cd} > K_{Zn} > K_{Pb} > K_{Cu}$.

Подобное расположение характеризует общую геохимическую обстановку региона и близко к норме.

Весомый вклад в загрязнение вносят железнодорожный и автомобильные мосты соединяющие правый и левый берег города-миллионера (точка 2, 4, 5). Поток транспорта обеспечивает постоянное поступление загрязнителей: $K_{Cd} > K_{Pb} > K_{Zn} > K_{Cu}$.

Во всех контрольных точках наблюдается превышение коэффициента концентрации по кадмию. Он вносит весомый вклад в величину показателя Z_c . В целом расчетные показатели для Воронежского водохранилища отличаются мозаичностью. Наиболее высокая нагрузка установлена на участке от ВОГРЭСовского моста до плотины водохранилища (район сквера Гидроузел), т.е. выше и ниже сброса с городских очистных сооружений левого берега.

Актуальные значения превышений допустимого уровня суммарного показателя загрязнения (Z_c) приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Уровень загрязнения донных отложений водохранилища в 2022 году

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.100.3>

Номера точек	Кратность превышения Z_c допустимого уровня	Уровень загрязнения
1	Нет превышения	Низкий
2	Нет превышения	Низкий
3	Нет превышения	Низкий
4	Нет превышения	Низкий
5	Нет превышения	Низкий
6	Менее 2	Средний
7	Свыше 2	Чрезвычайно высокий
8	Менее 2	Средний
9	Нет превышения	Низкий

По сравнению с расчетами 2020 года ситуация стабильна и пока не имеет видимых условий для улучшения.

Заключение

В настоящее время на территории Воронежской области состояние водоемов повсеместно требует пристального внимания. Все водоемы региона находятся под антропогенной нагрузкой.

Эффективное использование природных источников воды невозможно без знания их современного состояния и качества воды. Водоемы природного и техногенного происхождения нуждаются в пристальном общественном внимании и государственном контроле.

Для р. Воронеж наиболее проблемным остается участок сброса воды с левобережных очистных сооружений. Выявленное загрязнение донных отложений полностью исключает использование водоема для отдыха горожан.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-05-00779

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Рахимова Н.Н., Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.100.4>

Funding

The research was funded by the Russian Foundation for Basic Research, project № 20-05-00779

Conflict of Interest

None declared.

Review

Рахимова N.N., Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.100.4>

Список литературы / References

1. Водный реестр. — URL: <http://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 13.09.2022).
2. Каверина Н.В. Аналитические исследования донных отложений на участках водной и прибрежной рекреации в пределах Воронежской городской агломерации / Н.В. Каверина // Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования. — Воронеж, 2021. — с. 104-116.
3. Каверина Н.В. Влияние сброса очищенных и сточных вод на степень загрязненности донных отложений Воронежского водохранилища / Н.В. Каверина, Ю.А. Шишкина // Оценка экологических рисков водопользования на территории крупного урбанизированного региона. — Воронеж, 2021. — с. 104-116.
4. Каверина Н.В. Изменение климата и актуальной кислотности почв города Воронежа / Н.В. Каверина, Н.Н. Назаренко, В.И. Ступин // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: материалы международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. — 2019. — с. 242-246.
5. Каверина Н.В. Состояние донных отложений Воронежского водохранилища в местах сброса воды с очистных сооружений города Воронежа / Н.В. Каверина // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. — 2021. — 4(19). — с. 77-84.
6. Каверина Н.В. Тяжелые металлы в донных отложениях донных отложениях водохранилища и почвах г. Воронежа / Н.В. Каверина, С.А. Куролап, Т.И. Прожорина // Естественные и технические науки. — 2020. — 9. — с. 120-126.
7. Каверина Н.В. Экологическая безопасность донных отложений Воронежского водохранилища / Н.В. Каверина, С.А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. — 2021. — 2. — с. 70-79.
8. Косинова И.И. Особенности формирования донных отложений искусственных водоемов и методика их экологогеологической оценки / И.И. Косинова // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы: материалы третьей Международной научно-практической конференции / Воронежский государственный университет и др.; под ред. И.И. Косиновой. — 2013. — с. 126-130.
9. Куприенко П.С. Оценка антропогенной нагрузки на окружающую природную среду Воронежской области / П.С. Куприенко, Т.В. Овчинникова, Т.В. Ашихмина // Ecological education and ecological culture of the population: materials of the Vinternational scientific conference, 25-26 February 2017. — Prague: Sociosféra-CZ, 2017.
10. Середа Л.О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л.О. Середа, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. — 2015. — 4. — с. 59-65.
11. Kaverina N.V. Technogenic geochemical abnormalities in the soils and bottom sediments of Voronezh / N.V. Kaverina, S.A. Kurolap, P.M. Vinogradov et al. // Revista Ingenieria UC. — 2021. — Vol. 28. — 1. — p. 83-96.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vodnyj reestr [Water registry]. — URL: <http://textual.ru/gvr/> (accessed: 13.09.2022). [in Russian]
2. Kaverina N.V. Analiticheskie issledovaniya donnyh otlozhenij na uchastkah vodnoj i pribrezhnoj rekreacii v predelah Voronezhskoj gorodskoj aglomeracii [Analytical Studies of Bottom Sediments at Aquatic and Coastal Recreational Areas within the Voronezh Metropolitan Area] / N.V. Kaverina // Regional'naja geojekologicheskaja diagnostika sostojaniya hozjajstvenno-pit'evogo i rekreacionnogo vodopol'zovaniya [Regional Geo-ecological Diagnosis of the State of Drinking and Recreational Water Use]. — Voronezh, 2021. — p. 104-116. [in Russian]
3. Kaverina N.V. Vlijanie sbrosa ochishennyh i stochnyh vod na stepen' zagrjaznennosti donnyh otlozhenij Voronezhskogo vodohranilishha [The Effect of Treated and Wastewater Discharges on the Pollution Level of Bottom Sediments in the Voronezh Reservoir] / N.V. Kaverina, Ju.A. Shishkina // Ocenka jekologicheskikh riskov vodopol'zovaniya na territorii krupnogo urbanizirovannogo regiona [Assessing the Environmental Risks of Water Use in a Large Urbanised Region]. — Voronezh, 2021. — p. 104-116. [in Russian]
4. Kaverina N.V. Izmenenie klimata i aktual'noj kislotnosti pochv goroda Voronezha [Climate Change and Topical Soil Acidity in Voronezh] / N.V. Kaverina, N.N. Nazarenko, V.I. Stupin // Global'nye klimaticheskie izmeneniya: regional'nye jeffekty, modeli, prognozy: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Global Climate Change: Regional

Effects, Models, Projections: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference] / Ed. by S.A. Kurolap, L.M. Akimov, V.A. Dmitrieva. — 2019. — p. 242-246. [in Russian]

5. Kaverina N.V. Sostojanie donnyh otlozhenij Voronezhskogo vodohranilishha v mestah sbrosa vody s oчитnyh sooruzhenij goroda Voronezha [Condition of Bottom Sediments of the Voronezh Reservoir at the Water Discharge Sites of the Voronezh Wastewater Treatment Plant] / N.V. Kaverina // Zhilishhnoe hozjajstvo i kommunal'naja infrastruktura [Housing and Public Infrastructure]. — 2021. — 4(19). — p. 77-84. [in Russian]

6. Kaverina N.V. Tjzhelye metally v donnyh otlozhenijah donnyh otlozhenijah vodohranilishha i pochvah g. Voronezha [Heavy Metals in Reservoir Bottom Sediments and Soils of Voronezh] / N.V. Kaverina, S.A. Kurolap, T.I. Prozhorina // Estestvennye i tehniэskie nauki [Natural and Technical Sciences]. — 2020. — 9. — p. 120-126. [in Russian]

7. Kaverina N.V. Jekologičeskaja bezopasnost' donnyh otlozhenij Voronezhskogo vodohranilishha [Environmental Safety of Bottom Sediments of the Voronezh Reservoir] / N.V. Kaverina, S.A. Kurolap // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geografija. Geojekologija [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]. — 2021. — 2. — p. 70-79. [in Russian]

8. Kosinova I.I. Osobennosti formirovanija donnyh otlozhenij iskusstvennyh vodoemov i metodika ih jekologogeologičeskoj ocenki / I.I. Kosinova // Jekologičeskaja geologija: teorija, praktika i regional'nye problemy: materialy tret'ej Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii [Specific Features of the Formation of Bottom Sediments of Artificial Water Bodies and Methodology of their Ecological and Geological Assessment] / Voronezh State University et al.; ed. by I. I. Kosinova. — 2013. — p. 126-130. [in Russian]

9. Kuprienko P.S. Ocenka antropogennoj nagruzki na okružhajushhuju prirodnuju sredu Voronezhskoj oblasti [An Assessment of the Anthropogenic Pressure on the Natural Environment of Voronezh Oblast] / P.S. Kuprienko, T.V. Ovchinnikova, T.V. Ashihmina // Ecological education and ecological culture of the population: materials of the Vinternational scientific conferenceon, 25-26 February 2017. — Prague: Sociosféra-CZ, 2017. [in Russian]

10. Sereda L.O. Ocenka jekologo-geohimičeskogo sostojanija pochvennogo pokrova gorodskogo okruga gorod Voronezh [An Assessment of the Ecological and Geochemical Condition of the Soil Cover in the Urban District of Voronezh] / L.O. Sereda, L.A. Jablonskih, S.A. Kurolap // Bulletin of VSU Series: Geography. Geoecology. — 2015. — 4. — p. 59-65. [in Russian]

11. Kaverina N.V. Technogenic geochemical abnormalities in the soils and bottom sediments of Voronezh / N.V. Kaverina, S.A. Kurolap, P.M. Vinogradov et al. // Revista Ingenieria UC. — 2021. — Vol. 28. — 1. — p. 83-96.