

DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-1-103-114

EDN: JQDYUX

УДК 504.75

Научная статья / Research article

Оценка качества вод Шлинского водохранилища с использованием интегральных гидрохимических показателей

Г.А. Лазарева¹, П.В. Новикова²

¹Университет «Дубна», г. Дубна, Московская обл., Российская Федерация

²Центррегионводхоз, Дубнинская экоаналитическая лаборатория,

г. Дубна, Московская обл., Российская Федерация

lazarevg@mail.ru

Аннотация. Представлены основные результаты оценки качества вод Шлинского водохранилища за период 2015–2019 гг. на основании анализа гидрохимических данных, полученных стандартными химическими методами, по 22 показателям. Мониторинг качества вод водохранилища до 2021 г. проводился ФГБВУ «Центррегионводхоз» Дубнинской экоаналитической лабораторией. Шлинское водохранилище расположено на границе Тверской и Новгородской областей, входит в состав Вышневолоцкой водной системы. Водоохранилище обеспечивает попуски для нужд энергетики, водного транспорта и улучшения водоснабжения г. Москва. В результате исследования выявлены приоритетные загрязняющие вещества, проведена оценка качества вод водохранилища по результатам расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ). Показано, что на экосистему водного объекта существенного антропогенного воздействия не оказывается. Качество вод водохранилища оценено как вода «умеренно загрязненная» (по значению индекса ИЗВ) и вода слабо загрязненная – загрязненная (по значению индекса УКИЗВ).

Ключевые слова: качество вод, Шлинское водохранилище, интегральные индексы качества, гидрохимические показатели

Вклад авторов: Г.А. Лазарева – концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация; П.В. Новикова – выполнение лабораторных опытов, анализ данных.

История статьи: поступила в редакцию 13.07.2022; доработана после рецензирования 21.11.2022; принята к публикации 13.01.2023.

© Лазарева Г.А., Новикова П.В., 2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Лазарева Г.А., Новикова П.В. Оценка качества вод Шлинского водохранилища с использованием интегральных гидрохимических показателей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 1. С. 103–114. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-103-114>

Assessment of water quality of Shlinsky reservoir by hydrochemical indicators

Galina A. Lazareva¹  , Polina V. Novikova²

¹University «Dubna», Dubna, Russian Federation

²Ecoanalytic Laboratory, Dubna, Russian Federation

lazarevg@mail.ru

Abstract. The paper presents the main results of assessing the water quality of the Shlinsky reservoir for the period 2015–2019. Based on the analysis of hydrochemical data obtained by standard chemical methods, according to 22 indicators. Monitoring of the reservoir water quality until 2021 was carried out by the Dubna Ecoanalytic Laboratory. The Shlinsky reservoir is located on the border of the Tver and Novgorod regions, is part of the Vyshnevolotsk water system. The reservoir provides releases for the needs of energy, water transport and improvement of water supply in Moscow. As a result of the study, priority pollutants were identified, the water quality of the reservoir was assessed based on the results of calculating the water pollution index (WPI) and the specific combinatorial index of water pollution (SCIWP). It is shown that there is no significant anthropogenic impact on the ecosystem of a water body. The water quality of the reservoir is assessed as "moderately polluted" water (according to the value of the water pollution index) and slightly polluted – polluted water (according to the value of the specific combinatorial index of water pollution).

Keywords: water quality, Shlinsky reservoir, integrate index of water quality, hydrochemical indicators

Authors' contributions: G.A. Lazareva – conceptualization of research, data analysis and interpretation; P.V. Novikova – performance of laboratory experiments, data analysis.

Article history: received 13.07.2022; revised 21.11.2022; accepted 13.01.2023.

For citation: Lazareva GA, Novikova PV. Assessment of water quality of Shlinsky reservoir by hydrochemical indicators. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(1):103–114. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-103-114>

Введение

Проблема качественного истощения водных ресурсов по причине их загрязнения особенно остро обозначилась в последние десятилетия. Антропогенный фактор в формировании химического состава вод приравнивается по значимости к природным геохимическим и биологическим процессам. Преобразование водосборов, трансграничные, промышленные и хозяйственно-бытовые сбросы, неорганизованные стоки, рекреация приводят к изменению геохимических циклов элементов в системе водосборов, появлению токсичных элементов в водной среде, что в конечном итоге ухудшает

качество вод, приводит к снижению биоразнообразия, резкому снижению уловов рыбы, доли ценных промысловых видов и др.

Цель исследования – оценка экологического состояния Шлинского водохранилища по гидрохимическим показателям.

Материалы и методы

Шлинское водохранилище образуется озером Шлино с притоками посредством регулирования их стока и является водохранилищем озёрного типа. Расположено на границе Тверской и Новгородской областей, входит в состав Вышневолоцкой водной системы, которая включает также Вельёвское и Вышневолоцкое водохранилища, осуществляющие регулирование стока бассейна р. Мсты.

Шлинское водохранилище находится на границе Фировского района Тверской области и Валдайского района Новгородской, в бассейне реки Мсты. Оно было образовано в 1812 г. на месте озера путем строительства дамбы на реке Шлина для целей Вышневолоцкой водной системы (старейшая искусственная водная система в России, связавшая водным путем Санкт-Петербург с остальной страной и решившая вопрос его продовольственного снабжения в XVIII–XIX веках)¹.

В настоящее время водохранилище используется в целях:

- переброски части вод оз. Велье, стока рек Цны и Шлины через Ново-Тверецкий и Рваницкий каналы в бассейн р. Волги;
- осуществления санитарных попусков воды в водораздельный бьеф (г. Вышний Волочёк) через Ново-Цнинскую ГЭС;
- выработки электроэнергии на Ново-Тверской и Ново-Цнинской ГЭС, а также на верхневолжских гидроэлектростанциях (Иваньковской, Угличской).

Водохранилище обеспечивает попуски для нужд энергетики, водного транспорта и улучшения водоснабжения г. Москвы. В прибрежной зоне водохранилища (озеро Шлино) находится государственный природный заказник регионального значения, созданный в 1993 г., – «Прибрежная зона озера Шлино» площадью 120 га². В этой связи изучение антропогенного влияния и оценка качества вод водохранилища крайне актуальны.

Морфометрические характеристики Шлинского водохранилища при НПУ³: высота над уровнем моря – 199 м; площадь зеркала – 34 км²; объем

¹ Вышневолоцкая система // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона: в 86 т. (82 т. и 4 доп.). СПб., 1890–1907. URL: www.enc-dic.com/enc_sovet/Verhnevolszhskoe_vodohranilische-3512.html (дата обращения: 17.01.2021).

² Прибрежная зона озера Шлино. ООПТ России. URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/Прибрежная-зона-озера-Шлино> (дата обращения: 25.12.2020).

³ Шлинское водохранилище // Научно-популярная энциклопедия «Вода России» / Водные объекты. URL: https://water-ru.ru/Водные_объекты/2132/Шлинское_водохранилище (дата обращения: 25.12.2020).

полный – 68 млн м³; объем полезный – 58 млн м³; нормальный подпорный уровень водохранилища (НПУ) – 199,65 м; минимальный допустимый уровень в зимний период (УМО) – 197,7 м; длина – 8,8 км; ширина средняя/максимальная – 6,4/7,0 км; глубина средняя/максимальная – 1,9/3,0 м; протяженность береговой линии – 48 км; площадь мелководий (до 2 м) – 10 км²; площадь водосбора в створе плотины – 424 км²; средний годовой сток в створе плотины – 107 млн м³; средний сток за период половодья – 43 млн м³.

Регулирование Шлинского водохранилища производится по следующей схеме: водохранилище наполняется в весенний период, сбрасывается только санитарный попуск в размере 0,7 м³/с; избыток воды, после наполнения водохранилища до НПУ, сбрасывается через постепенно открываемые отверстия плотины через реку Шлина в Вышневолоцкое водохранилище⁴.

Были изучены четыре створа Шлинского водохранилища (створ в районе деревни Комкино (Шлинский бейшлот), д. Яблонька, устье р. Рабежа, устье р. Ковка (д. Лука)) (рис. 1) по гидрохимическим показателям за период с 2015 по 2019 г.

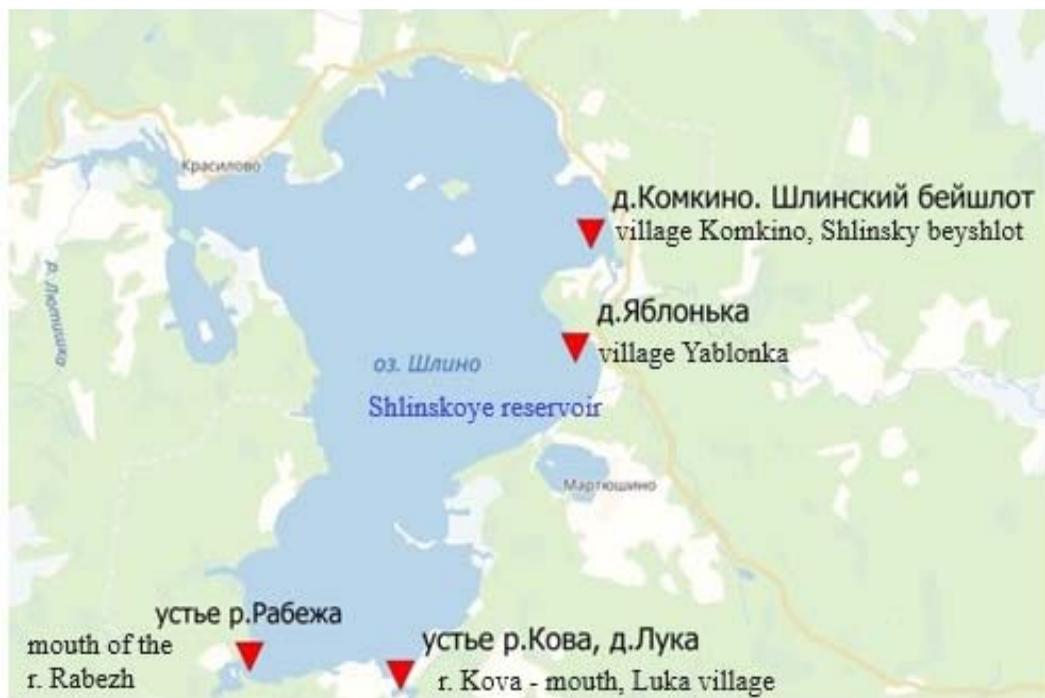


Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб Шлинского водохранилища /
Figure 1. Schematic map of sampling stations of the Shlinsky Reservoir

⁴ Шлинское водохранилище // Научно-популярная энциклопедия «Вода России» / Водные объекты. URL: https://water-rg.ru/Водные_объекты/2132/Шлинское_водохранилище (дата обращения: 25.12.2020).

Вода водохранилища относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе; по степени минерализации (до 100 мг/дм³) – к ультрапресным водам; по величине рН – к нейтральным; по степени жесткости (до 1,0 мг-экв/дм³) – к очень мягким [1].

Химический анализ вод проводился на базе Дубнинской экоаналитической лаборатории (ДЭАЛ) Федерального государственного бюджетного водохозяйственного учреждения «Центррегионводхоз» по 22 показателям [3], среди них: цветность, водородный показатель, аммоний-ион, нитрат-ион, нитрит-ион, фосфат-ион, железо общее, хлорид-ион, сульфат-ион, марганец, магний, биохимическая потребность в кислороде, медь, цинк, свинец, нефтепродукты, растворенный кислород, никель [4; 5].

Результаты

Химический анализ проб воды Шлинского водохранилища за период 2015–2019 гг. показал, что для всех створов характерно превышение нормативных показателей по ХПК, железу общему, марганцу, в некоторых створах – превышение нормативов по аммоний-иону, фенолам, нефтепродуктам.

Геохимическая особенность Шлинского водохранилища заключается в большом природном содержании в воде Mn (до 65ПДК_{рх}) и Fe (до 7ПДК_{рх}), а также наличии высоких показателей цветности.

Для оценки качества вод Шлинского водохранилища за 2015–2019 гг. были рассчитаны интегральные показатели качества вод: индекс загрязнения воды (ИЗВ) и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ).

Гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ) до 2002 г. использовался в качестве основного комплексного показателя качества воды. По значениям ИЗВ выделяют 7 классов качества вод, в зависимости от степени их загрязненности. Расчет индекса проводится по шести ингредиентам: растворенный кислород и БПК₅ являются обязательными, и еще 4 вещества выбираются из тех, которые имели наибольшие относительные концентрации (С_i/ПДК_i) [1–3]. Основной недостаток индекса в том, что учитывается небольшой спектр загрязняющих веществ.

При расчете индекса ИЗВ использовались следующие показатели: растворенный кислород, БПК₅ и цветность, нефтепродукты, ХПК, аммоний-ион (эти четыре показателя выбраны из превышающих ПДК_{рыбхоз} чаще других, но не обусловлены природными особенностями территории). Результаты расчета индекса ИЗВ представлены в табл. 1 и на рис. 2.

Максимальные значения индекса ИЗВ во всех створах наблюдаются в весенний период, а минимальные – в осенне-зимний период. В целом качество вод Шлинского водохранилища по значению индекса ИЗВ во всех створах оценивается на протяжении всего периода наблюдений (2015–2019 гг.) как «умеренно загрязненные» (класс качества воды – III). При этом есть тенденция к ухудшению качества воды в весенне-летний период во всех створах.

Таблица 1. Значение индекса ИЗВ, класс качества вод, качественное и экологическое состояние вод в створах Шлинского водохранилища в 2015–2019 гг.

Год	Значения ИЗВ			
	февраль	май	июль	октябрь
д. Комкино, Шлинский бейшлот				
2015	1,07	1,7	1,81	1,45
2016	1,21	2,25	1,58	1,42
2017	1,44	2,45	1,92	1,69
2018	2,2	1,96	2,02	1,43
2019	1,35	1,59	1,82	2,56
д. Яблонька				
2015	1,39	1,68	1,54	1,51
2016	1,18	2,18	1,68	1,38
2017	1,4	2,49	2,1	2,11
2018	2,18	1,98	1,82	1,75
2019	1,33	1,86	1,92	2,73
р. Кова – устье, д. Лука				
2015	1,24	1,11	1,75	1,35
2016	1,22	2,16	1,56	1,4
2017	1,71	2,51	1,91	1,55
2018	1,78	2,4	2,03	1,49
2019	1,35	2,62	1,92	1,89
Устье р. Рабежа				
2015	1,29	1,77	1,51	1,26
2016	1,17	1,87	1	1,59
2017	1,7	2,62	1,98	2,07
2018	1,88	2,55	1,44	1,44
2019	1,24	1,98	1,25	2,66

Table 1. WPI index value, water quality class, quality and ecological state of waters in the sections of the Shlinskoye reservoir, 2015–2019

Year	WPI values			
	February	May	July	October
village Komkino, Shlinsky beyshot				
2015	1.07	1.7	1.81	1.45
2016	1.21	2.25	1.58	1.42
2017	1.44	2.45	1.92	1.69
2018	2.2	1.96	2.02	1.43
2019	1.35	1.59	1.82	2.56
village Yablonka				
2015	1.39	1.68	1.54	1.51
2016	1.18	2.18	1.68	1.38
2017	1.4	2.49	2.1	2.11
2018	2.18	1.98	1.82	1.75
2019	1.33	1.86	1.92	2.73
r. Kova – mouth, village Luka				
2015	1.24	1.11	1.75	1.35
2016	1.22	2.16	1.56	1.4
2017	1.71	2.51	1.91	1.55
2018	1.78	2.4	2.03	1.49
2019	1.35	2.62	1.92	1.89
mouth of the r. Rabezh				
2015	1.29	1.77	1.51	1.26
2016	1.17	1.87	1	1.59
2017	1.7	2.62	1.98	2.07
2018	1.88	2.55	1.44	1.44
2019	1.24	1.98	1.25	2.66

В створах р. Кова – устье, д. Лука (2017 и 2019 гг.) и Устье р. Рабежа (2017 и 2018 гг.) в мае наблюдалось ухудшение качества воды до IV класса качества – «загрязненная». Такой же класс качества вод был отмечен в створах д. Яблонька и Устье р. Рабежа в октябре 2019 г. (рис. 2). В октябре 2019 г. в створе д. Яблонька показатель ИЗВ приобретает максимальную за период наблюдений характеристику – 2,73 из-за высокой цветности, которая составляла 170 ед.цв. (8,5 ПДК), ХПК – 38,6 мг О/дм³ (2,6 ПДК) и аммония – 0,92 мг/дм³ (1,8 ПДК).

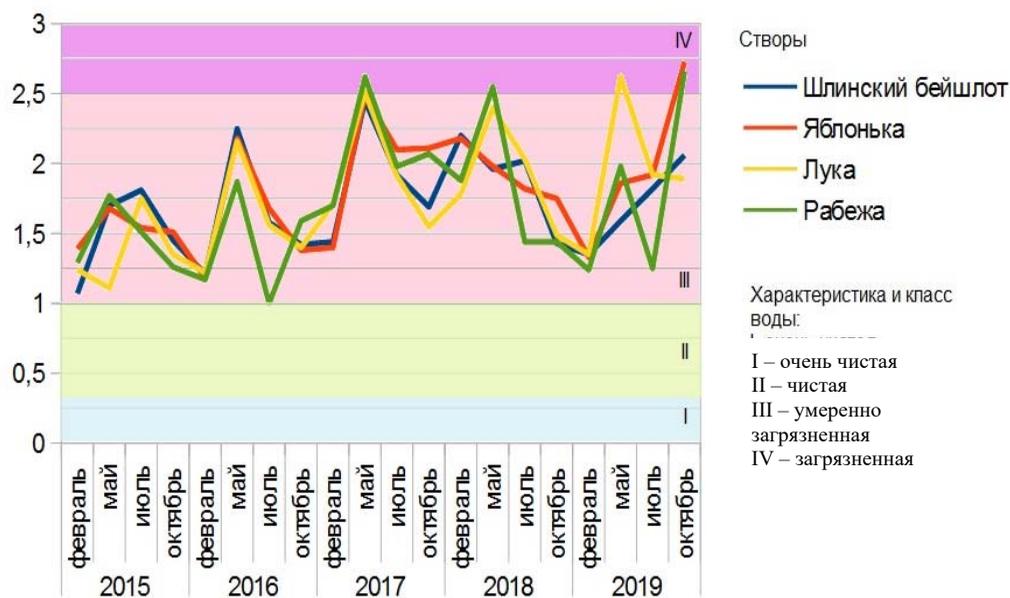


Рис. 2. Значения индекса ИЗВ в створах Шлинского водохранилища за 2015–2019 гг.

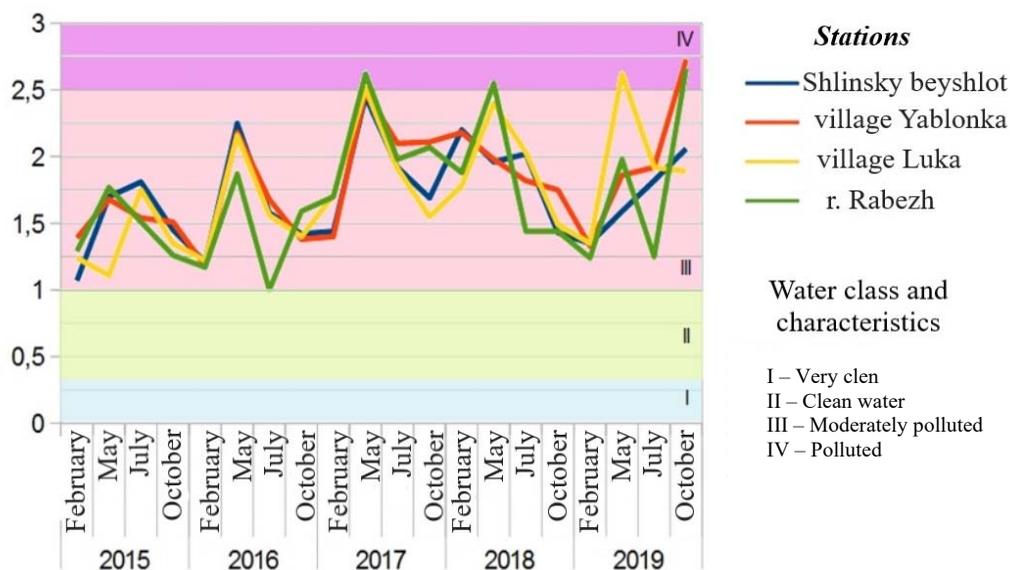


Figure 2. Values of WPI index in the sections of the Shlinskoje reservoir for 2015–2019

На сегодняшний день удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) является приоритетным. Классификация качества воды по значениям УКИЗВ позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности. При его расчете определяется не только кратность превышения ПДК, но и повторяемость случаев превышений нормативных значений. Данные расчета индекса УКИЗВ позволяют более точно отражать качество поверхностных вод. Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах и т.д.

В расчете индекса УКИЗВ использовались все определяемые в пробах химические показатели. Результаты расчета индекса УКИЗВ представлены в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2. Значение индекса УКИЗВ, класс качества и экологическое состояние вод в створах Шлинского водохранилища в 2015–2019

Значение индексов по створам	2015	2016	2017	2018	2019
д. Комкино, Шлинский бейшлот					
УКИЗВ	2,75	2,47	0,92	1,37	1,16
Класс качества вод	3Б	3А	1	2	2
Экологическое состояние	загрязненная	загрязненная	условно чистая	слабо загрязненная	слабо загрязненная
д. Яблонька					
УКИЗВ	2,18	2,56	1,18	1,31	1,14
Класс качества вод	3А	3Б	2	2	2
Экологическое состояние	загрязненная	загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная
р. Кова – устье, д. Лука					
УКИЗВ	1,37	2,49	1,34	1,30	1,49
Класс качества вод	2	3А	2	2	2
Экологическое состояние	слабо загрязненная	загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная
Устье р. Рабежа					
УКИЗВ	2,45	2,48	1,33	1,35	1,25
Класс качества вод	3А	3А	2	2	2
Экологическое состояние	загрязненная	загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная

Table 2. The value of the SCIWP index, quality class and ecological state of waters in the sections of the Shlinskoye reservoir, 2015–2019

Index value along the sections	2015	2016	2017	2018	2019
village Komkino, Shlinsky beyshot					
SCIWP	2.75	2.47	0.92	1.37	1.16
quality class and ecological state of waters	contaminated	contaminated	conditionally clean	slightly polluted	slightly polluted
village Yablonka					
SCIWP	2.18	2.56	1.18	1.31	1.14
quality class and ecological state of waters	contaminated	contaminated	slightly polluted	slightly polluted	slightly polluted
r. Kova – mouth, village Luka					
SCIWP	1.37	2.49	1.34	1.30	1.49
quality class and ecological state of waters	slightly polluted	contaminated	slightly polluted	slightly polluted	slightly polluted
mouth of the r. Rabezh					
SCIWP	2.45	2.48	1.33	1.35	1.25
quality class and ecological state of waters	contaminated	contaminated	slightly polluted	slightly polluted	slightly polluted

По значению индекса УКИЗВ воды Шлинского водохранилища в течение наблюдаемого периода (2015–2019 гг.) в основном оценивались как вода «слабо загрязненная» (II класс) и «загрязненная» (III класс, разряд «А» и «Б»).

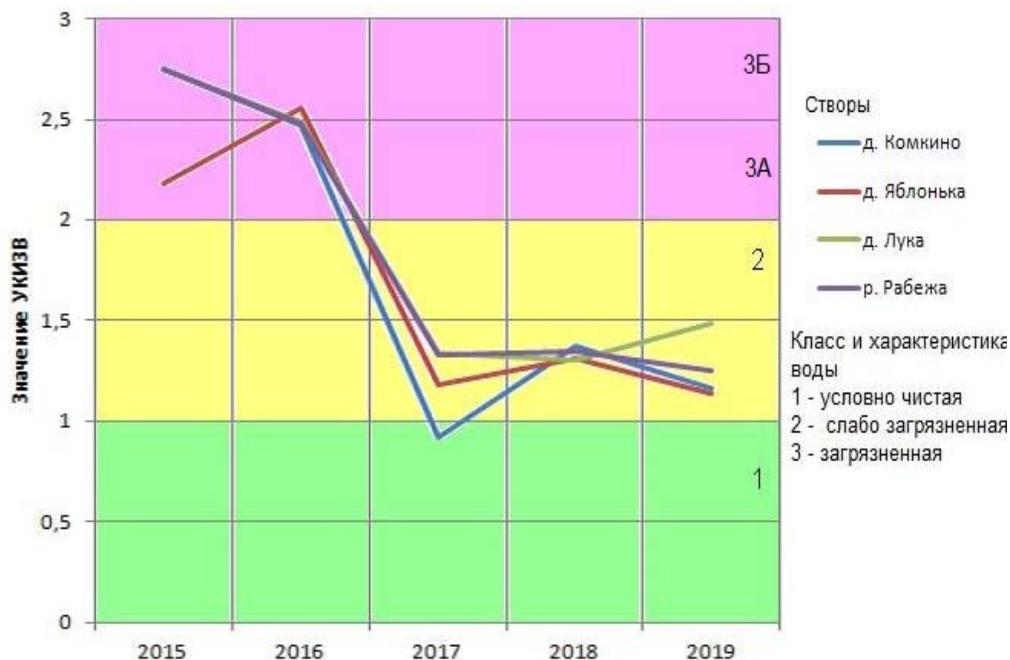


Рис. 3. Значения индекса УКИЗВ в створах Шлинского водохранилища за 2015–2019 гг.



Figure 3. Values of the *SCIWP* index in the sections of the Shlinskoye reservoir for 2015–2019

По значениям индекса УКИЗВ отмечается улучшение качества вод в исследуемый период. За 2015–2016 гг. вода в среднем оценивается как загрязненная (класс IIIA), за 2017–2019 гг. оценивается как слабо загрязненная (класс II). Такая тенденция прослеживается по всем исследуемым створам (рис. 3).

Промышленной деятельности на берегах водохранилища не ведется, поэтому антропогенная нагрузка на водоем сравнительно невысока. Однако анализ космических снимков прибрежной территории показал, что есть нарушения пятидесятиметровой водоохранной зоны водоема: коттеджная застройка, без подключения к централизованной системе водоотведения; хозяйственные постройки; приусадебные участки, огороды и сады.

Обсуждение

Таким образом, в результате проведенной работы были определены приоритетные загрязняющие вещества и показатели вод Шлинского водохранилища (по превышению предельно допустимых концентраций). К таким веществам относятся марганец, цветность, ХПК, нефтепродукты и аммоний-ион. При этом повышенное содержание марганца и железа, а также высокие показатели цветности – природная геохимическая особенность вод водохранилища.

По содержанию биогенных элементов отмечены превышения только по аммонийному азоту. По фосфатам, нитратам и нитритам превышений ПДК_{рх} не наблюдается. Источниками данных веществ в водах водохранилища могут быть как природные (внутриводоемные процессы, поверхностный сток с водосбора и т.д.), так и антропогенные факторы. Например, поверхностный сток с обрабатываемых приусадебных участков, расположенных в прибрежной зоне водохранилища, может рассматриваться как источник поступления в водоем биогенных веществ и агрохимикатов. Неорганизованные стоки хозяйственно-бытовых вод домовладений, стоки с частных скотных дворов, расположенных в прибрежной зоне водохранилища, также вносят свой вклад в поступление биогенов в водный объект.

Вода в створе Шлинский бейшлот остается самой чистой по сравнению с другими створами за годы наблюдений. Створы д. Лука и устье р. Рабежа – наиболее загрязненные, в основном из-за близости к устью рек Кова и Рабежа, которые могут нести с собой потенциально загрязненные воды. Так как это небольшие речки длиной 18 км каждая, а по берегам находится ряд деревень, то в число основных загрязнителей попадают органические и биогенные соединения, нефтепродукты.

Качество вод Шлинского водохранилища по значению индекса ИЗВ относится к III классу и оценено как «умеренно загрязненные» на протяжении всего периода наблюдений. По значению индекса УКИЗВ в 2015–2016 гг. качество воды соответствует III классу разряд «а» (загрязненные),

в 2017–2019 гг. – II классу (слабо загрязненные). Такая тенденция прослеживается по всем исследуемым створам.

Расчет комплексных индексов качества воды ИЗВ и УКИЗВ, показал, что более точную информацию о состоянии поверхностных вод дает индекс УКИЗВ, так как при его расчете используются данные по всем определяемым в пробе веществам.

Заключение

В результате исследования проб воды Шлинского водохранилища выявлены приоритетные загрязняющие вещества: марганец, цветность, ХПК, нефтепродукты и аммоний-ион.

Проведенная оценка качества вод в исследуемых створах водохранилища показала, что:

- по значению индекса загрязнения воды – вода соответствует III классу (воды «умеренно загрязненные»);
- по значению комбинаторного индекса загрязненности воды отмечено улучшение качества вод – в 2015–2016 гг. вода соответствовала III классу разряд «а» (загрязненные), в 2017–2019 гг. – II классу (слабо загрязненные).

В ходе анализа экологического состояния Шлинского водохранилища было выявлено, что существенного антропогенного воздействия на водный объект не оказывается. Основная антропогенная нагрузка обусловлена хозяйственно-бытовой деятельностью в поселениях, расположенных как на берегах самого водохранилища, так и берегах малых рек, впадающих в него.

Список литературы

- [1] Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б. Особенности формирования и характеристика химического состава водоемов Тверской области // Вопросы географии. 2012. № 133. С. 431–444.
- [2] Лазарева Г.А., Новикова П.В., Ковалева О.И. Оценка поступления загрязняющих веществ с поверхностным стоком в Шлинское водохранилище // Международный научно-исследовательский журнал (International research journal). Екатеринбург, 2020. № 12 (102). С.74–77.
- [3] Лазарева Г.А. Кленова А.В. Оценка качества поверхностных вод по интегральным показателям (на примере Верхневолжского водохранилища) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 621. URL: <http://www.science-education.ru/130-23406> (дата обращения: 10.11.2020).
- [4] Лазарева Г.А. Оценка качества вод Угличского водохранилища по интегральным гидрохимическим показателям // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2016. № 2. С. 156–164.
- [5] Лазарева Г.А., Корнева Л.Г., Жмылев П.Ю. Экология водной среды. Дубна: Государственный университет «Дубна», 2020. 125 с.

References

- [1] Grigorieva IL, Komissarov AB. Features of formation and characteristics of the chemical composition of water bodies of the Tver region. *Questions of geography*. 2012;(133):431–444. (In Russ.)
- [2] Lazareva GA, Novikova PV, Kovaleva OI. Estimation of polluting inflow from surface runoff in Shlino reservoir. *International scientific research journal*. ISSN 2303-9868 PRINT, ISSN 2227-6017 online, 2020;2(12(102)):74–77 Yekaterinburg 2020. (In Russ.)
- [3] Lazareva GA, Klenova AV. The estimation of surface water by integrated indicators (of Verhnevolgsky reservoir). *Modern problems of science and education*. 2015;(6):621. URL: <http://www.science-education.ru/130-23406> (accessed: 10.11.2020) (In Russ.)
- [4] Lazareva GA. Estimation of water quality of Uglichsky reservoir by integrated hydrochemical factors. *Bulletin of the Moscow State University. Series: Natural Sciences*. 2016;(2):156–164. (In Russ.)
- [5] Lazareva GA, Korneva LG, Zhmylev PYu. *Ecology of the aquatic environment*. Dubna: University «Dubna»; 2020. 125 p. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Лазарева Галина Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и наук о Земле, Университет «Дубна», Российская Федерация, 141980 Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19. ORCID: 0000-0003-3189-0344, eLIBRARY SPIN-код: 2916-4738. E-mail: lazarevg@mail.ru

Новикова Полина Витальевна, инженер-химик, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центррегионводхоз» Дубнинская экоаналитическая лаборатория, Российская Федерация, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 20. E-mail: anilop-96@mail.ru

Bio notes:

Galina A. Lazareva, PhD of Biological Science, Ass. Professor Department of Ecology and Earth Sciences, University “Dubna”, 19 Universitetskaya St, Dubna, Moscow region, 141980, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-3189-0344, eLIBRARY SPIN-код: 2916-4738. E-mail: lazarevg@mail.ru

Polina V. Novikova, Chemical Engineer, Federal State Budgetary Institution “Tsentrregionvodkhoz” Dubna Eco-analytical Laboratory, 20 Joliot-Curie St, Dubna, Moscow region, 141980, Russian Federation. E-mail: anilop-96@mail.ru