

УДК 556.55:639.3(476.5)

DOI 10.63874/2218-0311-2025-1-87-95

Анатолій Николаевич Лицкевич¹, Ольга Евгеньевна Чезлова²,**Лілія Андреевна Кутаева³, Лариса Ивановна Чирук⁴**¹зав. лабораторией гидроэкологии и экотехнологий Полесского аграрно-экологического института Национальной академии наук Беларуси²канд. биологических наук, науч. сотрудник Полесского аграрно-экологического института Национальной академии наук Беларуси^{3,4}мл. науч. сотрудник Полесского аграрно-экологического института Национальной академии наук Беларуси**Anatoli Litskevich¹, Olga Chezlova,² Lilia Kutaeva³, Larisa Chiruk⁴**¹Head of the Laboratory of Hydroecology and Ecotechnologies at the Polesie Agrarian-Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus²Candidate of Biological Sciences, researcher at the Polesie Agrarian-Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belarus^{3,4}Junior Researcher at the Polesie Agrarian-Ecological Institute of the National Academy of Sciences of Belaruse-mail: ¹hydropaei@gmail.com, ²olgachezlova@tut.by,³lilianabieva98@gmail.com, ⁴larisachiruk@mail.ru

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ ОАО ОРХ «СЕЛЕЦ»

Интенсивное рыбоводство, включающее высокую плотность посадки рыбы и кормление, негативно влияет на гидрохимический режим рыбоводных прудов. Это приводит к увеличению окисляемости, изменению pH, колебаний кислорода, ухудшению физических и химических свойств воды. Для предотвращения негативных последствий необходимо применять методы подготовки воды, обеспечить условия для нормальной жизнедеятельности водных организмов. Качество воды должно соответствовать нормативам для выращивания рыбы и обеспечивать достаточный прирост рыбы.

Hydrochemical Regime of Fish-Breeding Ponds of JSC «Experimental Fish Farm «Selets»

Intensive fish farming, including high density of fish stocking and feeding, has a negative impact on the hydrochemical regime of fish ponds. This leads to increased oxidation, changes in pH, oxygen fluctuations, and deterioration of the physical and chemical properties of water. To prevent negative consequences, it is necessary to use water treatment methods and provide conditions for the normal functioning of aquatic organisms. Water quality must meet standards for fish farming and ensure sufficient fish growth.

Введение

Вода содержит различные растворенные и взвешенные вещества, количество и состав которых определяют большое разнообразие ее химического состава. Он зависит как от физических условий окружающей среды, так и от биологических и микробиологических процессов, протекающих в водоемах. Взаимообусловленное воздействие абиотических и биотических факторов, а также деятельность человека вызывают существенные различия в гидрохимическом режиме водоемов [1].

Большим своеобразием отличается гидрохимический режим рыбоводных прудов и мелких водоемов, периодически осушаемых в различные сезоны года, на качество вод которых сильно влияет качество исходной воды и хозяйственная деятельность человека. При выращивании рыбы протекают естественные процессы накопления продуктов биологического разложения, которые в известных пределах не оказывают негативного влияния на рост и развитие выращиваемых объектов [1].

Посадка в пруды большого количества рыбы на единицу площади, удобрение прудов и кормление рыбы отрицательно влияют на качество воды. В результате поступления в воду легкоразлагающегося органического материала увеличивается окисляемость, повышается водородный показатель воды (pH), отмечается увеличение су-

точных колебаний содержания кислорода, изменяются физические свойства воды, увеличивается ее цветность, снижается прозрачность [2].

Зависимость химического состава от интенсивности биопродуктивных процессов позволяет количественно оценивать величину продуктивности водоемов. Основными показателями при оценке интенсивности биопродуктивных процессов являются абсолютное и относительное содержание кислорода. Исследования содержания кислорода в водоеме используются для расчетов величины первичной продукции и деструкции новообразующегося органического вещества – основного корма для всех гетеротрофных организмов.

Не менее важные сведения можно получить и при анализе изменения рН, содержания свободной углекислоты (диоксида углерода), биогенных элементов, перманганатной и бихроматной окисляемостей (ХПК), биохимического потребления кислорода (БПК). При этом особенно важно знать соотношение между гидрохимическими показателями, например между кислородом и углекислотой, между БПК и ХПК, между величиной суточной деструкции и БПК [2].

Выращивание осетровых рыб в условиях прудового рыбоводства должно сопровождаться контролем качества вод для обеспечения сохранности вида, плодовитости и качества потомства рыбы с учетом ее биологических потребностей. Качество воды, используемой в технологическом процессе, должно обеспечивать оптимальный режим выращивания рыбы, исключая возникновение заморных ситуаций и обеспечивающий прирост рыбы, достаточный для получения стандартной массы [3].

В таблицу 1 сведены критерии оценки качества воды поверхностных водных объектов в т. ч. используемых для разведения рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных, отраженные в ряде нормативно-правовых актов [4; 5], а также рекомендованные М. С. Чебановым в руководстве по искусственному воспроизводству осетровых рыб [6].

Вода, поступающая на рыбоводные производства для выращивания рыб, не должна содержать вредных веществ и примесей в количествах, превышающих установленные показатели, и отвечать требованиям, предъявляемым к физико-химическим характеристикам воды при разведении и выращивании осетровых (таблица 1).

Цель исследований – оценка качества воды в системе рыбоводных прудов при выращивании осетровых рыб.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- определение гидрохимических характеристик поверхностных вод рыбоводных прудов и водоисточника;
- оценка пригодности поверхностных вод при выращивании осетровых рыб в условиях прудового рыболовства.

Таблица 1 – Критерии оценки качества воды поверхностных водных объектов, в т. ч. используемых для разведения рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных

Наименование испытаний (проверяемый показатель)	Нормы показателя для лососеобразных и осетрообразных [4]	Качество воды прудовых хозяйств [5]	Рекомендованные значения [6]
Температура, не более С (разность Δt , не более °С)		28 (5)	
pH	6,5–8,5	6,5–8,5	7,0–8,0
Взвешенные вещества, мг/дм ³	25	25,0	10
Сухой остаток, мг/дм ³	1000	–	–
Солесодержан., мг/дм ³		–	
Сульфаты, мг/дм ³	100	–	50
Хлориды, мг/дм ³	300	–	30
Ортофосфаты, мгР/дм ³	0,066	0,5	0,098
Аммоний, мгN/дм ³	0,39	1,0	0,39
Нитраты, мгN/дм ³	9,03	2,0	1
Нитриты, мг/дм ³	0,08	0,02	0,1
БПК ₅ , мгО/дм ³	3	3	2
ХПК, мгО/дм ³	25	50	–
Кислород раств., мг/дм ³	6	5	4
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	–	–
АПАВ, мг/дм ³	0,1	–	–
Железо, мг/дм ³	0,515	1,8	0,01
Жесткость, °Ж	–	–	6
Магний, мг/дм ³	40	–	40
Кальций, мг/дм ³	180	–	180

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в период 2022–2024 гг. сотрудниками лаборатории Гидроэкологии и экотехнологий Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси (аттестат аккредитации № ВУ/112 1.1832) на базе ОАО ОРХ «Селец».

В ходе работы проведены исследования основных гидрохимических показателей водной среды в источнике водоснабжения и рыбоводных бассейнах. Для оценки вод водных объектов применялись стандартные методы оценки качества поверхностной воды, принятые в Республике Беларусь [7].

Характеристика места отбора проб поверхностных вод представлена на рисунке 1.

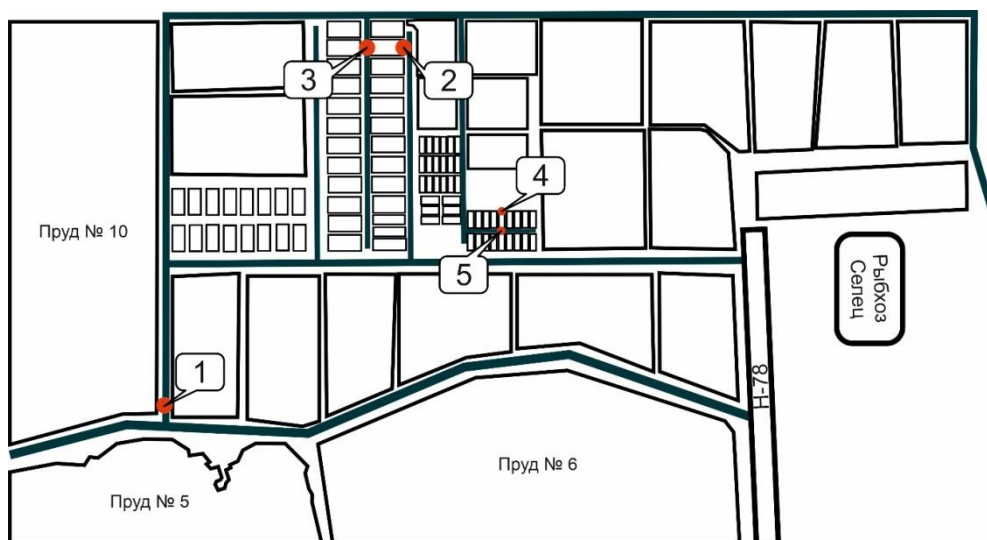


Рисунок 1 – Схема отбора проб поверхностных вод ОАО ОРХ «Селец»

- 1 – центральный водоподводящий канал; 2 – зимовальный пруд № 14 (выход);
3 – зимовальный пруд № 14 (вход); 4 – земляной садок № 14 (выход);
5 – водоподводящий канал (земляной садок № 14)

Результаты исследования и их обсуждение

В результате анализа качества вод рыбоводных прудов ОАО ОРХ «Селец» установлено, что в большинстве образцов поверхностных вод значение определяемых показателей соответствует нормативам водоснабжения рыбоводных предприятий. Однако отклонения от нормы отдельных показателей свидетельствуют о необходимости дополнительной подготовки потребляемых вод при выращивании осетровых рыб на исследуемом объекте (таблица 2).

Температура воды открытых водных объектов колебалась в диапазоне 5,8–6,3 °С (март 2024). Значения показателя рН находились в пределах от 6,4 до 7,6 ед. рН. Нормированный показатель рН для осетровых рыб установлен в пределах 7,8–8,0 ед. рН.

Содержание сульфатов (до 43,78 мг/дм³) и хлоридов (до 16,6 мг/дм³) в поверхностных водах ОАО ОРХ «Селец» не превышает предельно допустимые концентрации данных компонентов в воде при выращивании осетровых (50 и 30 мг/дм³ соответственно). Накопление ортофосфатов в воде – менее 0,25 мг/дм³, что не превышает рекомендуемые уровни содержания данного вещества в рыбоводных прудах.

Показатель жесткости воды отвечает рыбоводным нормативам (3,98–4,22 Ж), так как для использования пригодна вода с жесткостью до 6 Ж (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика качества поверхностных вод ОАО ОРХ «Селец»

Наименование испытаний (проверяемый показатель)	Центральный водоподводящий канал			Зимовальный пруд					
				вход в пруд			выход из пруда		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Температура, °С (разность Δt , °С)			6,1			6,2			5,8
pH	7,6	7,4	7	7,8	8	7,6	7,9	8	7,7
Взвешенные вещества, мг/дм ³	<3	11,2		<3	19,8		10,5	29,2	
Сухой остаток, мг/дм ³	336	270		352,5	273,5		328,5	251,5	
Солесодержание, мг/дм ³			209,2			206,5			206,2
Сульфаты, мг/дм ³	33	31	40,51	32,3	34	43,78	31,6	36	43,63
Хлориды, мг/дм ³	15,9	16,6	14,47	16,2	16,6	14,08	15,9	16,6	14,13
Ортофосфаты, мгР/дм ³	0,029	0,028	<0,08	0,014	0,022	<0,08	0,016	0,022	<0,08
Аммоний, мгN/дм ³	0,46	0,82	<0,39	0,55	0,96	<0,39	0,53	0,97	<0,39
Нитраты, мгN/дм ³	0,35	2,08	2,24	0,35	2,21	2,69	0,34	2,21	2,59
Нитриты, мг/дм ³	0,019	0,12	<0,06	0,018	0,07	<0,06	0,017	0,062	<0,06
БПК ₅ , мгО/дм ³	3,4	3		3,6	5		3,7	4	
ХПК, мгО/дм ³	42,1	57,1	72,1	46,1	65,5	88	48,4	64,5	89
Кислород раств., мг/дм ³	9,8	11,47	6,6	11,4	11,43	8,13	11,2	7,16	8,81
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,036	0,047		<0,005	0,036		0,02	0,035	
АПВ, мг/дм ³	<0,025	<0,025		<0,025	<0,025		<0,025	<0,025	
Железо, мг/дм ³	0,601	0,611	0,948	0,62	0,626	0,75	0,573	0,509	0,667
Жесткость, Ж	4,2	4,12	4,22	4,1	3,88	4,04	4,1	3,88	3,98

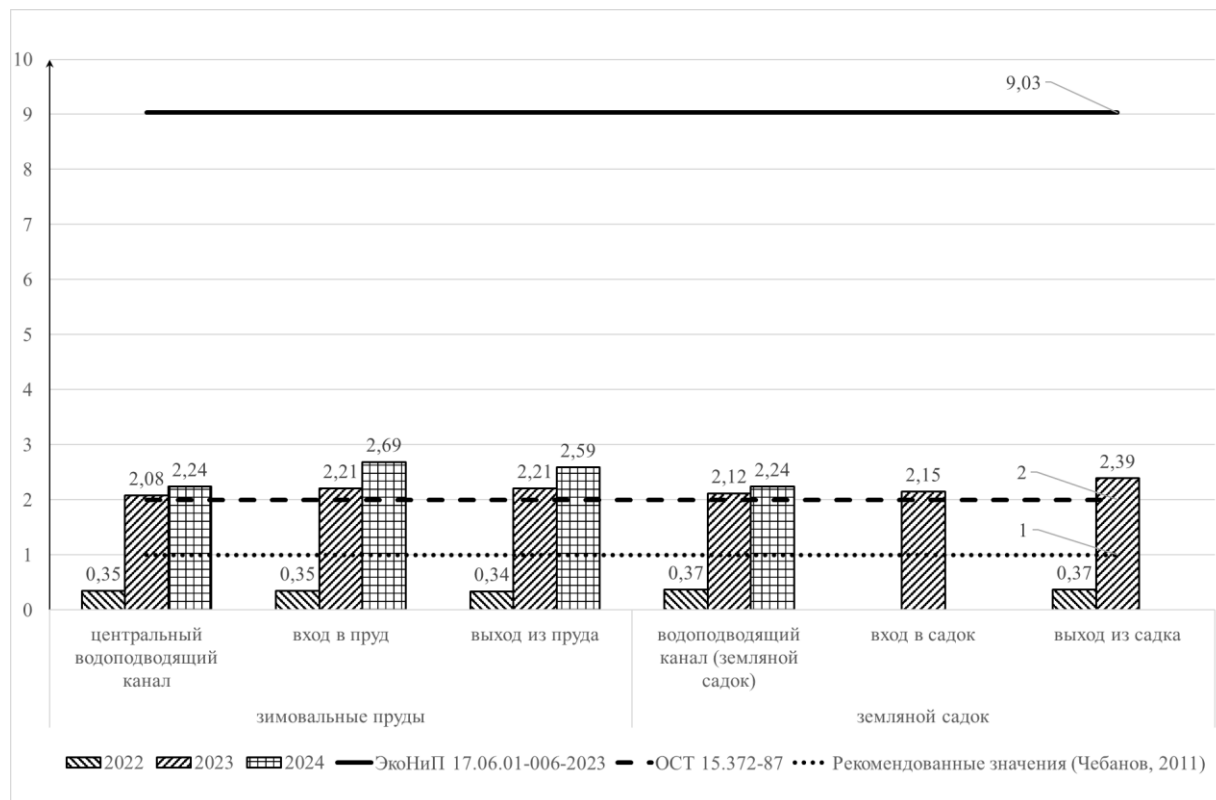
Выявлен ряд загрязняющих веществ в поверхностных водах ОАО ОРХ «Селец», содержание которых превышает уровни как рекомендуемых при выращивании осетровых рыб, так и национальных нормативов качества поверхностных вод иных водных объектов.

Показатель содержания азота нитратов в поверхностных водах (рисунок 2) системы прудов ОАО ОРХ «Селец» превышает рекомендуемый норматив [6], но соответствует нормативу ЭкоНиП 17.06.01-006-2023.

Отмечено, что в поверхностных водах центрального подающего канала в 2023 и 2024 гг. уровень содержания нитратов превышает как норматив отраслевого стандарта, так и рекомендуемый норматив качества вод для выращивания осетровых. В литературе отмечается незначительная степень нитрификации поверхностных вод на этапе подачи вод в рыбоводный пруд [8].

Содержание нитратов до поступления в пруд ОАО ОРХ «Селец» увеличивается от уровня 2,24 мгN/дм³ до 2,69 мгN/дм³. Содержание азота нитратов в водоподводящем канале земляного садка вновь снижается до уровня содержания в водах центрального

канала, что указывает на способность поверхностных вод к денитрификации в ламинарных потоках поверхностных вод (рисунок 2).

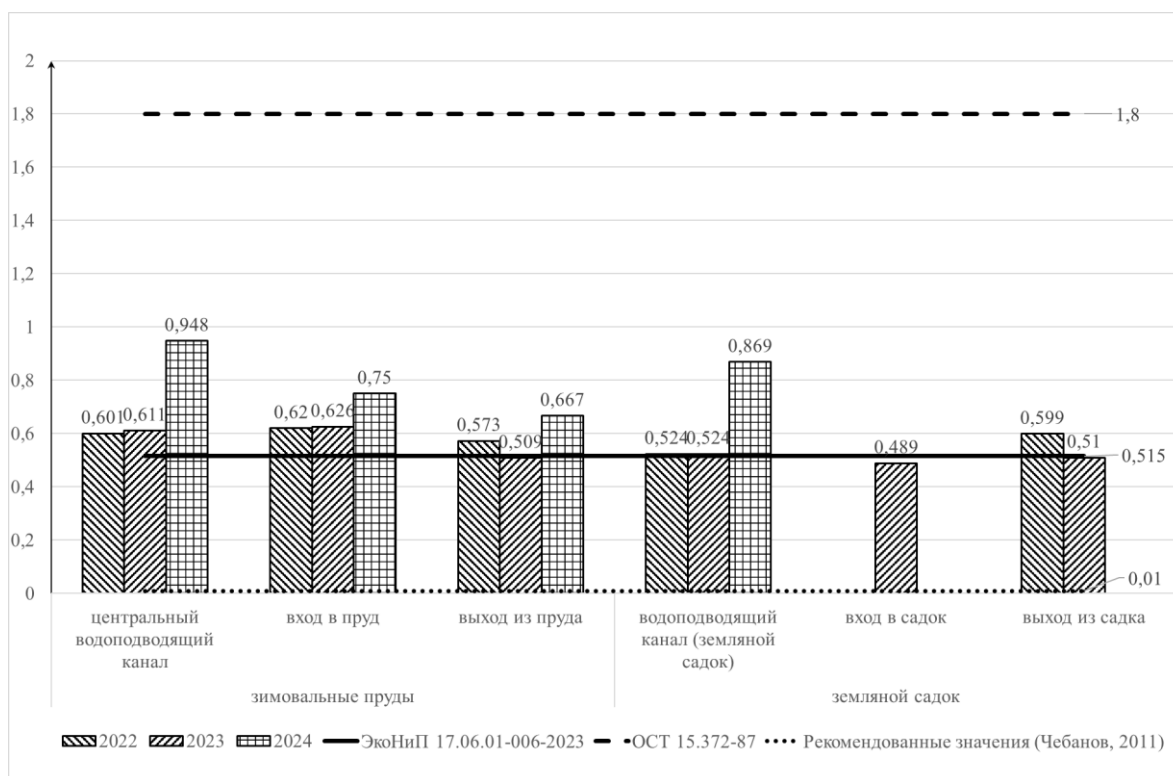


**Рисунок 2 – Содержание азота нитратов в поверхностных водах
ОАО ОРХ «Селец» в 2022–2024 гг., мгN/дм³**

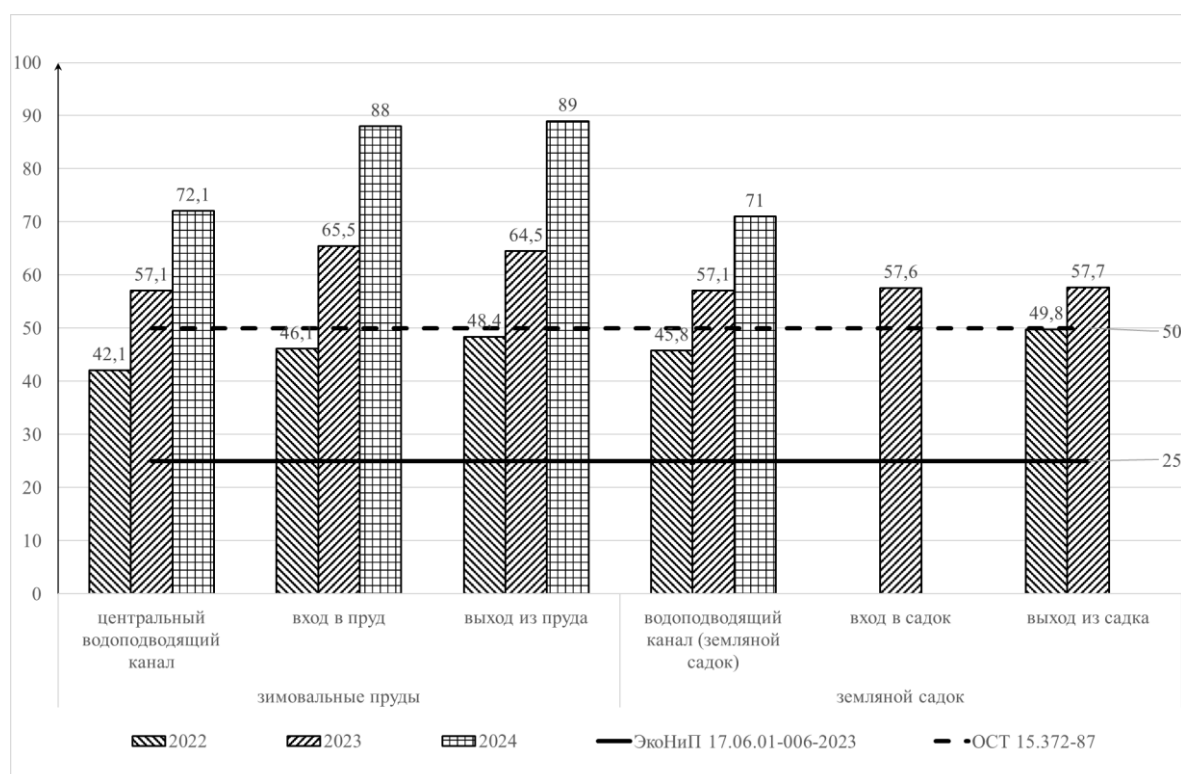
Содержание железа в составе поверхностных вод достигает показателя 0,948 мг/дм³, что значительно выше рекомендуемой нормы при выращивании осетровых (рисунок 3).

На участке от центрального подающего канала до входа в рыбоводный пруд отмечено снижение содержания общего железа, что вызвано осаждением соединений Fe^{+3} в результате окисления растворенным кислородом.

По содержанию ХПК (рисунок 4) поверхностные воды подающих каналов и прудов не соответствуют рекомендуемым нормативам. Показатель ХПК достигает уровня 71–89 мгО/дм³ при рекомендуемом уровне 25 мгО/дм³. В системе «центральный подающий канал → вход в рыбоводный пруд → выход из рыбоводного пруда» отмечен рост показателя ХПК, который характеризует повышение органической составляющей в поверхностных водах вследствие поступления отходов жизнедеятельности осетровых рыб и продуктов разложения кормов и кормовых добавок.



**Рисунок 3 – Содержание железа общего в поверхностных водах
ОАО ОРХ «Селец» в 2022– 2024 гг., мг/дм³**



**Рисунок 4 – Показатель ХПК поверхностных вод ОАО ОРХ «Селец»
в 2022–2024 гг., мгО/дм³**

Несмотря на значительное содержание органических загрязнений (ХПК), содержание растворенного кислорода находится на приемлемом уровне (рисунок 5).

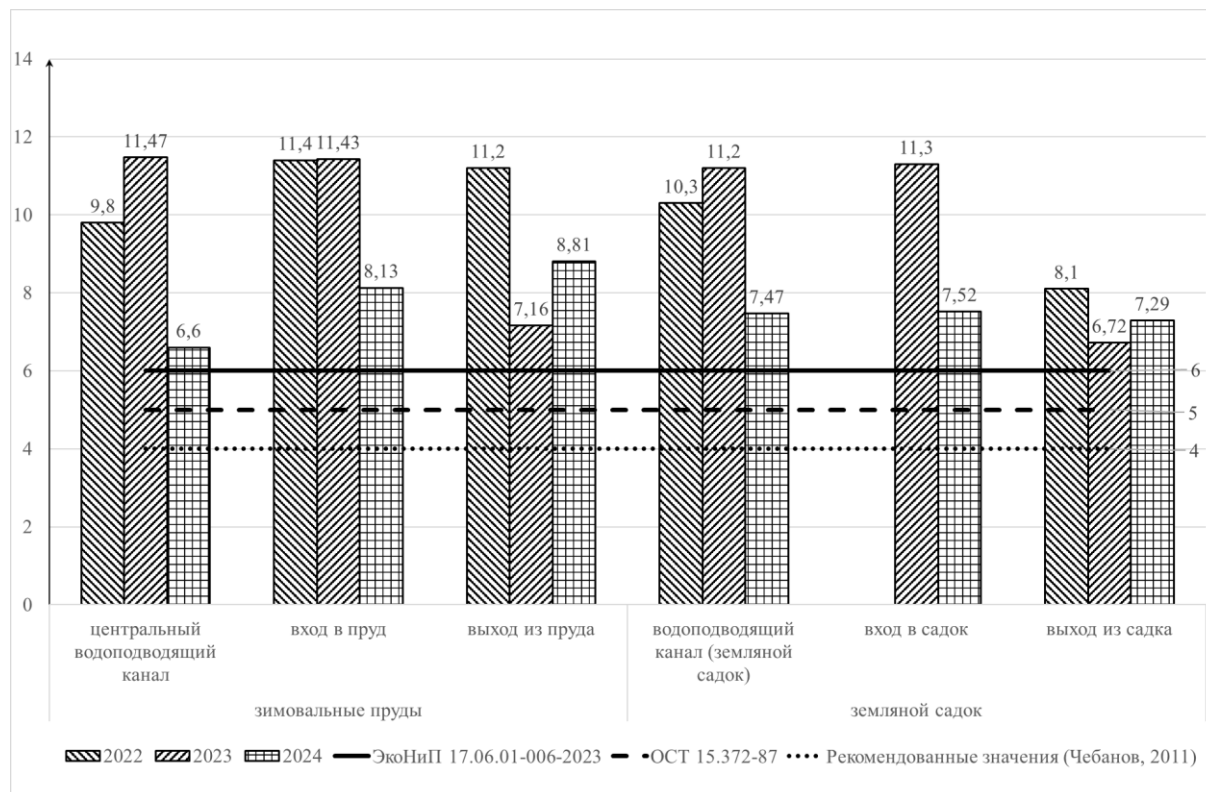


Рисунок 5 – Содержание растворенного кислорода в поверхностных водах ОАО ОРХ «Селец» в 2022–2024 гг., мг/дм³

В условиях интенсивного водообмена рыбоводных прудов отмечено удовлетворительное состояние поголовья осетровых рыб.

Заключение

1. Поступающая вода центрального подающего канала системы прудов ОАО ОРХ «Селец» по большинству показателей соответствует требованиям качества водных объектов, используемых для размножения, нагула, зимовки, миграции видов рыб отрядов лососеобразных и осетрообразных.

2. Требуется дополнительная подготовка поверхностных вод систем водоснабжения рыбоводных прудов ОАО ОРХ «Селец» в связи с эпизодическим повышенным значением азота нитратов, показателя химического потребления кислорода и общего железа.

3. Высокое содержание растворенного кислорода в водах центрального подающего канала способствует окислению соединений железа, легкоокисляемой органики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Багрова, А. М. Технологии прудового рыбоводства / под об. ред. член.-кор. РАСХН А. М. Багрова. – М. : Изд-во ВНИРО, 2014. – 358 с.

2. Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств / Г. Г. Матишов, Д. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева [и др.]. – Ростов н/Д. : Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 112 с.

3. Кошелев, Б. В. Экология размножения рыб / Б. В. Кошелев. – М. : Наука, 1984. – 307 с.
4. Экологические нормы и правила. ЭкоНП 17.06.01-006-2023 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов» : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 15 дек. 2023, № 15-Т. – URL: <https://normy.by/tnpa/1/8448.pdf> (дата обращения: 01.02.2025).
5. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы : ОСТ 15.372-87 : – утв. приказом Минрыбхоза СССР от 10 дек. 1987 г., № 655. – 19 с. – URL: https://standartgost.ru/g/%D0%9E%D0%A1%D0%A2_15.372-87 (дата обращения: 01.02.2025).
6. Чебанов, М. С. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб / М. С. Чебанов, Е. В. Галич. – Анкара, 2013. – 325 с.
7. Belarusian state centre for accreditation. – URL: <https://bsca.by/en/registrytestlab/view?id=6979> (дата обращения: 01.02.2025).
8. Привезенцев, Ю. А. Интенсивное рыбоводство / Ю. А. Привезенцев. – М. : Агропромиздат, 1991. – 368 с.

REFERENCES

1. Bagrova, A. M. Tiekhnologii prudovogo rybovodstva / pod ob. ried. chlien.-kor. RASKhN A. M. Bagrova. – М. : Izd-vo VNIRO, 2014. – 358 s.
2. Osnovy osietrovodstva v uslovijakh zamknutogo vodoobiespiechienia dla fermer-skich khozajstv / G. G. Matishov, D. G. Matishov, Je. N. Ponomariova [i dr.]. – Rostov n/D. : Izd-vo JuNC RAN, 2008. – 112 s.
3. Kosheliev, B. V. Ekologija razmnozhenija ryb / B. V. Kosheliev. – М. : Nauka, 1984. – 307 s.
4. Ekologicheskiye normy i pravila. EkoNiP 17.06.01-006-2023 «Okhrana okruzhajushchiej sriedy i prirodo-pol'zovanie. Gidrosfiera. Normativy kachiestva vody povierkhnostnykh vodnykh objektov» : postanovlienije M-va prirod. riesursov i okhrany okruzhajushchiej sriedy Riesp. Bielarus' ot 15 diek. 2023, № 15-T. – URL: <https://normy.by/tnpa/1/8448.pdf> (data obrashchienia: 01.02.2025).
5. Voda dlja rybovodnykh khozajstv. Obshchije tribovanija i normy : OST 15.372-87 : – utv. prikazom Minrybkhoza SSSR ot 10 diek. 1987 g., № 655. – 19 s. – URL: https://standartgost.ru/g/%D0%9E%D0%A1%D0%A2_15.372-87 (data obrashchienia: 01.02.2025).
6. Chiebanov, M. S. Rukovodstvo po iskusstviennomu vosproizvodstvu osietrovyykh ryb / M. S. Chiebanov, Je. V. Galich. – Ankara, 2013. – 325 s.
7. Belarusian state centre for accreditation. – URL: <https://bsca.by/en/registrytestlab/view?id=6979> (data obrashchienia: 01.02.2025).
8. Privieziencev, Ju. A. Intensivnoje rybovodstvo / Ju. A. Privieziencev. – М. : Agropromizdat, 1991. – 368 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 13.03.2025