

УО Гродненский государственный аграрный университет,  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230008; e-mail: nsx.kuznetsov@gmail.com

(Поступило в редакцию 17.02.2022)

Статья содержит информацию о морфометрии, гидрохимическом режиме, экологических показателях воды водохранилища Зельвенское, бассейна р. Неман, Гродненской области Республики Беларусь. Водоохранилище Зельвенское имеет площадь водного зеркала 1190 га, полный объем воды 28 млн. м<sup>3</sup>, полезный объем 17,6 млн. м<sup>3</sup> и занимает первое место среди водоемов Гродненской области. Важными определяемыми показателями гидрохимического режима являются: pH, аммиачный, нитритный, нитратный азот, общая жесткость, карбонатная жесткость, минерализация, сульфаты, фосфаты, общий фосфор, железо, фтор, иод, хлор, концентрация растворенного: кислорода, углекислого газа, сероводорода, БПК, ХПК, комплекса микроэлементов, тяжелых металлов и др. Содержание растворенного кислорода колебалось от 7,77 до 11,73 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; БПК<sub>5</sub> 3,27 – 4,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; ХПК<sub>Cr</sub> 21,72 – 39,78 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Содержание тяжелых металлов в воде по свинцу колебалось от 0,50 до 2,50 мг/дм<sup>3</sup>; хрому 0,001–0,002 мг/дм<sup>3</sup>; кадмию 0,00005–0,0003 мг/дм<sup>3</sup>.

По доминирующим ионам вода водохранилища Зельвенское может быть отнесена к кальциево-гидрокарбонатной. Содержание кальция 55,09±3,01 мг/дм<sup>3</sup>, гидрокарбоната 187,75±11,61 мгНСО<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup>. Гидрохимические показатели водохранилища Зельвенское, в целом, соответствовали по ПДК экологическим и санитарно-гигиеническим нормативам. В отдельные периоды имело место превышение ПДК по фосфат-иону (5,3 ПДК), общему железу до 0,837 мг/дм<sup>3</sup>, БПК<sub>5</sub> (1,3 ПДК), ХПК<sub>Cr</sub> (2,6 ПДК), азота общего по Кьельдалю (1,03–2,1 ПДК), содержанию нефтепродуктов.

Гидрохимический режим, за исследуемый период, на момент исследований, соответствовал рыболовным нормам, действующим в Республике Беларусь, при выращивании рыбы по технологии пастбищного рыбоводства.

**Ключевые слова:** водохранилище, морфометрия, гидрохимические показатели, гидрохимический режим, пастбищное рыболовство, экология.

The article contains information about morphometry, hydrochemical regime, environmental indicators of the water of the Zelvenskoye reservoir, the basin of the river. Neman, Grodno region of the Republic of Belarus. The Zelvenskoye reservoir has a water surface area of 1190 ha, a total water volume of 28 million m<sup>3</sup>, a useful volume of 17.6 million m<sup>3</sup>, and ranks first among the reservoirs of the Grodno region. Important indicators of the hydrochemical regime are: pH, ammonia, nitrite, nitrate nitrogen, total hardness, carbonate hardness, mineralization, sulfates, phosphates, total phosphorus, iron, fluorine, iodine, chlorine, concentration of dissolved: oxygen, carbon dioxide, hydrogen sulfide, BOD, COPr heavy metal, a complex of

microelements, etc. The content of dissolved oxygen varied from 7.77 to 11.73 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>; BOD<sub>5</sub> 3.27 – 4.80 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>; CODCr 21.72 – 39.78 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. The content of heavy metals in water for lead ranged from 0.50 to 2.50 mg/dm<sup>3</sup>; chromium 0.001 – 0.002 mg / dm<sup>3</sup>; cadmium 0.00005 – 0.0003 mg/dm<sup>3</sup>.

According to the dominant ions, the water of the Zelvenskoye reservoir can be classified as calcium-hydrocarbonate. The content of calcium is 55.09±3.01 mg/dm<sup>3</sup>, hydrocarbon ion 187.75±11.61 mgHCO<sub>3</sub>/dm<sup>3</sup>. The hydrochemical indicators of the Zelvenskoye reservoir, in general, corresponded to the environmental and sanitary-hygienic standards in terms of MPC. In some periods, there was an excess of the MPC for phosphate ion (5.3 MPC), total iron up to 0.837 mg/dm<sup>3</sup>, BOD<sub>5</sub> (1.3 MPC), COPCCr (2.6 MPC), total nitrogen according to Kjeldal (1.03 -2.1 MPC), content of oil products. The hydrochemical regime for the study period, at the time of the study, corresponded to the fish breeding standards in force in the Republic of Belarus when growing fish using the technology of pasture fish farming.

**Key words.** reservoir, morphometry, hydrochemical parameters, hydrochemical regime, pasture fishing, ecology.

Гидрохимический режим пресноводных водоемов, является важным лимитирующим фактором в поступательном развитии ихтиофауны водного объекта.

Важными определяемыми показателями гидрохимического режима являются: рН, аммиачный, нитритный, нитратный азот, общая жесткость, карбонатная жесткость, минерализация, сульфаты, фосфаты, общий фосфор, железо, фтор, иод, хлор, концентрация растворенного: кислорода, углекислого газа, сероводорода, БПК, ХПК, комплекса микроэлементов и др. [3, 4].

В последнее десятилетие заметным показателем гидрохимического режима стало наличие остаточных количеств поверхностно активных веществ (ПАВов), солей четвертичных (ЧАС) и третичных аммониевых соединений (ТАС), перекисей, органических кислот, альдегидов, минеральных кислот, щелочей, йодистых соединений и др. компонентов моющих и дезинфицирующих веществ.

Синтетические моющие средства (СМС) и дезинфицирующих средств (ДС) массово применяются в сельском хозяйстве и предприятиях, перерабатывающих растительное и животное сырье для: мойки доильного оборудования, плановых, текущих и вынужденных дезинфекций на животноводческих объектах; мойки автомобилей и тракторов, комбайнов, механизмов и оборудования, мойки сырья в процессе переработки и др. В 2019 году и по настоящее время, с началом пандемии COVID 19, применение дезинфектантов и моющих средств, многократно возросло.

В основном, определяемая концентрация указанных выше веществ, чаще предполагается в районе населенных пунктов, животноводческих ферм, мест постоянного хранения машинно-тракторного парка и др.,

территориально расположенных на расстоянии 50–300 м или непосредственно примыкающих к водному объекту.

Несомненно, что важность и последствия значимых концентраций ПАВов, СМС и ДС для представителей ихтиофауны еще нужно будет определить по каждому продукту. А это в свою очередь, потребует детального изучения, в т. ч. непосредственного прямого воздействия (острая токсичность), кумулятивного и сочетанного эффекта (хронический эффект).

Водохранилище Зельвенское имеет площадь водного зеркала 1190 га, полный объемом воды 28 млн м<sup>3</sup>, полезный объем 17,6 млн м<sup>3</sup> и занимает первое место среди водоемов Гродненской области. В настоящее время промысловое рыболовство на водохранилище не ведется. Объект используется в целях рекреации, любительского и спортивного лова рыбы. Водоем является перспективным объектом для ведения пастбищного, прудового, садкового и интегрированного рыбоводства.

Знание показателей и регулярный контроль гидрохимического режима водохранилища Зельвенское, является важной научно-прикладной задачей, решение которой позволит объективно ориентироваться в вопросах рыбоводства при вовлечении водоема в рыбохозяйственную деятельность [3].

: провести ретроспективный анализ гидрохимического режима водохранилища Зельвенское, Зельвенского района, Гродненской области, за период с 2010 по 2021 годы.

1. Провести сбор данных по гидрохимическому режиму Зельвенского водохранилища с 2010 по 2020 годы. 2. Провести анализ гидрохимического режима Зельвенского водохранилища по определенным показателям, среднему результату по каждому показателю в течение года, за период 2010–2020 гг. 3. Изучить данные по концентрации растворенного кислорода Зельвянского водохранилища с целью оценки возможности предзаморных и заморных явлений. 4. Повести первичные исследования гидрохимического режима Зельвенского водохранилища прибрежной акватории в сезоне 2021 года.

В работе использованы литературные источники, находящиеся в свободном доступе, материалы исследования Центра гигиены и эпидемиологии Зельвенского района, сведения экологического мониторинга, собственных натуральных исследований.

Отбор проб с акватории водохранилища Зельвенское, проводился в постоянном пункте аналитического контроля № 20211.0742, 4 раза в год. В период 2010–2015 годов система мониторинга предполагала

ежегодный, контроль, с 2016 и по настоящее исследование гидрохимических показателей проводились 1 раз в 2 года. Отбор проб и исследования проводились в Гродненской лаборатории аналитического контроля, по 2 вертикалям и одному горизонту по каждой вертикали.

Собственные натурные исследования показателей гидрохимического режима Зельвянского водохранилища проведены методом сухой химии с использованием тест – полосок J-Quant (производитель – Johnson, Великобритания), по следующим показателям: рН, жесткость общая, железо, иод, хлор, фтор, фосфаты, сульфаты, аммиачный азот, нитриты, нитраты, ЧАСы, перекиси, перуксусная кислота.

Определение показателя концентрации растворенного кислорода проводили жидкостным методом – пробой Винклера.

Отбор проб проводился на 7 станциях: № 1 старая электростанция; № 2 ферма; № 3 парк 40-летия Победы; № 4 бывшая база ЖКХ; № 5 пионерский лагерь «Голубая волна»; № 6 база «Лавриновичи»; № 7 д. Бережки. Пробы отбирались по 3-5 вертикалям и одной горизонтали каждой станции.

Зельвенское водохранилище вошло в список водоемов обязательного мониторинга гидрохимического режима, в связи с угрозой возникновения предразорных и заморных явлений.

Исследования проводились в период с 2010–2016 ежегодно и в 2018, 2020 годы.

Отбор проб производился с глубины от 1,46 до 1,87 м, при температуре воды 11,13 — 15,26 °С, прозрачность составила 0,20–1,25 м.

Колебания средней годовой концентрации содержания гидрохимических компонентов за период 2010–2020 годы приведены ниже.

Макропоказатели: взвешенные вещества от 8,71 до 18,52 мг/дм<sup>3</sup>; минерализация воды 239,33–407,67 г/дм<sup>3</sup>; удельная электрическая проводимость 332,25–440,83 мкОм/см; водородный показатель (рН) 7,83–8,37; азот общий по Кьельдалю 0,78–3,08 мгN/дм<sup>3</sup>; железо общее 0,0691–0,3554 мг/дм<sup>3</sup>; фосфор общий 0,064–0,190 мг/дм<sup>3</sup>; кальций 49,03–61,50 мг/дм<sup>3</sup>; магний 5,3–14,15 мг/дм<sup>3</sup>; нефтепродукты 0,011–0,021 мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ анионоактивные 0,013–0,039 мг/дм<sup>3</sup>.

Микроэлементы: марганец 0,0171–0,0855 мг/дм<sup>3</sup>; медь 0,0005–0,0038 мг/дм<sup>3</sup>; цинк 0,0016–0,0148 мг/дм<sup>3</sup>; никель 0,58–4,17 мг/дм<sup>3</sup>.

Ионы: фосфат-ион 0,014–0,053 мгPO<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup>; хлорид-ион 12,583–19,350 мгCl/дм<sup>3</sup>; аммоний-ион 0,078–0,366 мгNH<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup>; нитрит-ион 0,004–0,019 мгNO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; нитрат-ион 0,354–0,656 мгNO<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup>; гидрокарбонат-ион 160,58–201,58 мгHCO<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup>.

Тяжелые металлы: свинец 0,50–2,50 мг/дм<sup>3</sup>; хром 0,001–0,002 мг/дм<sup>3</sup>; кадмий 0,00005–0,0003 мг/дм<sup>3</sup>.

Кислород: растворенный кислород 7,77–11,73 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; БПК<sub>5</sub> 3,27–4,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; ХПК<sub>Cr</sub> 21,72–39,78 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Средние величины показателей гидрохимического режима водохранилища Зельвенское отражены в табл. 1.

Таблица 1.

п-9)

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Δ ср ± δ ср	% δ ср / Δ ср
1	Глубина отбора проб	м	1,83±0,08	4,12
2	Температура воды	С	13,34±1,04	7,81
3	Прозрачность	м	0,47±0,30	63,46
4	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	12,14±3,52	29,02
5	Водородный показатель (рН)		8,05±0,12	1,55
6	Минерализация	мг/дм <sup>3</sup>	292,26±37,19	12,73
7	Удельная электропроводность	мкОм/см	373,38±28,26	7,57
8	Азот общий по Кьельдалю	мгN/дм <sup>3</sup>	1,17±0,56	47,43
9	Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,1530±0,0909	59,38
10	Фосфор общий	мг/дм <sup>3</sup>	0,112±0,031	27,50
11	Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	55,09±3,01	5,46
12	Магний	мг/дм <sup>3</sup>	11,81±1,97	16,68
13	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,015±0,003	17,11
14	СПАВ анионоактивные	мг/дм <sup>3</sup>	0,027±0,011	41,67
15	Марганец	мг/дм <sup>3</sup>	0,0433±0,0194	44,74
16	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,0014±0,0010	74,55
17	Никель	мг/дм <sup>3</sup>	2,42±0,75	31,13
18	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,0071±0,0039	55,40
19	Фосфат-ион	мгP/дм <sup>3</sup>	0,028±0,009	31,36
20	Хлорид-ион	мгCl/дм <sup>3</sup>	14,010±1,248	8,91
21	Аммоний-ион	мгNH <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	0,174±0,084	48,25
22	Нитрит-ион	мгNO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,011±0,004	36,20
23	Нитрат-ион	мгNO <sub>3</sub> /дм <sup>3</sup>	0,485±0,102	21,08
24	Гидрокарбонат-ион	мгHCO <sub>3</sub> /дм <sup>3</sup>	187,75±11,61	6,18
25	Сульфат-ион	мгSO <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	21,64±4,04	18,64
26	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	9,16±0,73	20,82
27	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,86±0,38	9,80
28	ХПК <sub>Cr</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	34,92±6,87	19,69
29	Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	2,06±0,69	33,68
30	Хром	мг/дм <sup>3</sup>	0,0012±0,0004	30,91
31	Кадмий	мг/дм <sup>3</sup>	0,00024±0,00008	35,25

Ежегодные исследования в весенне-летний период проводились с интервалом от 3–5 до 7–10 дней, за период май-сентябрь, с 2016 по

2020 годы, по предусмотренному перечню гидрохимических показателей. Отбор проб производился по 2(3) вертикалям и одной горизонтали. Средние показатели гидрохимического режима в весенне-летний на момент исследования в период 2016–2020 годов были следующими.

Концентрация растворенного кислорода составила от 6,90 до 12,50 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; прозрачность до 0,30 м; БПК<sub>5</sub> 2,94–3,93 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; ХПК<sub>Cr</sub> до 16,50 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; взвешенные вещества от 2,53–8,25 мг/дм<sup>3</sup>; запах 1,00–1,5 балла; водородный показатель (рН) 7,64–8,50; цветность 27,00–62,50 ед.; железо общее до 0,30 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация ионов составила: сульфат-ион 17,89–50,40 мг SO<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup>; хлорид-ион 13,20–20,73 мгCl/дм<sup>3</sup>; аммоний-ион 0,10–0,90 мгNH<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup>; нитрит-ион 0,004–0,019 мгNO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; нитрат-ион 0,354–0,656 мгNO<sub>3</sub>/дм<sup>3</sup>.

Среднегодовые и сезонные показатели за исследуемые периоды, на момент исследования, как правило, в пределах ПДК. Однако в некоторые периоды зафиксированы отклонения от действующих норм. Так в июне 2016 года концентрация растворенного кислорода составила от 4,6–4,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В 2017 году в воде р. Зельвянка зарегистрировано повышенное содержание нефтепродуктов.

Содержание железа общего варьировало в 2017–2020 годах от 0,36 до 0,837 мг/дм<sup>3</sup>. В этот же период было отмечено повышенное содержание фосфат-иона в р. Зельвянка (основной питающий водоток вдхр. Зельвенское) от 0,003 до 0,086 мгPO<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup> в 2018 г., до 0,007–0,63 мгPO<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup> и 0,01–0,35 мгPO<sub>4</sub>/дм<sup>3</sup> (5,3 ПДК), в 2019 и 2020, соответственно.

В 2018 году имело место превышение норматива содержания азота общего по Кбельдалю в воде вдхр. Зельвенское от 5,14 до 10,5 мгN/дм<sup>3</sup> (1,03–2,1 ПДК).

В мае 2020 года показатели превышения норматива качества воды по БПК<sub>5</sub> до 7,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК), концентрация трудноокисляемых органических веществ, определяемых по ХПК<sub>Cr</sub>, до 78 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,9 ПДК) [1, 5, 6, 7, 8].

При исследованиях, проведенных в летний период 2021 года, гидрохимический режим соответствовал рыболовным нормам выращивания рыб по пастбищной технологии. Во время исследований температура воды колебалась в пределах 19–23 °С. Концентрация растворенного в воде кислорода – в пределах от 4,0 до 6,7 мг/л. Амплитуда ко-

лебаний водородного показателя (рН) – от 7,0 до 7,7. Показатель аммиак/аммоний ( $\text{NH}_4/\text{NH}_3$ , мг/л) регистрировался в пределах 0,04 до 0,56. Значения нитратов ( $\text{NO}_3$ , мг/л) колебались в пределах 0,0–6,0 мг/л. Показатель нитритов ( $\text{NO}_2$ , мг/л) находился в пределах 0,3–0,5. Железо общее имело показатель 0,2–0,7 мг/л [2].

По доминирующим ионам вода водохранилища Зельвенское может быть отнесена к кальциево-гидрокарбонатной. Гидрохимические показатели водохранилища Зельвенское, в целом, соответствовали по ПДК экологическим и санитарно-гигиеническим нормативам. В отдельные периоды имело место превышение ПДК по фосфат-иону (5,3 ПДК), общему железу до 0,837 мг/дм<sup>3</sup>, БПК<sub>5</sub> (1,3 ПДК), ХПК<sub>Cr</sub> (2,6 ПДК), азота общего по Кьельдалю (1,03–2,1 ПДК), содержанию нефтепродуктов.

Гидрохимический режим, за исследуемый период, соответствовал рыболовным нормам, действующим в Республике Беларусь, при выращивании рыбы по технологии пастбищного рыбоводства. Вместе с тем, среднее отклонение ( $\delta$  ср) к средней величине среднегодового содержания компонента ( $\Delta$  ср), по 14 показателям из 31, превышает 30 %, а по ряду показателей составляет от 41,87 до 74,55 %, что свидетельствует о существенных интервалах отклонений по годам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2018 год). Издание официальное / Минск, – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Министерство здравоохранения Республики Беларусь, РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». – 2019. – С. 60–61.
2. Козлова, Т. В. Продуценты Зельвенского водохранилища / Т. В. Козлова, Н. А. Кузнецов, А. И. Козлов, Н. П. Дмитриевич // Биотехнология: достижения и перспективы развития: сборник материалов V международной научно-практической конференции, УО «Полесский государственный университет», г. Пинск, 25–26 ноября 2021 г. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: В. И. Дунай [и др.]. – Пинск: ПолесГУ. 2021. – С. 84–87.
3. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: Методические указания. РД 52.24.643 – 2002. / Ростов на Дону. – 2002. – 55 с.
4. Морузи, И. В. и др. Гидрохимия. Методические указания по проведению лабораторно-практических работ / Морузи И. В., Иванова З. А. // Новосибирский аграрный университет, Новосибирск, 1994. – 35 с.
5. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2017 год / Под общей редакцией Е.П. Богодяж – Минск, Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. – 2018. – С.83–83.
6. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2018 год / Под общей редакцией Е. П. Богодяж – Минск, Рес-

публиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. – 2019. – С. 86–87.

7. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2019 год / Под общей редакцией Е. П. Богодяж – Минск, Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. – 2020. – С. 92–94.

8. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2020 год / Под общей редакцией Е. П. Богодяж – Минск, Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. – 2021. – С. 103–104.