



Методический подход к оценке воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа по гидрохимическим параметрам

Научная статья
УДК 639.3.05

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-5-88-97>

EDN: VUVCTN

Бедрицкая Ирина Николаевна – кандидат биологических наук, заведующая сектором товарной аквакультуры, Астрахань, Россия

E-mail: bedritskayain@kaspnirh.vniro.ru

Пятикопова Ольга Викторовна – кандидат биологических наук, начальник центра аквакультуры, Астрахань, Россия

E-mail: pyatikopovaov@kaspnirh.vniro.ru

Сапахова Людмила Хайржановна – старший специалист сектора товарной аквакультуры, Астрахань, Россия

E-mail: sapahovalh@kaspnirh.vniro.ru

Чебурова Анастасия Викторовна – специалист лаборатории водных проблем и токсикологии, Астрахань, Россия

E-mail: kaspnirh@vniro.ru

Государственный научный центр Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» Волжско-Каспийский филиал («КаспНИРХ»)

Адрес: Россия, 414056, Астрахань, ул. Савушкина, 1

Аннотация. Проведена оценка гидрохимических параметров среды в месте расположения действующего рыбоводного хозяйства по абсолютному и относительному содержанию растворенного кислорода, перманганатной окисляемости, бихроматной окисляемости, нитритам, аммонийному азоту, фосфатному фосфору с использованием общепринятых химических методов. Отбор проб воды проведен в трех точках весной, летом и осенью в 2023-2024 гг. По результатам проведенных исследований дана оценка гидрохимических параметров по сезонам. Определено, что скорость течения не соответствовала требованиям в осенний период, кислородный режим на рассматриваемом участке был удовлетворительным, общее количество органических веществ превышало норматив, усиление органического загрязнения водотока отмечено летом, накопление минерального фосфора прослеживалось в летний и осенний периоды без заметной эвтрофикации водного объекта. Выделены параметры для оценки воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа на проточный водный объект. Результаты позволяют оценить воздействие садкового хозяйства на водный объект и могут быть использованы для оптимизации условий выращивания рыбы и сохранения экологического благополучия водного объекта.

Ключевые слова: садковое рыбоводное хозяйство, гидрохимические параметры, кислород, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода, проточный водный объект

Для цитирования: Бедрицкая И.Н., Пятикопова О.В., Сапахова Л.Х., Чебурова А.В. Методический подход к оценке воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа по гидрохимическим параметрам // Рыбное хозяйство. 2025 № 5. С. 88-97. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-5-88-97>

A METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE IMPACT OF A CAGE-TYPE FISH FARM ON HYDROCHEMICAL PARAMETERS

Irina N. Bedritskaya – Candidate of Biological Sciences, Head of the Commercial Aquaculture Sector, Astrakhan, Russia

Olga V. Pyatikopova – Candidate of Biological Sciences, Head of the Aquaculture Center, Astrakhan, Russia

Lyudmila K. Sapakhova – Senior Specialist in the commercial aquaculture sector, Astrakhan, Russia

Anastasia V. Cheburova – is a specialist at the Laboratory of Water Problems and Toxicology, Astrakhan, Russia

Address:

Volga-Caspian branch of the State Scientific Center of the «VNIRO» – Russia, 414056, Astrakhan, Savushkina St., 1

Annotation. An assessment of the hydrochemical parameters of the environment at the location of the operating fish farm was carried out using the absolute and relative content of dissolved oxygen, permanganate oxidizability, bichromate oxidizability, nitrites, ammonium nitrogen, and phosphate phosphorus using generally accepted chemical methods. Water sampling was carried out at three points in spring summer and autumn in 2023-2024. Based on the results of the conducted research, the hydrochemical parameters are estimated by season. It was determined that the flow velocity did not meet the requirements in the autumn period, the oxygen regime in the area under consideration was satisfactory, the total amount of organic substances exceeded the standard, increased organic pollution of the watercourse was noted in the summer, the accumulation of mineral phosphorus was observed in the summer and autumn periods without noticeable eutrophication of the water body. The parameters for assessing the impact of cage-type fish farming on a flowing water body are highlighted. The results make it possible to assess the impact of cage farming on a water body and can be used to optimize fish growing conditions and preserve the ecological well-being of the reservoir.

Keywords: cage fish farming, hydrochemical parameters, oxygen, permanganate oxidizability, chemical oxygen consumption, flowing water body

For citation: Bedritskaya I.N., Pyatikopova O.V., Sapakhova L.H., Cheburova A.V. (2025). A methodological approach to assessing the impact of a cage-type fish farm on hydrochemical parameters // Fisheries. No. 5. Pp. 88-97. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-5-88-97>

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Садковое рыбоводство – одно из перспективных направлений аквакультуры в Астраханской области. При выращивании объектов аквакультуры одним из важных факторов среды, определяющим их физиологическое благополучие, является содержание растворенного кислорода в воде природных водотоков. Деятельность рыбоводных хозяйств может оказывать существенное влияние на экологическое состояние водных объектов [1]. Так, вследствие содержания рыб на хозяйствах (потребление кислорода, поступление в воду продуктов жизнедеятельности и кормов), гидрохимический режим водотоков, в местах расположения садковых хозяйств, может ухудшаться. На пространственное распределение загрязняющих веществ оказывает влияние скорость течения.

Гидрохимический мониторинг позволяет своевременно выявлять изменения в качестве воды и оперативно реагировать на возникающие проблемы [2]. Результаты контроля параметров среды могут служить основой для корректировки содержания рыб (изменение плотности посадки, норм кормления) и создания более благоприятных условий для роста и развития выращиваемых объектов аквакультуры.

Цель работы – исследование гидрохимических параметров для определения методического подхода к оценке воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования гидрохимических параметров проводили в месте расположения садкового хозяйства на протоке Три Ерика в Астраханской области. Работы выполняли в 2023-2024 годах. Для определения методического подхода к оценке воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа проведено обобщение и анализ результатов определяемых параметров среды в зоне выращивания объектов аквакультуры на садковом хозяйстве.

Исследуемый участок водотока находился в районе, где отсутствовали населенные пункты, автотрассы, промышленные и другие объекты хозяйственной деятельности (рис. 1).

Отбор проб воды и определение скорости течения выполняли с поверхностного горизонта в трех точках: фон (точка 1) – 500 м выше по течению от садков, сразу после садковой линии (точка 2) и 500 м ниже по течению (точка 3). Исследования осуществляли в весенний, летний и осенний периоды.

Скорость течения определяли измерителем скорости водного потока ИСВП-ГР-21М1. В лабораторных условиях устанавливали абсолютное (O_2 , мг/дм³) и относительное (O_2 , %) содержание растворенного кислорода, перманганатную окисляемость (ПО, мгО/дм³), бихроматную окисляемость (БО, мг/дм³), нитриты (NO_2^- , мг/дм³), аммонийный азот (NH_4^+ , мг/дм³), фосфатный фосфор ($PO_4^{3-}(P)$ мг/дм³) с использованием общепринятых химических методов [3-5].

При оценке определяемых параметров среды руководствовались нормативами, разработанными для водных объектов рыбохозяйственного значения [6], воды питьевой нецентрализованного водоснабжения, воды поверхностных водоисточников для хозяйственно-бытового водопользования [7]. В работе использовали сезонные усредненные данные 2023-2024 годов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Протяженность рассматриваемого участка на протоке, в районе расположения садкового рыбоводного хозяйства, составляла 1,2 км, глубиной 3-4 метра. На участке расположено садковое хозяйство протяженностью 200 м, состоящее из 107 садков размером 5×5 м с общей рыбоводной площадью (площадь садков) 0,27 га. Расчетный минимальный объем объектов аквакультуры, подлежащих разведению на рыбоводном участке, согласно Приказу МСХ РФ от 15.03.2017 г. № 124, составляет 1,99 т, расчетный ориентировочный объем (биомасса) выращиваемых объектов аквакультуры, с учетом рыбоводной площади хозяйства и средней плотности посадки 13,6 кг/м², – 23,11 т, продолжительность функционирования с момента регистрации РВУ – 9 лет.

При оценке воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа на водный объект необхо-

димо учитывать скорость течения. Гидрологический режим водных объектов Астраханской области, в частности, скорость движения водных масс, в основном обусловлен графиком, объемом и скоростью подачи воды с Волгоградской ГЭС. Это сказывается и на скорости переноса веществ, и на их пространственном распределении по водотокам. Минимальная скорость течения, при которой создаются относительно благоприятные условия для выращивания объектов аквакультуры в садках, установленных в водотоках, составляет 0,1 м/с [8].

При измерении скорости течения определено, что наименьшие значения были характерны для осени, особенно в месте расположения рыбоводного хозяйства, отражая неблагоприятные гидрологические условия для садкового рыбоводства в этот период (табл. 1).

Кислород. Особое внимание в гидрохимических исследованиях уделяется содержанию растворенного кислорода, являющегося важнейшим фактором, определяющим нормальную жизнедеятельность водных организмов. Согласно приказу МСХ РФ от 13.12.2016 г. № 552, концентрация кислорода в водных объектах не должна снижаться менее 6,0 мг/дм³.

По результатам исследований кислородного режима выявлено, что независимо от сезона абсолютная концентрация растворенного в воде кислорода оставалась выше 6,0 мг/дм³ на всем протяжении рассматриваемого участка, характеризуя удовлетворительные условия

как для выращиваемых объектов аквакультуры, так и гидробионтов природных популяций. Снижение содержания кислорода (в среднем не менее $7,74 \pm 0,83$ мг/дм³) отмечено летом, в связи с его более высоким потреблением при росте и развитии водных биологических организмов в этот период (рис. 2).

Независимо от сезона исследований зарегистрировано снижение концентрации кислорода непосредственно после садковой линии, по сравнению с фоном (на 7,4% – весной, на 18,8% – летом, на 10,4% – осенью), характеризуя воздействие рыбоводного хозяйства на водный объект. Восстановление уровня кислорода до фоновых значений прослеживалось на удалении 500 м ниже по течению от садков только в осенний период.

Относительное содержание кислорода или насыщение воды кислородом, близкое к 100% (равновесная концентрация), характеризует благоприятные условия для гидробионтов. Степень насыщения воды является ориентиром для оценки качества вод. Согласно классификации Дорошевича, вода считается чистой при насыщении 80-95%, загрязненной – при 60-70% и грязной – при 30% и ниже [9].

В период исследований относительное содержание растворенного в воде кислорода было достаточно высоким, стремящимся к 100%, и характеризующим качество воды как «чистая». В сезонной динамике отмечено увеличение насыщения воды кислородом в лет-

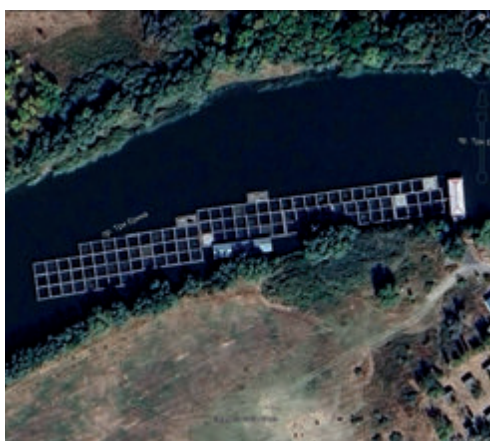


Рисунок 1.
Карта-схема
расположения
рыбоводного
хозяйства на
протоке

Figure 1.
Map of the location
of the fish farm
on the bayou

Таблица 1. Сезонная динамика скорости течения в районе расположения садкового хозяйства / **Table 1.** Seasonal dynamics of the flow velocity in the area of the cage farm

Но точки	Территориальная точка	Весна	Лето	Осень
1	Фон (500 м выше садкового хозяйства)	0,09	0,14	0,03
2	Сразу после садковой линии	0,11	0,13	0,02
3	500 м ниже по течению	0,07	0,08	0,09
	Среднее значение М(±σ)	0,09 (±0,02)	0,12 (±0,03)	0,05 (±0,04)

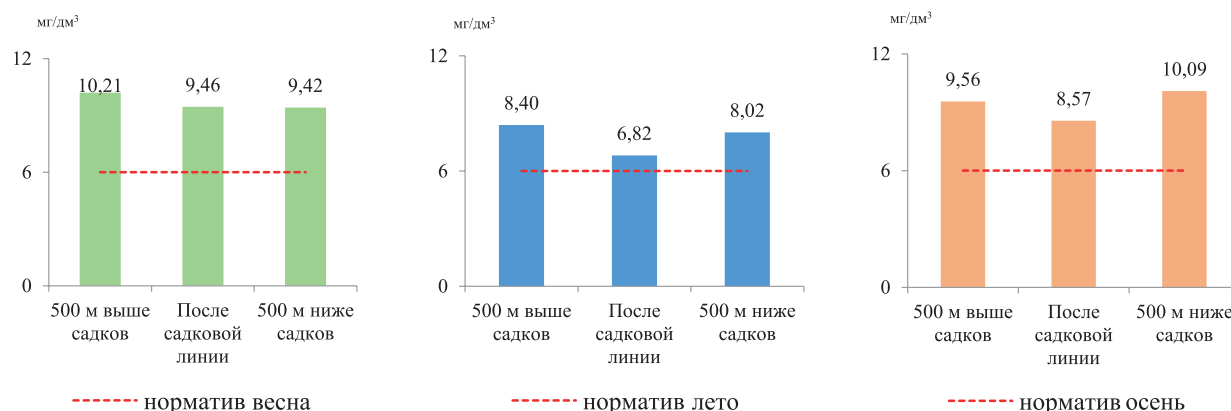


Рисунок 2. Сезонная динамика абсолютного содержания растворенного кислорода
Figure 2. Seasonal dynamics of absolute dissolved oxygen content

не-осенний период на удалении 500 м от садков (фон и ниже по течению) (рис. 3).

Пространственное распределение насыщения воды кислородом, независимо от сезона, отражало воздействие садкового хозяйства на водоток. Так, отмечено снижение значений параметра относительно фона на 8,0% весной, на 9,4% – летом и на 6,3% – осенью после садков. Восстановление концентраций до фоновых значений, на удалении 500 м ниже по течению от расположения садковой линии, прослеживалось осенью.

Статистический анализ значений абсолютного и относительного содержания растворенного в воде кислорода показал наличие положительной линейной зависимости данных параметров среды от скорости течения ($r=0,8$; $r=0,9$, соответственно) только в осенний период в условиях низкой (менее 0,1 м/с) скорости движения водных масс.

Химическое потребление кислорода. Значения химической окисляемости воды, получаемые с использованием перманганата и бихромата калия, позволяют косвенно судить о содержании органических веществ в природных водах. Бихроматная окисляемость (БО) характеризует общее количество органических веществ в воде, перманганатная (ПО) – содержание легкоокисляемой органики в их составе.

Нормирование данных параметров в рыбохозяйственной практике не предусмотрено, но, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21, значения ПО не должны превышать 7,0 мгО/дм³, БО – 15,0 мг/дм³.

В ходе исследований выявлено, что на всем протяжении рассматриваемого участка и независимо от сезона наблюдали превышение норматива химического потребления кислорода (ПО и БО), исходно обусловленного более

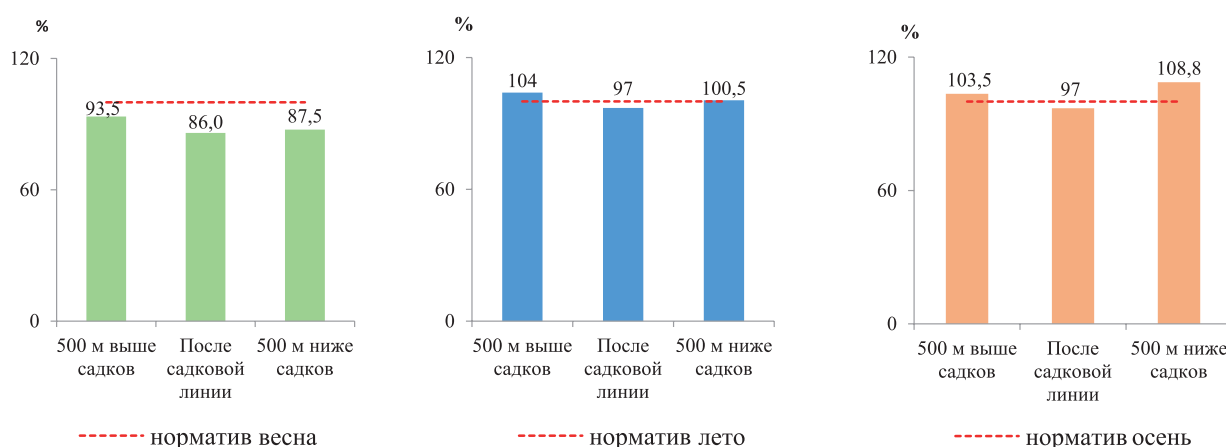


Рисунок 3. Сезонная динамика относительного содержания растворенного кислорода
Figure 3. Seasonal dynamics of relative dissolved oxygen content

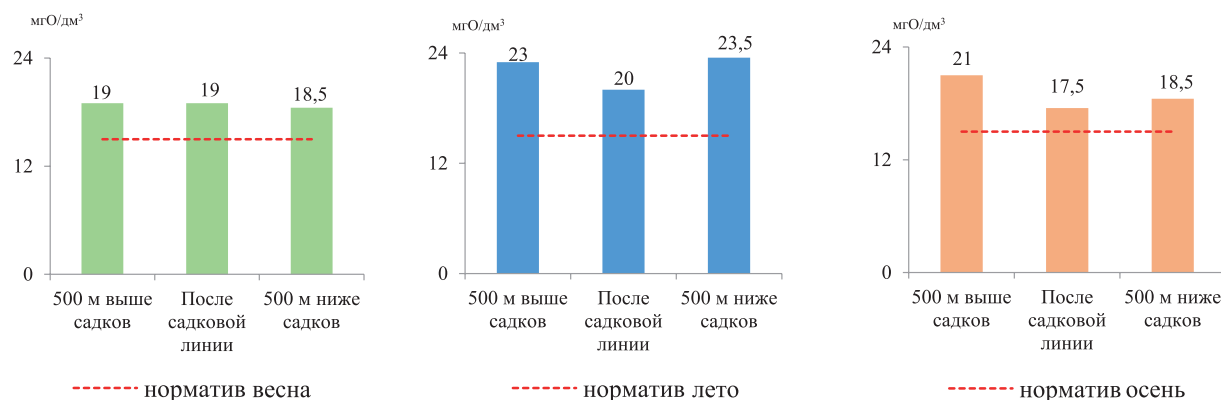


Рисунок 4. Сезонная динамика химического потребления растворенного кислорода в воде (БО)
Figure 4. Seasonal dynamics of chemical consumption of dissolved oxygen in water

высокими фоновыми значениями. Усиление органического загрязнения водотока отмечено летом, что отразилось на снижении растворенного в воде кислорода в этот период (рис. 3). Рассматривая пространственное распределение количества органических веществ, можно отметить отсутствие прямого воздействия садкового хозяйства на водоток, как в месте его расположения, так и на удалении 500 м вниз по течению (рис. 4).

В отличие от общего количества органических веществ, значения их легко окисляемой составляющей (ПО) превышали норматив ($7,0 \text{ мгО/дм}^3$) весной ($7,9(\pm 0,6) \text{ мгО/дм}^3$) и в большей степени осенью ($9,4(\pm 0,8) \text{ мгО/дм}^3$). Снижение величины ПО летом ($5,7(\pm 0,5) \text{ мгО/дм}^3$) отражало активное потребление природной биотой доступной для нее органики в период активного роста численности

и биомассы. В пространственном распределении значений ПО необходимо отметить увеличение концентраций легкоокисляемых органических соединений в конце исследуемого участка водотока (на удалении 500 м ниже по течению от садков), по сравнению с фоновыми значениями, характеризуя повышение органической нагрузки на водный объект, вследствие деятельности садкового хозяйства. Других источников поступления органических веществ на рассматриваемом участке водотока не зарегистрировано (рис. 5).

В весенне-летний период, на фоне относительно высоких (близких к $0,1 \text{ м/с}$) значений скорости движения водных масс, выявлена обратная линейная зависимость ($r = -0,91$, весна; $r = -0,99$, лето) при сравнении данных ПО и скорости течения, т.е. в этом случае происходит перенос легко окисляемых органических

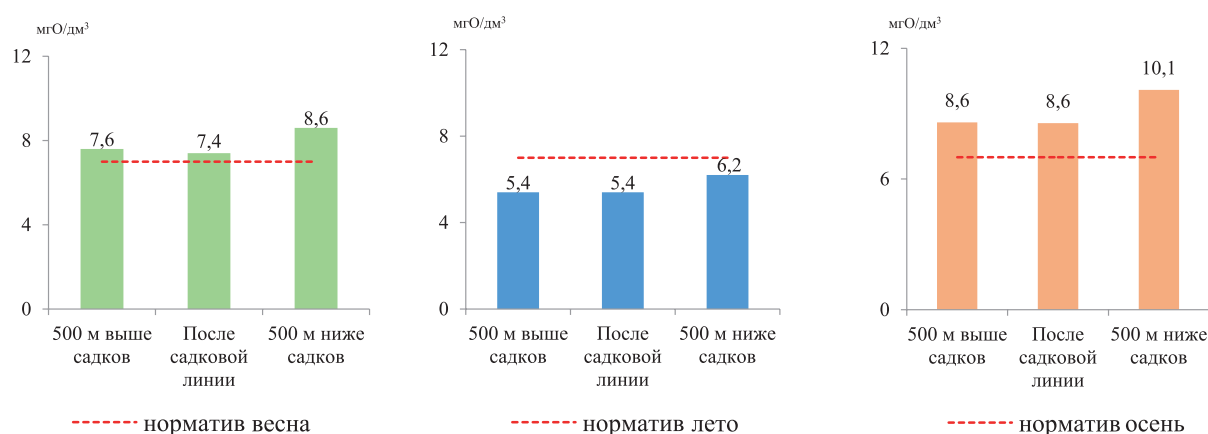


Рисунок 5. Сезонная динамика химического потребления растворенного кислорода (ПО)
Figure 5. Seasonal dynamics of dissolved oxygen chemical consumption

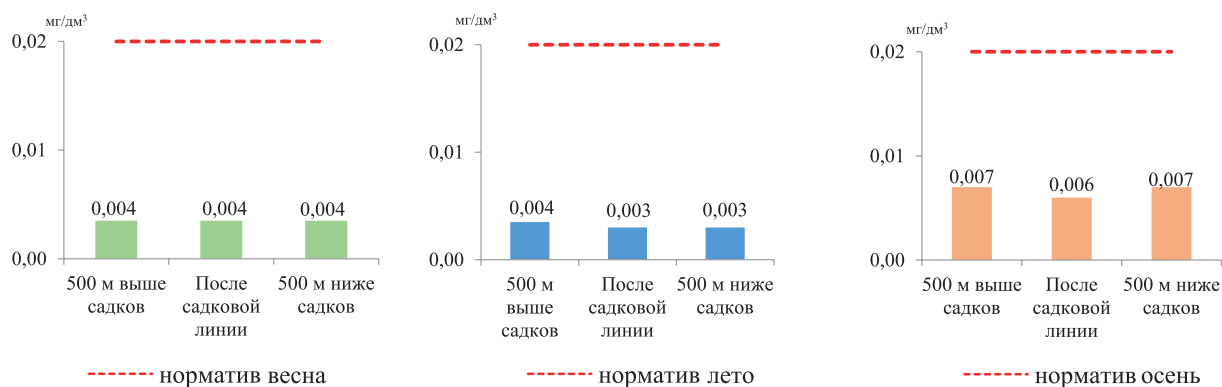


Рисунок 6. Сезонная динамика содержания нитритного азота
Figure 6. Seasonal dynamics of nitrite nitrogen content

веществ, поступающих в водный объект от садкового хозяйства, на 500 м вниз по течению, концентрирующихся при замедлении скорости воды в этом районе.

В условиях низкой (менее 0,1 м/с) в среднем скорости течения на водотоке осенью произошла смена направленности взаимосвязи, рассматриваемых выше, параметров среды ($r=0,80$): повышение органических веществ было напрямую связано с увеличением скорости течения. В осенний период отмечено накопление легко окисляемой органики в том же районе (500 м ниже по течению).

Азот. В водной среде, в ходе минерализации органического азота, образуется несколько взаимно трансформируемых азотных соединений, образуя так называемый цикл азота: аммонийный азот, нитриты и нитраты, послед-

ние из которых оказывают минимальное влияние на водные биологические организмы. Наиболее сильно воздействует на рыб нитритная форма азота, которая при высоких концентрациях нарушает перенос кислорода к тканям. Содержание нитрит-анионов и ионов аммония в водных объектах рыбохозяйственного значения, нормируют в соответствии с Приказом МСХ РФ от 13.12.2016 г. № 552, составляет 0,08 мг/дм³ (0,02 мг/дм³ в пересчете на азот нитритов) и 0,5 мг/дм³ (0,4 мг/дм³ в пересчете на азот), соответственно. Азотсодержащие соединения в повышенных концентрациях могут оказывать негативное воздействие на физиологическое состояние рыб, их рост и развитие.

По результатам исследований определено, что концентрации нитритного азота в воде находились значительно ниже границы

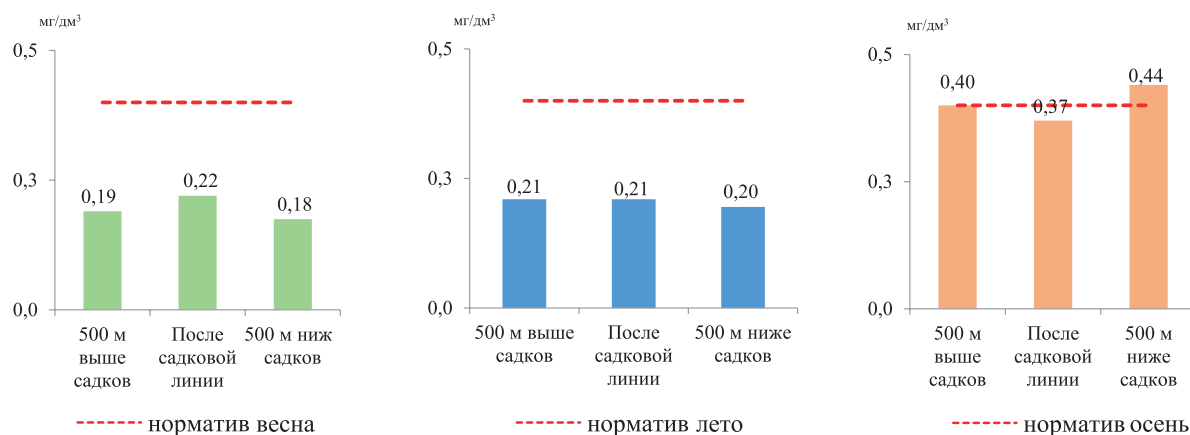


Рисунок 7. Сезонная динамика содержания аммонийного азота
Figure 7. Seasonal dynamics of ammonium nitrogen content

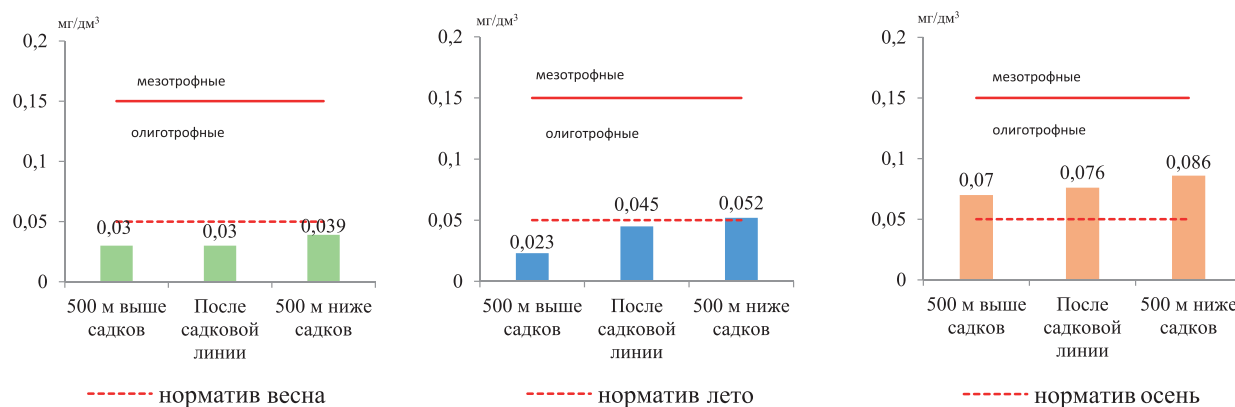


Рисунок 8. Сезонная динамика содержания фосфора
Figure 8. Seasonal dynamics of phosphorus content

ПДК_{рх}. В сезонном аспекте можно отметить некоторое снижение нитритов в летний период, вследствие активного потребления азота биологическими организмами при их развитии в условиях летнего прогрева воды (24,0-25,0 °C) и увеличение концентраций при снижении интенсивности биологических процессов осенью на фоне выхолаживания вод. Заметного воздействия садкового хозяйства в данном случае не зарегистрировано (рис. 6).

При близкой к нитритам сезонной динамике содержания азота аммония в воде увеличение его значений осенью в фоновой точке привело к превышению ПДК_{рх}. Исходно повышенные концентрации аммонийного азота сказались на уровне содержания этого элемента на всем протяжении рассматриваемого участка (рис. 7).

Фосфор. Как и в случае с азотом, в сезонной динамике минерального фосфора необходимо отметить наличие более высоких концентраций в осенний период исследований, когда его потребление закономерно снижается при снижении температуры воды и замед-

лении процессов жизнедеятельности водных биологических организмов. Именно осенью зарегистрировано максимальное количество ионных форм рассматриваемого элемента и, соответственно, фосфора в его составе. С учетом содержания фосфатного фосфора, водный объект определен как олиготрофный. Воздействие садкового хозяйства на водный объект прослеживалось в летний и осенний периоды на протяжении 500 м после садков, что однако не приводило к заметной эвтрофикации водного объекта (рис. 8).

По результатам исследований дана оценка гидрохимическим параметрам, используемым для определения оценки воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа по сезонам (табл. 2). Для выделения параметра, превышающего фоновые показатели, применена балльная система: 0 – не превышает или соответствует фону, 1 – превышает фон.

Определено, что скорость течения не соответствовала требованиям в осенний период, кислородный режим на рассматриваемом

Таблица 2. Сезонная динамика гидрохимических параметров в районе расположения садкового хозяйства по балльной системе / **Table 2.** Seasonal dynamics of hydrochemical parameters in the area of the cage farm according to the ball system

Параметры	Весна	Лето	Осень
Скорость течения	0	0	1
Абсолютное (O ₂ , мг/дм ³) содержание растворенного кислорода	0	0	0
Относительное (O ₂ , %) содержание растворенного кислорода	1	1	0
Перманганатная окисляемость (ПО, мгО/дм ³)	1	1	1
Бихроматная окисляемость (ХПК, мг/дм ³)	0	0	0
Нитриты (NO ₂ ⁻ , мг/дм ³)	0	0	0
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺ , мг/дм ³)	0	0	1
Фосфатный фосфор (PO ₄ ³⁻ (P) мг/дм ³)	0	1	1
Итого	2	3	4

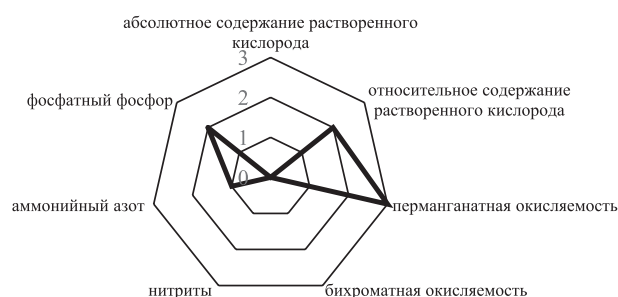


Рисунок 9. Общая характеристика исследованных гидрохимических параметров

Figure 9. General characteristics of the investigated hydrochemical parameters

участке был удовлетворительным, общее количество органических веществ превышало норматив, усиление органического загрязнения, накопление минерального фосфора прослеживалось в летний и осенний периоды без заметной эвтрофикации водного объекта. Наибольшее количество показателей, превышающих фоновые значения, было в осенний период.

При оценке пространственного распределения насыщения воды кислородом прослеживалось воздействие садкового хозяйства на водоток: снижение значений параметра относительно фона весной, летом и осенью после садков, а восстановление концентраций до фоновых значений на удалении 500 м ниже по течению от расположения садковой линии прослеживалось только осенью. Поэтому данному показателю присвоено по 1 баллу весной и летом.

Общая характеристика исследованных гидрохимических параметров, использованных для оценки воздействия рыбного хозяйства на водный объект, представлена на рисунке 9.

По результатам исследований определены гидрохимические параметры для оценки воздействия рыбного хозяйства садкового типа на проточный водный объект: относительное содержание растворенного кислорода, перманганатная окисляемость, аммонийный азот, фосфатный фосфор.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате гидрохимических исследований в районе расположения садкового хозяйства выявлено:

- условия гидрологического режима (скорость течения) удовлетворяли требованиям садкового рыбного хозяйства только в весенне-летний период (0,1 м/с);
- скорость движения воды осенью была чрезвычайно низкой, особенно в месте расположения садков (0,02 м/с);

- кислородный режим на рассматриваемом участке был удовлетворительным, как для выращиваемых объектов аквакультуры, так и гидробионтов природных популяций (выше 6,0 мг/дм³; около 100% насыщения);
- зарегистрировано снижение концентрации кислорода непосредственно после садковой линии, по сравнению с фоном (на 6,0-9,0%), характеризующее воздействие на водный объект рыбного хозяйства;
- восстановление уровня кислорода до фоновых значений прослеживалось на удалении 500 м ниже по течению от садков только в осенний период;
- общее количество органических веществ превышало норматив на всем протяжении рассматриваемого участка, обусловленное высокими фоновыми концентрациями;
- усиление органического загрязнения водотока отмечено летом, что отразилось на снижении растворенного в воде кислорода в этот период;
- содержание легко окисляемой органики, входящей в состав органических веществ, превышало норматив весной и осенью;
- накопление легко окисляемых органических веществ, поступающих от рыбного хозяйства (в отсутствие других источников органического загрязнения), происходило на удалении 500 м вниз по течению от садков;
- концентрации азота преимущественно не превышали ПДК_{рх};
- незначительное превышение ПДК_{рх} азота аммонийного (на 10%), зарегистрированное в осенний период в фоновой точке, характеризовало общую тенденцию увеличения биогенных элементов на фоне снижения продукционных и гидротермических процессов;
- воздействие садкового хозяйства на водный объект, по дополнительному внесению минерального фосфора, прослеживалось в летний и осенний периоды на протяжении 500 м после садков без заметной эвтрофикации водного объекта.

В целом, несмотря на удовлетворительный кислородный режим, снижение растворенного кислорода в летний период (особенно в районе садков) обуславливает необходимость постоянного контроля данного параметра среды в это время года. Также необходимо выделить период ухудшения условий на водном объекте для садкового рыбного хозяйства – осень, когда отмечено снижение скорости течения, увеличение концентраций минерального фосфора и усиление органического загрязнения водотока. Воздействие садкового хозяйства на водный объект (увеличение орга-

нической нагрузки, фосфатов) прослеживалось на удалении 500 м от садков вниз по течению.

Для оценки воздействия рыбоводного хозяйства садкового типа на проточный водный объект рекомендуется исследовать такие гидрохимические параметры как относительное содержание растворенного кислорода, перманганатная окисляемость, фосфатный фосфор, особенно в осенний период.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: **И.Н. Бедрицкая** – обработка и анализ данных, подготовка статьи, **О.В. Пятикопова** – идея работы, обобщение результатов и выводы, подготовка статьи, **Л.Х. Сапахова** – сбор, обработка и анализ данных, подготовка статьи, **А.В. Чебурова** – сбор и обработка данных.

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: **I.N. Bedritskaya** – data processing and analysis, preparation of the article, **O.V. Pyatikopova** – the idea of the work, generalization of results and conclusions, preparation of the article, **L.H. Sapakhova** – data collection, processing and analysis, preparation of the article, **A.V. Cheburova** – data collection and processing.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Астафьева С.С. Воздействие эксплуатации садковых рыбоводных комплексов на состояние окружающей среды в условиях Нижней Волги // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. Аквакультура №1. 2016. С. 21-27.
2. Яромский В. Н., Олесик И. А., Лысенкова Т. М. Гидрохимический мониторинг водных ресурсов // Мухавец. Энциклопедия малой реки: [коллективная монография]. Брест: Академия. 2005. С. 190–193.
3. РД 52.24.419-2019 Руководящий документ. Масовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом. [Электронный ресурс] – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293726/4293726785.htm>
4. ГОСТ Р 55684-2013 Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. [Электронный ресурс] – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index/55/55514.htm>
5. ПНД Ф 14.1:2:3.100-97 Методика измерений химического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод титриметрическим методом (издание 2016 г.). [Электронный ресурс] – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751545.htm?ysclid=lj2ow7rzy4456972095>
6. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120>
7. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lj2ngtiy7v118116124>
8. Магомаев Ф.М. Товарное рыбоводство – Астрахань Изд-во КаспНИРХ. 2007. 600 с.
9. Дорошевич В.И., Мошук К.В., Рудени Н.В. Индикаторы возможного загрязнения воды патогенными микроорганизмами // «Военная медицина». 2010. С. 70-73.

LITERATURE AND SOURCES

1. Astafieva S.S. (2016). The impact of the operation of cage fish breeding complexes on the state of the environment in the conditions of the Lower Volga// Technologies of the food and processing industry of the agroindustrial complex-healthy food products. Aquaculture No. 1. Pp. 21-27. (In Russ.)
2. Yaromsky, V.N. Olesik I.A., Lysenkova T.M. (2005). Hydrochemical monitoring of water resources // Mukhavets. Encyclopedia of the Small River: [collective monograph]. Brest: Akademiya, Pp. 190-193. (In Russ.)
3. RD 52.24.419-2019 Guidance Document. The mass concentration of dissolved oxygen in the waters. The method of measuring by the iodometric method. [Electronic resource] – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293726/4293726785.htm> (In Russ.)
4. GOST R 55684-2013 Drinking water. A method for determining permanganate oxidizability. [Electronic resource] – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index/55/55514.htm> (In Russ.)
5. HDPE F 14.1:2:3.100-97 Methodology for measuring chemical oxygen consumption in natural and wastewater samples by titrimetric method (2016 edition). [Electronic resource] – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751545.htm?ysclid=lj2ow7rzy4456972095> (In Russ.)
6. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated December 13, 2016 No. 552 «On approval of water quality standards for water bodies of fisheries significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fisheries significance» (with amendments and additions) [Electronic resource]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (In Russ.)
7. SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans. [Electronic resource] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lj2ngtiy7v118116124> (In Russ.)
8. Magomaev F.M. (2007) Commercial fish farming – Astrakhan Publishing house KaspNIRKh. 600 p. (In Russ.)
9. Doroshevich V.I., Moshik K.V., Rudeni N.V. (2010). Indicators of possible contamination of water by pathogenic microorganisms // «Military medicine». Pp. 70-73. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию/ Received 08.07.2025
Принят к публикации / Accepted for publication 22.09.2025