



Определение информативных гидрохимических параметров среды водных объектов при организации садкового рыбноводного хозяйства в Астраханской области

Научная статья
УДК 639.313; 54.064; 574.22

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-97-107>
EDN: HUPJVL

Пятикопова Ольга Викторовна – кандидат биологических наук, начальник центра аквакультуры
E-mail: pyatikopovaov@kaspnirh.vniro.ru

Бедрицкая Ирина Николаевна – кандидат биологических наук, заведующая сектором товарной аквакультуры
E-mail: bedritskayain@kaspnirh.vniro.ru

Сапахова Людмила Хайржановна – старший специалист сектора товарной аквакультуры
E-mail: sapahovalh@kaspnirh.vniro.ru

Макарова Елена Викторовна – старший специалист лаборатории водных проблем и токсикологии
E-mail: makarovaev@kaspnirh.vniro.ru

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

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

Аннотация. Проведены комплексные исследования трех водных объектов Астраханской области на разном удалении от мест расположения действующих рыбоводных хозяйств. Для определения гидрохимических параметров использовали стандартные методы химического лабораторного анализа. В результате исследований определено, что качество водной среды, исследуемых природных водных объектов, неоднородно. Это обусловлено как естественным перераспределением значений рассматриваемых гидрохимических параметров среды, так и изменением их количества, вследствие деятельности садковых рыбоводных хозяйств. Наиболее информативными параметрами воды природных водных объектов Астраханской области, на этапе организации рыбоводных хозяйств, являлись определение особенностей кислородного режима, степени органического загрязнения и количества таких биогенных элементов как минеральный азот и фосфор в водотоках, потенциально рассматриваемых для садкового рыбоводства. На этапе функционирования рыбоводных хозяйств садкового типа вышеперечисленные параметры среды, а также взвешенные вещества могут быть рекомендованы при проведении производственного экологического мониторинга. Выделены гидрохимические параметры среды, определение которых рекомендовано в водотоках Астраханской области на этапе организации и при функционировании садковых рыбоводных хозяйств.

Ключевые слова: рыбоводное хозяйство, садковая аквакультура, гидрохимические параметры, Астраханская область

Для цитирования: Пятикопова О.В., Бедрицкая И.Н., Сапахова Л.Х., Макарова Е.В. Определение информативных гидрохимических параметров среды водных объектов при организации садкового рыбоводного хозяйства в Астраханской области // Рыбное хозяйство. 2025 № . С. 97-107. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-97-107>

DETERMINATION OF INFORMATIVE HYDROCHEMICAL PARAMETERS OF WATER BODIES — WHEN ORGANIZING A CAGE-BASED FISH FARM IN THE ASTRAKHAN REGION

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

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

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

Elena V. Makarova – Senior Specialist at the Laboratory of Water Problems and Toxicology

Volga-Caspian branch of the State Scientific Center of the «VNIRO»

Address: Russia, 414056, Astrakhan, Savushkina St., 1

Annotation. Comprehensive studies were carried out on three water bodies in the Astrakhan region at different distances from the locations of active fish farms. Standard methods of chemical laboratory analysis were used to determine the hydrochemical parameters. As a result of the studies it has been determined that the quality of the aquatic environment of the studied natural water bodies is heterogeneous. This is due both to the natural redistribution of the values of the hydrochemical parameters under consideration and to the change in their quantity as a result of the activities of arable fish farms. The most informative water parameters of natural water bodies of Astrakhan region at the stage of organization of fish farms were determination of characteristics of oxygen regime, degree of organic pollution and quantity of such biogenic elements, as mineral nitrogen and phosphorus in the water of streams potentially considered for cropping fish. The above-mentioned environmental parameters, as well as weighted substances, can be recommended for productive ecological monitoring in the operation phase of agricultural fish farms. The hydrochemical parameters of the environment, the definition of which is recommended in watercourses of the Astrakhan region at the stage of organization and operation of farm fish farms.

Keywords: fish farming, cage aquaculture, hydrochemical parameters, Astrakhan region

For citation: Pyatikopova O.V., Bedritskaya I.N., Sapakhova L.H., Makarova E.V. (2025). Determination of informative hydrochemical parameters of water bodies when organizing a cage-based fish farm in the Astrakhan Region // Fishing industry. No. P. 97-107. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-6-97-107>

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

ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем организации и ведения садкового выращивания объектов аквакультуры может являться исходно низкое качество среды и неудовлетворительное санитарное состояние отдельных водных объектов Астраханской области [1-5].

При развитии рыбоводных хозяйств и, соответственно, увеличении количества и биомассы содержащихся в садках рыб, вышеперечисленные моменты в совокупности могут создать предпосылки возникновения заболеваний различной этиологии, повышения процента элиминации выращиваемых объектов аквакультуры, ухудшения качества товарной продукции и среды природных водотоков [6-11].

С целью определения наиболее информативных гидрохимических параметров среды, позволяющих на этапе планирования садкового хозяйства минимизировать возможные риски рыбоводства, проведены комплексные исследования водных объектов Астраханской области в местах расположения действующих рыбоводных хозяйств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работы по определению гидрохимических параметров среды осуществляли в 2024 г. на проточных водных объектах Астраханской области. Исследования проводили на трёх водотоках: пр. Три Ерика, р. Хурдун, р. Царев,

в районе расположения четырех садковых рыбоводных хозяйств № 1, № 2, № 3, № 4 (рис. 1).

Отбор проб воды на каждом участке осуществляли в 6 точках относительно садковых хозяйств: выше по течению в 500 м и ниже по течению в 50, 300, 800 и 1000 метров.

Рыбоводные хозяйства, в районе которых проводили исследования, различались различной производительностью, исходя из общей площади садков: 2698,0 м² (пр. Три Ерика), 3007,0 м² (р. Хурдун), 180,0 м² (р. Царев 1), 75,0 м² (р. Царев 2).

Для определения наиболее информативных гидрохимических параметров среды были выделены 10 показателей (из них 2 – расчётных): водородный показатель pH [12], количество взвешенных веществ [13], абсолютное и относительное содержание кислорода [14], величина перманганатной окисляемости (ПО) [15], химическое потребление кислорода (БО) [16], соотношение ПО/БО, концентрации азота нитритного [17] и аммонийного [18], фосфора фосфатного [19].

При оценке результатов использовали нормативы, разработанные для водных объектов рыбохозяйственного значения [20], поверхностных водоисточников [21]. При оценке относительного содержания растворённого кислорода и соотношения ПО/БО руководствовались данными литературных источников [22-24].



Рисунок 1. Карта-схема отдельных рыбоводных хозяйств Астраханской области

Figure 1. Map-scheme of fish-farming facilities on specific water bodies in the Astrakhan region

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения наиболее информативных гидрохимических параметров среды, позволяющих на этапе планирования садкового хозяйства минимизировать возможные риски рыбоводства, проведены комплексные исследования на 3 водных объектах Астраханской области в местах расположения 4 действующих рыбоводных хозяйств по 10 показателям.

Водородный показатель, или pH среды – это величина, характеризующая активную кислотность растворов [25]. В норме величина pH должна соответствовать фоновому значению показателя для воды любой категории водного объекта рыбохозяйственного значения. Для водотоков Астраханской области характерна слабощелочная среда (7,8-8,6 ед.) [24].

Исследования pH-среды природных водотоков Астраханской области показали, что значение величины изменялось в слабощелочном диапазоне от 8,0(±0,5) до 8,5(±0,3) ед., достигая максимально 8,8 ед. В результате деятельности садковых хозяйств не зарегистрировано дальнейшего защелачивания воды.

Значения pH, которые непосредственно не вызывают гибель рыб, находятся в пределах 5-9 ед., хотя и в этом интервале могут увеличивать токсичность загрязнителей. Высокие значения (9 ед. и выше), в сочетании с высокой температурой и перенасыщением воды газами, могут в той или иной степени увеличивать смертность рыб [26].

При наличии фактов увеличения pH до 8,8 ед. и учитывая, что подщелочная группа вод (pH 8,6-9,5) опасна для рыб при длительном действии [27], определение этого показателя в период организации садковых рыбоводных хозяйств и в ходе их дальнейшей работы будет считаться необходимым условием.

Кислород. В соответствии с нормативом, содержание кислорода (O₂) в воде должно быть не менее 6,0 мг/дм³. Равновесной концентрацией считается величина, равная 100% [28]. Для рыб диапазон кислородных потребностей лежит в пределах от 50 до 90% нормального насыщения [29].

При оценке загрязнения водных объектов при 80-95%-м насыщении вода считается чистой [30; 28].

В период исследований в целом кислородный режим на всех рассматриваемых участках был удовлетворительный для выращиваемых объектов аквакультуры (выше 6,8 мг/дм³, при насыщении более 80%) (табл. 1).

Несмотря на это, в отдельных точках отмечено снижение растворённого кислорода летом ниже 6,0 мг/дм³ – минимально 5,33 мг/дм³ на хозяйстве № 4 и падение относительного содержания в осенний период <80% – минимально 48% на хозяйстве № 2. Зарегистрировано перенасыщение воды кислородом (выше 100%) в летний период на хозяйстве № 2 (рис. 2).

Учитывая зарегистрированные случаи ухудшения кислородного режима исследуемых водотоков, контроль абсолютного и относительного содержания растворённого кислорода в воде будет необходимым условием, как на этапе подбора участков водных объектов для организации садковых хозяйств, так и в садках в период их функционирования.

Взвешенные вещества (ВВ) в толще воды. Как правило, это частицы минерального и органического происхождения, которые могут оказывать не только механическое воздействие на гидробионты, но и токсикологический эффект, за счет сорбированных на них поллютантов [31].

Взвешенные вещества относятся к нормируемым показателям рыбохозяйственных водных объектов. При производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться, по сравнению с естественными условиями, более чем на 0,25 мг/дм³ для высшей и первой и на 0,75 мг/дм³ для второй категории водного объекта рыбохозяйственного значения. При содержании в межень более 30 мг/дм³ природных взвешенных веществ допускается увеличение содержания их в воде в пределах 5%, согласно нормативу.

Таблица 1. Средние значения содержания растворённого в воде кислорода на исследуемых водных объектах / **Table 1.** Average values of dissolved oxygen in the studied water bodies

Концентрация кислорода	№ садкового хозяйства			
	1	2	3	4
	M(±б)			
Абсолютная, мг/дм ³	8,6(±1,3)	9,0(±1,9)	9,4(±0,7)	8,1(±3,1)
Относительная, %	81,3(±11,8)	87,0(±22,1)	89,7(±18,2)	77,0(±22,5)

В результате исследований выявлено, что фоновое содержание взвешенных веществ, на рассматриваемых водных объектах, относительно невысокое и не может выступать фактором, ограничивающим организацию таких рыбоводных хозяйств в регионе (табл. 2).

Принимая во внимание ухудшение качества водной среды после рыбоводных хозяйств по содержанию взвеси (более чем на $0,25 \text{ мг/дм}^3$), определение данного параметра среды должно входить в перечень веществ, подлежащих контролю при функционировании.

Перманганатная и бихроматная окисляемость. Значения химической окисляемости воды, получаемые с использованием таких окислителей как перманганат и бихромат калия, позволяют косвенно судить о содержании органических веществ в природных водах. Бихроматная окисляемость (БО) характеризует общее количество органических веществ в воде, перманганатная окисляемость (ПО) – содержание легкоокисляемой органики.

Нормирование данных параметров в рыбохозяйственной практике не предусмотрено, но, в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [21], значения ПО не должны превышать $7,0 \text{ мг/дм}^3$, БО (ХПК) – $15,0 \text{ мг/дм}^3$.

В среднем, по результатам исследований, определено, что общее количество органических веществ было близко к значениям санитарного показателя, с незначительным его превышением на хозяйствах № 1, № 3 и № 4. Количество легкоокисляемой и, как правило, более биодоступной органики в их составе было относительно высоким, но превышало норматив только на хозяйстве № 2, свидетельствуя о хроническом органическом загрязнении данного водотока. Это подтверждается расчётными данными соотношения ПО/БО (табл. 3).

О качественном составе органического вещества вод можно получить представление по соотношению указанных параметров. Чем выше отношение ПО/БО, тем больше в воде легкоокисляющихся органических веществ. В течение года соотношение может возрастать в период половодья и снижаться в период межени [23].

В сезонной динамике пространственного распределения общего количества органических веществ чёткой закономерности не выявлено. При этом концентрации биодоступных органических веществ в их составе летом были наиболее низкими, вследствие их потребления

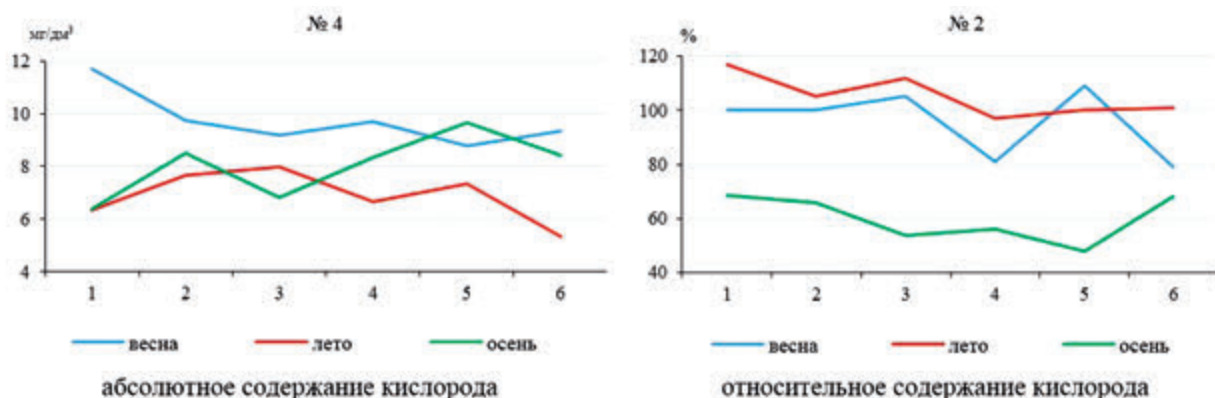


Рисунок 2. Карта-схема отдельных рыбоводных хозяйств Астраханской области

Figure 2. Map-scheme of fish-farming facilities on specific water bodies in the Astrakhan region

Таблица 2. Средние значения содержания взвешенных веществ на исследуемых водных объектах / Table 2. Average values of suspended matter content in the studied water bodies

Территориальная привязка к садкам	№ садкового хозяйства			
	1	2	3	4
	М(±б), мг/дм³			
500 м выше садков (фон)	8.43(±4.49)	7.50(±1.27)	6.87(±0.12)	6.0(±5.92)
50-1000 м после садков	11.07(±9.75) превышение на 30%	11.45(±8.91) превышение на 50%	12.95(±8.81) превышение на 80%	10.98(±9.51) превышение на 80%

активно развивающейся биотой. Исключая половодный период (весна), характеризующийся активным перемешиванием, скоростью и исходно повышенным насыщением водных масс органикой, в летне-осенний период отмечено увеличение органической нагрузки на водотоки, ввиду работы рыбоводных хозяйств. Это, в отсутствие других источников, прослеживали как в непосредственной близости от садков (хозяйство №1, осень), так и на различном удалении от них, вплоть до 1,0 км ниже по течению (хозяйство №1, лето; хозяйство № 2, лето, осень) (рис. 3).

Учитывая относительно высокие значения химического потребления кислорода (БО, ПО), в природных водотоках в осенний период и факты повышения легкоокисляемых веществ ниже по течению от рыбоводных хозяйств, определение данных параметров среды является обязательным, как на этапе организации, так и в ходе функционирования рыбоводных хозяйств.

Соединения азота (нитрит, аммоний). В водоёмах азот находится в нескольких переходных формах: органического (альбуминового) азота, аммонийных солей, свободного аммиака, солей азотистой (нитритов) и азотной (нитратов) кислоты. Они образуются в процессе минерализации органического азота и дополнительно при поступлении промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных стоков [32].

Допустимое содержание нитрит-анионов и ионов аммония в водных объектах рыбо-

хозяйственного значения, в соответствии с нормативом, должны составлять 0,08 мг/дм³ (0,02 мг/дм³ – в пересчёте на азот нитритов) и 0,5 мг/дм³ (0,4 мг/дм³ – в пересчёте на азот аммония), соответственно.

По результатам исследований содержания этих элементов в рассматриваемых водотоках выявлено, что ни в одном из них в среднем превышения ПДК_{рх} концентраций азота (нитритного, аммонийного) зарегистрировано не было (табл. 4).

Учитывая достаточно низкое содержание нитритов в проточных водных объектах, определение данного параметра среды, на этапе предварительных исследований, для организации рыбоводных хозяйств нецелесообразно.

При этом в сезонной динамике биогенных веществ отмечено превышение ПДК_{рх} аммония в осенний период, как в фоновых точках хозяйств № 1 и № 2, так и на удалении от рыбоводного хозяйства № 2 ниже по течению. Несмотря на относительно низкие значения аммонийного азота в районе рыбоводного хозяйства № 4, независимо от сезона, зарегистрировано увеличение концентраций в непосредственной близости от садков, что свидетельствует о прямом воздействии деятельности рыбоводного хозяйства на водоток (рис. 4).

Выявленные факты увеличения концентраций азота аммонийного выше норматива на отдельных водотоках диктуют необходимость их определения, как в период планирования организации рыбоводных хозяйств, так

Таблица 3. Средние значения содержания органических веществ на исследуемых водных объектах / **Table 3.** Average values of organic matter content in the studied water bodies

Окисляемость	№ садкового хозяйства			
	1	2	3	4
	М(±б)			
Бихроматная, мг/дм ³	17,06(±2,13)	14,4(±0,9)	15,8(±2,5)	16,0(±3,5)
Перманганатная, мг/дм ³	6,53(±1,29)	7,5(±0,8)	6,8(±1,8)	5,8(±1,3)
Соотношение ПО/БО, %	38,68(±8,04)	51,7(±3,9)	44,4(±14,3)	37,3(±8,3)

Таблица 4. Средние значения содержания минерального азота на исследуемых водных объектах / **Table 4.** Average values of mineral nitrogen content in the studied water bodies

Биогенный элемент	№ садкового хозяйства			
	1	2	3	4
	М(±б)			
Азот нитритный, мг/дм ³	0,009(±0,003)	0,01(±0,003)	0,01(±0,002)	0,01(±0,002)
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,3(±0,2)	0,2(±0,1)	0,2(±0,1)	0,2(±0,1)

и в ходе проведения производственного контроля качества условий выращивания.

Соединения фосфора (фосфор фосфатный). В поверхностные воды фосфорные соединения попадают со стоками предприятий, смываются с полей, обрабатываемых фосфорными удобрениями, полифосфаты входят в состав многих моющих средств [32]. Дополнительную нагрузку по этому показателю могут вносить недоиспользованные комбикорма в районе расположения садковых рыбоводных хозяйств.

Концентрации фосфат-ионов в пересчёте на фосфор ($P-PO_4$) являются одной из характеристик трофности водоёмов, согласно нормативу, характеризуются: $0,05 \text{ мг/дм}^3$ – олиготрофные, $0,15 \text{ мг/дм}^3$ – мезотрофные, $0,2 \text{ мг/дм}^3$ – эвтрофные водоёмы.

Концентрации минерального фосфора в период исследований в среднем характеризовали водотоки как олиготрофные (табл. 5).

Это касалось практически всех исследованных водных объектов, за исключением хозяйства № 2, где в осенний период количество фосфора на удалении 300-500 м от садков увеличивалось, достигая границы, свойственной более высокому трофическому уровню (мезотрофные, начало эвтрофирования). В целом содержание фосфатов, независимо от района исследований, было более высоким осенью (рис. 5).

Несмотря на то, что в среднем содержание фосфора было относительно невысоким, увеличение концентраций в осенний период свидетельствовало о начальном этапе эвтрофика-

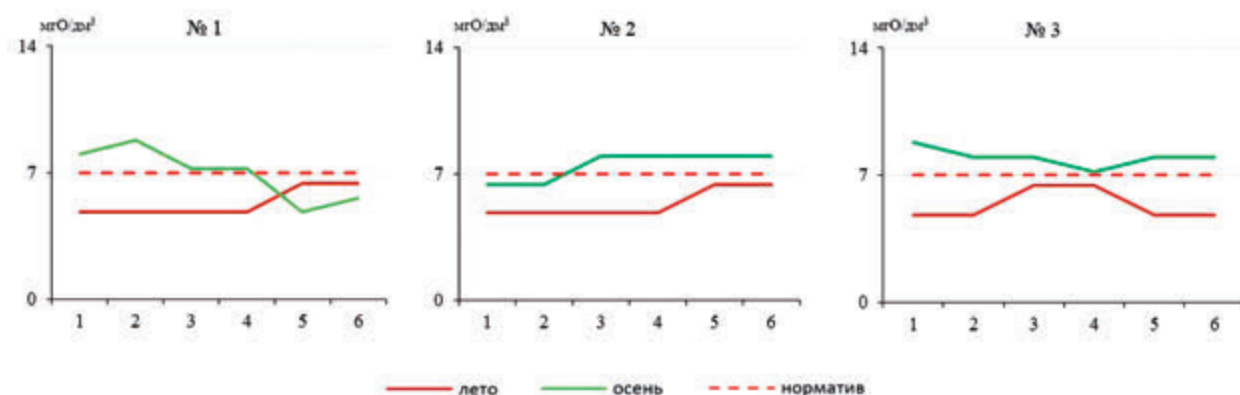


Рисунок 3. Динамика перманганатной окисляемости воды исследуемых участков водных объектов Астраханской области

Figure 3. Dynamics of permanganate oxidizability of water in the studied sections of water bodies in the Astrakhan region

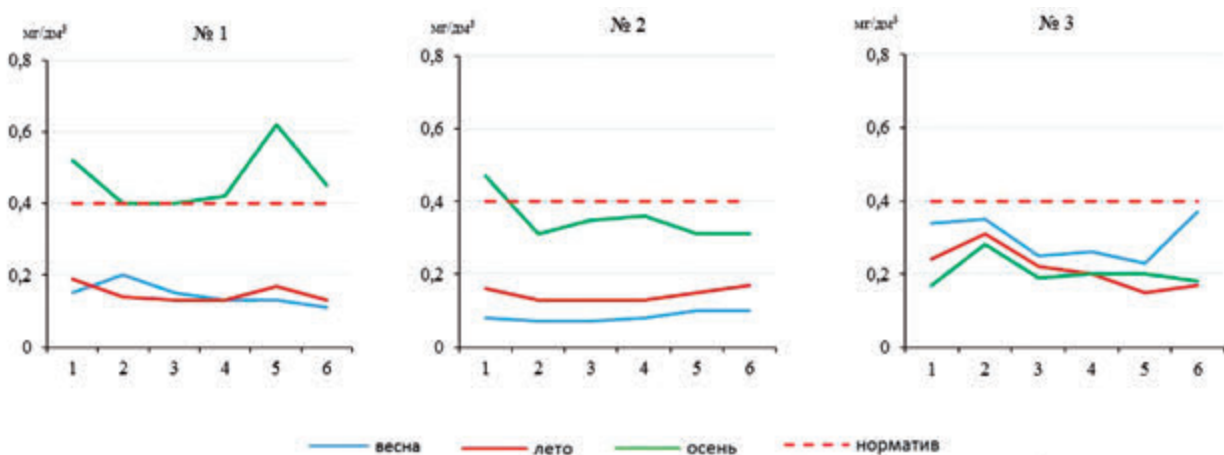


Рисунок 4. Сезонная динамика азота аммонийного в воде исследуемых водных объектов

Figure 4. Seasonal dynamics of ammonium nitrogen in the water of the studied water bodies

ции отдельных водных объектов. Содержание фосфора 0,15 мг/дм³ и выше, характеризующего водоток как мезотрофный, будет выступать ограничивающим фактором при организации и необходимым параметром при контроле деятельности садковых хозяйств.

По результатам исследований выделены наиболее информативные гидрохимические параметры среды, рекомендованные к контролю на этапе организации и при функционировании рыбоводных садковых хозяйств на водных объектах (табл. 6).

В результате оценки гидрохимического режима 3 водных объектов на 4 действующих садковых рыбоводных хозяйствах по 10 параметрам среды выявлено, что только по одному показателю – концентрация азота (нитритного, аммонийного), в среднем превышения норматива зарегистрировано не было.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные комплексные исследования водных объектов Астраханской области, в местах расположения действующих рыбоводных хозяйств, позволили определить наиболее ин-

формативные гидрохимические параметры среды, изучение которых еще на этапе планирования садкового хозяйства позволяет принять правильное решение и минимизировать возможные риски рыбоводства.

Наиболее значимыми, согласно исследованиям, являются такие показатели, как концентрация кислорода, количество биогенных элементов, а именно – минерального азота и общего фосфора, величина ПО/БО, характеризующих воду из водотоков, потенциально рассматриваемых для садкового рыбоводства. На этапе эксплуатации рыбоводных хозяйств садкового типа перечисленные параметры среды, вместе с количеством взвешенных веществ, могут быть рекомендованы при проведении производственного экологического контроля.

Для исследованных водных объектов особо необходимо отметить неоднородность качества водной среды по определявшимся гидрохимическим параметрам в пространственном отношении, что обусловлено как естественными колебаниями значений рассматриваемых параметров среды, так и изменением их значений вследствие хозяйственной деятельности.

Таблица 5. Средние значения содержания фосфатного фосфора на исследуемых водных объектах / Table 5. Average values of phosphate phosphorus content in the studied water bodies

Биогенный элемент	№ садкового хозяйства			
	1	2	3	4
	M(±σ)			
Фосфор фосфатный, мг/дм ³	0,10(±0,02)	0,10(±0,03)	0,11(±0,02)	0,10(±0,02)

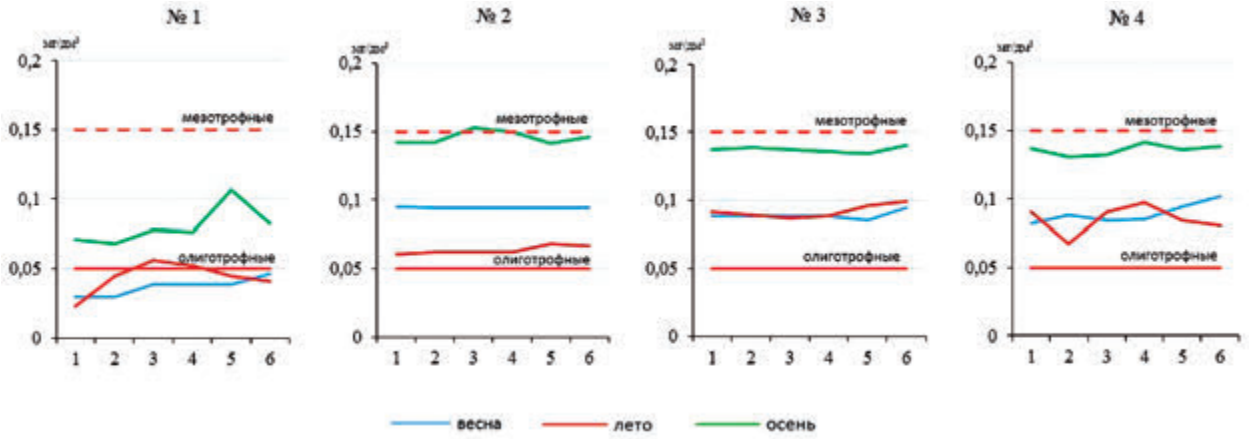


Рисунок 5. Сезонная динамика фосфора фосфатного в воде исследуемых участков природных водных объектов Астраханской области

Figure 5. Seasonal dynamics of phosphate phosphorus in the water of the studied sections of natural water bodies in the Astrakhan region

Таблица 6. Параметры среды, рекомендованные к контролю на этапе организации и при функционировании рыбоводных садковых хозяйств / **Table 6.** Environmental parameters recommended for monitoring at the stage of organization and during the operation of fish farming cage farms

Параметры	pH	O ₂	O ₂	ВВ	ПО	БО	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P-PO ₄
ед. изм.	ед.	%				мг/дм ³			
Норматив	не более 8,6	не менее 80,0	не менее 6,8	не более чем на 0,25 мг/дм ³ относительно фона	не более 7,0	не более 15,0	не более 0,08	не более 0,5	не более 0,15
Организация садкового хозяйства	+	+	+	-	+	+	-	+	+
Функционирование садкового хозяйства	+	+	+	+	+	+	-	+	+

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

The authors declare that there is no conflict of interest. Contribution to the work of the authors: **O.V. Pyatikopova** – the idea of the work, generalization of results and conclusions, preparation of the article, **I.N. Bedritskaya** – data processing and analysis, 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. Зайцев В.Ф., Тарасова О.Г. Оценка экологического состояния водотоков дельты Волги по структуре донных сообществ // Юг России: экология, развитие. 2014. Т. 9. № 3. С. 126-132.
2. Карыгина Н.В., Попова О.В., Галушкина Н.В., Львова О.А., Галлей Е.В., Яцун Е.В., Тарасова О.Г., Бедрицкая И.Н. Особенности гидрохимической и токсикологической обстановки в водотоках низовьев Волги в современный период // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. II Межд. науч.-практ. интернет-конф. Прикаспийский НИИ аридного земледелия. С. Солёное Займище, Астраханская обл. 2017. С. 154-158.
3. Карабаева А.З., Ююков С.С. Экологическая ситуация и рекомендуемые мероприятия по восстановлению речной сети Волги на территории Астраханской области // Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы. Мат. IV Межд. науч.-практ. конф. Астрахань, 26 ноября 2021 г. АГУ. Астрахань: Астраханский университет. 2021. С. 88-92.
4. Карабаева А.З., Бикчурева А.И., Ююков С.С. Геоэкологическая оценка состояния акватории реки Волги на территории Нижнего Поволжья // Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2(85). С. 74-84. https://doi.org/10.54398/20776322_2022_2_74.
5. Бедрицкая И.Н., Пятикопова О.В., Чехомов С.П., Дьякова С.А. Оценка состояния водной среды в местах расположения действующих рыбоводных хозяйств Астраханской области // Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений. Мат. IX науч.-практ. конф. с межд. участием, Астрахань, 10 ноября 2023 г. Астрахань: ВНИРО. 2023. С. 43-49.
6. Садковая аквакультура. Региональные обзоры и всемирное обозрение. 2010. Технический доклад ФАО по рыбному хозяйству № 498. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций (ФАО). Приводятся на стр.: 8-14.
7. Рыжков Л.П., Дзюбук И.М., Горохов А.В., Марченко Л.П., Артемьева Н.В., Иешко Т.А., Рябинкина М.Г., Раднаева В.А. Состояние водной среды и биоты при функционировании садковых форелевых хозяйств // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 2. С. 239-247.
8. Васильева Л.М., Горкина О.В., Лозовская М.В., Щербатова Т.Г. Лечебно-профилактические мероприятия при выращивании осетровых в садках // Естественные науки. 2012. № 2(39). С. 154-159.
9. Карачев Р.А., Липпо Е.В. Садковое рыбководство и экология: возможно ли эффективное компромиссное решение? // Рыбное хозяйство. 2010. № 6. С. 89-92.
10. Старко А.В. 2013. Влияние садкового рыбководства на структурно-функциональные характеристики и накопление донных отложений в водоёмах-охладителях // Рыбохозяйственная наука Украины. № 3. С. 26-34.
11. Mohsen A.T., Mohamed M.N., Seyed H.H. (2019). Fish response to hypoxia stress: growth, physiological and immunological biomarkers // Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 45. Pp. 997-1013.
12. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293730/4293730055.htm>

13. ПНД Ф 14.1:2.3.110-97 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации взвешенных веществ в пробах природных и сточных вод гравиметрическим методом <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751544.htm>
14. РД 52.24.419-2019 Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293726/4293726785.htm>
15. ГОСТ Р 55684-2013 Вода питьевая. Метод определения перманганатной окисляемости. <https://files.stroyinf.ru/Index/55/55514.htm>
16. ПНД Ф 14.1:2.3.100-97 Методика измерений химического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод титриметрическим методом <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751545.htm?ysclid=lj2ow7rzy4456972095>
17. РД 52.24.381-2017 Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293739/4293739151.htm>
18. ПНД Ф 14.1:2.3.1-95 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293850/4293850892.htm>
19. РД 52.24.382-2019 Фосфатный фосфор <https://meganorm.ru/Data2/1/4293729/4293729845.pdf>
20. 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)
21. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lj2ngtiy7v118116124>
22. Маммаев М.А., Шихшабеков М.М., Рабазанов Н.И. 2018. Влияние экологических факторов на рыбоводно-биологические показатели осетровых в условиях замкнутого цикла водоснабжения в аридных условиях // Аридные экосистемы. Т. 24. № 1(74). С. 95-100.
23. Смирнов М.П., Тарасов М.Н. 1983. Соотношение перманганатной и бихроматной окисляемости воды в реках СССР // Гидрохимические материалы. Т. 91. С. 3-10.
24. Смирнов М.П. 2019. Органические вещества и минерализация речных вод гор России и сопредельных стран // Известия РАН. Сер. географическая. № 1. С. 99-106. <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019199>
25. Кнуляниц И.Л. 1961. Краткая химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. 1228 с.
26. Алабастр Дж. Л.Р. 1984. Критерии качества воды для пресноводных рыб. М: Лег. и пищ. пром-сть. Приводятся на стр.: 42-49
27. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294835/4294835641.pdf>
28. Дорошевич В.И., Мощик К.В., Руденя Н.В. 2010. Индикаторы возможного загрязнения воды патогенными микроорганизмами // Военная медицина. № 2(15). С. 70-73
29. Алиев И.Х., Каримов Б.Х., Каримов Ш.Б., Юлдошалиев Д.К. 2022. Промышленные и альтернативные аэраторы на основе зелёной энергетики для рыбных водоёмов и озёр. М.: ЛитРес. Приводятся на стр.: 6-8.
30. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2003. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН. 463 с.
31. Попов А.Н. 2021. К вопросу о нормировании допустимого привнесения в водные объекты взвешенных веществ // Чистая вода России-2021. Сб. мат. XVI Межд. науч.-практ. симп. и выставки. Екатеринбург, 17-20 мая 2021 г. Екатеринбург: Джил-Лайм. С. 126-131.
32. Васильков Г.В., Грищенко Л.И., Енгашев В.Г. и др. 1989. Болезни рыб. Справочник. Под ред. В.С. Осетрова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат. Приводятся на стр.: 244-245.

LITERATURE AND SOURCES

1. Zaitsev V.F., Tarasova O.G. (2014). Assessment of the ecological state of the Volga Delta watercourses by the structure of bottom communities // South of Russia: ecology, development. V. 9. № 3. Pp. 126-132. (in Russ.)
2. Karygina N.V., Popova O.N., Galushkina N.V., Lvova O.N., Halley E.V., Yatsuna E.V., Tarasova O.G., Bedritskaya I. N. (2017). Features of the hydrochemical and toxicological situation in the lower Volga watercourses in the modern period // Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational use of natural resources: II International scientific and practical internet conference / Compiled by N.A. N. Shcherbakova. FGBNU "Caspian Research Institute of Arid Agriculture". St. Saline Zaymishche, Astrakhan region. Pp. 154-158. (in Russ.)
3. Karabayeva A.Z., Yuyukov S.S. (2021). The ecological situation and recommended measures for the restoration of the Volga river network in the Astrakhan region // Natural Sciences: current issues and social challenges: proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Astrakhan, November 26, 2021 / Astrakhan State University. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House. Pp. 88-92. (in Russ.)
4. Karabayeva A.Z., Bikchurayeva A.I., Yuyukov S.S. (2022). Geoecological assessment of the condition of the Volga River water area in the Lower Volga region // Geology, Geography and Global Energy. № 2(85). Pp. 74-84. https://doi.org/10.54398/20776322_2022_2_74. (in Russ.)
5. Bedritskaya I.N., Pyatikopova O.V., Chekhomov S.P., Dyakova S.A. (2023). Assessment of the state of the aquatic environment in the locations of operating fish farms in the Astrakhan region // Problems of preserving the Caspian ecosystem in the context of oil and gas field development: Proceedings of the IX Scientific and

- practical conference with international participation, Astrakhan, November 10, 2023 Astrakhan: All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography. Pp. 43-49. (in Russ.)
6. Cage aquaculture. Regional reviews and a worldwide review. 2010. FAO Technical Report on Fisheries №. 498. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Pp. 8-14 (in Russ.)
 7. Ryzhkov L.P., Jubuk I.M., Gorokhov A.V., Marchenko L.P., Artemieva N.V., Yeshko T.A., Ryabinkin M.G., Radnyaeva V.A. (2011). The state of the aquatic environment and biota in the functioning of cage trout farms // *Water resources*. V. 38, № 2. Pp. 239-247. (in Russ.)
 8. Vasilyeva L.M., Gorkina O.V., Lozovskaya M.V., Shcherbatova T.G. (2012). Therapeutic and preventive measures in the cultivation of sturgeon in cages // *Natural Sciences*. № 2(39). Pp. 154-159. (in Russ.)
 9. Karachev R.A., Lippo E.V. (2010). Cage fish farming and ecology: is an effective compromise solution possible? // *Fisheries*. №. 6. Pp. 89-92. (in Russ.)
 10. Starko A.V. (2013). The influence of cage fish farming on the structural and functional characteristics and accumulation of bottom sediments in cooling reservoirs // *Fisheries Science of Ukraine*. № 3. Pp. 26-34. (in Russ.)
 11. Mohsen A.T., Mohamed M.N., Seyed H.H. (2019). Fish response to stress from hypoxia: growth, physiological and immunological biomarkers // *Physiology and Biochemistry of fish*. V. 45. P. 997
 12. PND F 14.1:2:3:4.121-97 Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring pH in water using potentiometric method <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293730/4293730055.htm> (in Russ.)
 13. PND F 14.1:2:3.110-97 Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring the mass concentration of suspended substances in samples of natural and wastewater using gravimetric method <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751544.htm> (in Russ.)
 14. RD 52.24.419-2019 Mass concentration of dissolved oxygen in water. Method for measuring using iodometric method <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293726/4293726785.htm> (in Russ.)
 15. GOST R 55684-2013 Drinking water. Method for determining permanganate oxidisability. <https://files.stroyinf.ru/Index/55/55514.htm> (in Russ.)
 16. PND F 14.1:2:3.100-97 Method for measuring chemical oxygen demand in samples of natural and wastewater using titrimetric method <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751545.htm?ysclid=l-j2ow7rzy4456972095> (in Russ.)
 17. RD 52.24.381-2017 Mass concentration of nitrite nitrogen in water. Method for measuring using photometric method with Griss reagent <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293739/4293739151.htm> (in Russ.)
 18. PND F 14.1:2:3.1-95 Quantitative chemical analysis of water. Method for measuring the mass concentration of ammonium ions in natural and wastewater using photometric method with Nessler reagent <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293850/4293850892.htm> (in Russ.)
 19. RD 52.24.382-2019 Phosphate phosphorus <https://meganorm.ru/Data2/1/4293729/4293729845.pdf> (in Russ.)
 20. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 552 dated 13.12.2016 "On the approval of water quality standards for aquatic objects of fisheries significance, including the standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of aquatic objects of fisheries significance" (with amendments and additions) (in Russ.)
 21. SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic standards and requirements for ensuring safety and/or harmlessness to humans of environmental factors <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=lj2ngtiy7v118116124-1013>. (in Russ.)
 22. Mammaev M.A., Shikhshabekov M.M., Rabazanov N.I. (2018). The influence of environmental factors on the fish-breeding and biological parameters of sturgeon in a closed water supply cycle in arid conditions // *Arid ecosystems*. V. 24. № 1(74). Pp. 95-100. (in Russ.)
 23. Smirnov M.P., Tarasov M.N. (1983). Comparison of permanent and digital information about water in the Republic of the USSR // *Hydrometeorological materials*. Vol. XCI. Pp. 3-10. (in Russ.)
 24. Smirnov M.P. (2019). Organic substances and mineralization of river waters of the mountains of Russia and neighboring countries // *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical series*. № 1. Pp. 99-106. DOI 10.31857/S2587-55662019199. (in Russ.)
 25. Knunyants I.L. (1961). Brief chemical encyclopedia. M.: Soviet Encyclopedia. 1228 p. (in Russ.)
 26. Alabaster J. L. R. (1984). Criteria of water quality for freshwater fish. M: Leg. and food. prom-st. Pp. 42-49 (in Russ.)
 27. GOST 17.1.2.04-77 Nature Protection. Hydrosphere. Indicators of the Condition and Rules for Taxation of Fishery Water Bodies. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294835/4294835641.pdf> (in Russ.)
 28. Doroshevich V.I., Moshchik K.V., Rudenya N.V. (2010). Indicators of possible contamination of water by pathogenic microorganisms // *Military medicine*. № 2(15). Pp. 70-73. (in Russ.)
 29. Aliev I.H., Karimov B.H., Karimov S.B., Yuldoshaliev D.K. (2022). Industrial and alternative aerators based on green energy for fish ponds and lakes. Moscow: LitErs. Pp. 6-8 (in Russ.)
 30. Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. (2003). Quantitative hydroecology: methods of system identification. Tolyatti: IEVB RAS. 463 p. (in Russ.)
 31. Popov A.N. (2021). On the issue of rationing the permissible introduction of suspended substances into water bodies // *Clean Water of Russia-2021: collection of materials of the XVI International Scientific and Practical Symposium and Exhibition, Yekaterinburg, May 17-20, 2021 Yekaterinburg: Gilaym LLC*. Pp. 126-131. (in Russ.)
 32. Vasilkov G.V., Grishchenko L.I., Engashev V.G. (1989). Diseases of fish. Guide. Edited by V.S. The sturgeon. 2, revised and additional M.: Agropromizdat. Pp. 244-245 (in Russ.)

Материал поступил в редакцию/ Received 16.09.2025
 Принят к публикации / Accepted for publication 05.11.2025