

Научная статья

УДК 639.313

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-670-682

EDN: SFRNOV



## ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ САДКОВОГО РЫБОВОДСТВА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ Р. ХУРДУН

О.В. Пятикопова, И.Н. Бедрицкая, С.А. Дьякова, Д.А. Попов, О.Г. Тарасова,  
Е.В. Макарова, Е.В. Минакова, О.В. Жаткина, Р.Д. Кашин\*

Волжско-Каспийский филиал ВНИРО (КаспНИРХ),  
414056, г. Астрахань, ул. Савушкина, 1

**Аннотация.** Выявлены особенности садкового рыбоводства в Астраханской области и определено состояние водного объекта (р. Хурдун) в местах расположения действующих рыбоводных хозяйств. В ходе исследований использовали гидрологические, химические, биологические методы. Установлено, что ряд параметров среды характеризуют ситуацию на отдельных участках исследуемого водного объекта как напряженную, особенно в период летнего прогрева воды и осенью. Ухудшение гидролого-гидрохимического режима на фоне роста температуры воды и снижения скорости течения в период летне-осенней межени является сигналом для корректировки плотностей посадки и норм кормления выращиваемых объектов аквакультуры на действующих хозяйствах и обуславливает обязательные исследования в этот период на этапе планирования организации садковых рыбоводных хозяйств.

**Ключевые слова:** садковое хозяйство, объекты аквакультуры, гидролого-гидрохимический режим, токсикологические и санитарно-микробиологические параметры

**Для цитирования:** Пятикопова О.В., Бедрицкая И.Н., Дьякова С.А., Попов Д.А., Тарасова О.Г., Макарова Е.В., Минакова Е.В., Жаткина О.В., Кашин Р.Д. Особенности условий садкового рыбоводства Астраханской области на примере р. Хурдун // Изв. ТИПРО. — 2024. — Т. 204, вып. 3. — С. 670–682. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-670-682. EDN: SFRNOV.

---

\* Пятикопова Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, начальник центра, [pyatikopovaov@kaspnirh.vniro.ru](mailto:pyatikopovaov@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0000-0003-4974-6623; Бедрицкая Ирина Николаевна, кандидат биологических наук, заведующая сектором, [bedritskayain@kaspnirh.vniro.ru](mailto:bedritskayain@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0000-0002-4734-9918; Дьякова Светлана Александровна, старший специалист, [dyakovasa@kaspnirh.vniro.ru](mailto:dyakovasa@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0000-0001-9970-403X; Попов Дмитрий Алексеевич, ведущий инженер, [popovda@kaspnirh.vniro.ru](mailto:popovda@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0009-0002-7491-5134; Тарасова Ольга Георгиевна, старший специалист, [tarasovaog@kaspnirh.vniro.ru](mailto:tarasovaog@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0009-0001-7283-6144; Макарова Елена Викторовна, старший специалист, [makarovaev@kaspnirh.vniro.ru](mailto:makarovaev@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0009-0005-9183-3896; Минакова Елена Владимировна, главный специалист, [minakovaev@kaspnirh.vniro.ru](mailto:minakovaev@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0009-0009-6671-6064; Жаткина Ольга Вячеславовна, ведущий специалист, [zhatkinaov@kaspnirh.vniro.ru](mailto:zhatkinaov@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0009-0006-7805-6292; Кашин Роман Дмитриевич, старший специалист, [kashinrd@kaspnirh.vniro.ru](mailto:kashinrd@kaspnirh.vniro.ru), ORCID 0009-0007-1632-6370.

© Пятикопова О.В., Бедрицкая И.Н., Дьякова С.А., Попов Д.А., Тарасова О.Г., Макарова Е.В., Минакова Е.В., Жаткина О.В., Кашин Р.Д., 2024

## Features of environments for cage fish farming in the Astrakhan Region on example of the Khurdun River

Olga V. Pyatikopova\*<sup>1</sup>, Irina N. Bedritskaya\*<sup>2</sup>, Svetlana A. Diakova\*<sup>3</sup>,  
Dmitry A. Popov\*<sup>4</sup>, Olga G. Tarasova\*<sup>5</sup>, Elena V. Makarova\*<sup>6</sup>,  
Elena V. Minakova\*<sup>7</sup>, Olga V. Zhatkina\*<sup>8</sup>, Roman D. Kashin\*<sup>9</sup>

\*<sup>1-9</sup> Volga-Caspian branch of VNIRO (CaspNIRKH),  
1, Savushkin Street, Astrakhan, 414056, Russia

\*<sup>1</sup> Ph.D., head of center, pyatikopovaov@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0000-0003-4974-6623

\*<sup>2</sup> Ph.D., head of sector, bedritskayain@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0000-0002-4734-9918

\*<sup>3</sup> senior specialist, dyakovasa@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0000-0001-9970-403X

\*<sup>4</sup> leading engineer, popovda@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0009-0002-7491-5134

\*<sup>5</sup> senior specialist, tarasovaog@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0009-0001-7283-6144

\*<sup>6</sup> senior specialist, makarovaev@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0009-0005-9183-3896

\*<sup>7</sup> chief specialist, minakovaev@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0009-0009-6671-6064

\*<sup>8</sup> leading specialist, zhatkinaov@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0009-0006-7805-6292

\*<sup>9</sup> senior specialist kashindr@kaspnirh.vniro.ru, ORCID 0009-0007-1632-6370

**Abstract.** Cage aquaculture is a relatively low-cost and quite effective method of fish farming, particularly important for the Astrakhan Region in recent times. Sturgeon species are grown in the farms there mainly. The most favorable conditions for cage aquaculture are provided in flowing water of both natural and anthropogenic nature. Features of environments for cage fish farming are considered for several operating fish farms at the Khurdun River that is rather demanded for these enterprises due to accessibility to roads, proximity of settlements and so suitability for the farm servicing and selling the products. However, the river is rather impacted to anthropogenic activity, including pollutions from the fish farming itself. Standard methods of hydrology, chemistry and biology were used. The fish farms at Khurdun River were differed in their production capacity and the volume of aquaculture production, though the depth of the cage lines installation was sufficient for the fish growing everywhere. The flow velocity was rather slow and decreased at cages of the most farms relative to the background value. Dissolved oxygen content in water was quite high, but great vertical differences were observed in summer, with supersaturation at the water surface and oxygen consumption for oxidation of organics at the river bottom. The value of chemical oxygen consumption exceeded the norm both at the surface and at the bottom and increased downstream. By taxonomic composition of bioindicator benthic organisms, the studied water body was classified to categories from “clean” to “very dirty”. Some deterioration of environmental quality downstream from the cage lines was detected relative to background values. Sanitary and microbiological tests of water revealed an exceeding of the total microbial count at 22 °C relative to this one at 37 °C in all seasons, that is a sign of water self-purification worsening. Faecal pollution of the river water was found and confirmed by a presence of *Enterococcus faecalis* in abnormal concentration, in particular in summer-autumn low-water season. In general, environmental conditions in some sites of the Khurdun River can be considered as tense in the summer-fall season by a number of parameters. Deterioration of environmental regime in conditions of rising temperature and slowing flow in the summer-fall low-water season should be accounted for adjustment of planting density and feeding of farmed fish.

**Keywords:** cage farming, aquaculture facility, hydrological regime, chemical regime, toxicological parameters, sanitary-microbiological parameters

**For citation:** Pyatikopova O.V., Bedritskaya I.N., Diakova S.A., Popov D.A., Tarasova O.G., Makarova E.V., Minakova E.V., Zhatkina O.V., Kashin R.D. Features of environments for cage fish farming in the Astrakhan Region on example of the Khurdun River, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 3, pp. 670–682. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-670-682. EDN: SFRNOV.

### Введение

В настоящее время в Астраханской области садковая аквакультура приобретает особую значимость для региона, являясь относительно малозатратным и достаточно эффективным методом рыбоводства. В садковых рыбоводных хозяйствах области выращивают в

основном осетровые виды рыб. Деятельность хозяйств связана преимущественно с получением пищевой икры, мяса рыб и реже рыбопосадочного материала.

Наиболее благоприятные условия для садкового содержания рыбы создаются в проточных водоёмах [Магомаев, 2007; Шишкин, Загребина, 2010]. При этом русловые проточные водоёмы имеют свои характерные особенности, как положительные, так и негативные. Так, на водотоках с нестабильным гидрологическим режимом могут возникать определенные риски при разведении рыбы в садках. Данная проблема касается в первую очередь водотоков Астраханской области, гидрологический режим которых во многом определяется изменением уровня воды в р. Волге. Как правило, колебания водного слоя носят хронический характер, а в ряде случаев амплитуда колебаний имеет аномальные или экстремальные значения [Поляков и др., 2016; Поляков, Конькова, 2017]. Кроме этого, прослеживается уменьшение долевого стока по основным магистральным водотокам [Синенко, Гурболикова, 2012], а в водотоках низовьев Волги отмечено усиление органического загрязнения [Карыгина и др., 2017]. Класс качества вод, определяемый методом биоиндикации (бентосные организмы), может изменяться от слабозагрязненных до загрязненных [Зайцев, Тарасова, 2014].

В свою очередь функционирование рыбоводных хозяйств накладывает определенный отпечаток на качество водной среды как в районе собственной деятельности, так и ниже по течению. Воздействие на природную среду может усиливаться в период летней межени, когда температура воды достигает своих максимальных значений. На отдельных хозяйствах, а также вплоть до 500 м ниже по течению летом может снижаться концентрация кислорода в придонном слое, увеличиваться содержание органического вещества, нитритного, нитратного и аммонийного азота. Изменения гидрохимических показателей могут привести к формированию условий для развития сине-зеленого комплекса фитопланктона, характеризующего развитие эвтрофикационных процессов и ухудшение качества воды [Астафьева, 2016]. Однако по данным В.В. Вятчина с соавторами [2020] некоторые садковые хозяйства, расположенные на р. Волге, по ряду гидрохимических показателей в период исследований не оказывали негативного влияния на водоток.

Таким образом, при размещении садковых хозяйств необходимо учитывать не только влияние условий среды на рыб, но и реакцию экосистемы на использование водоёма для садкового выращивания рыбы [Магомаев, 2007; Астафьева, 2016].

Цель настоящей работы — выявить особенности садкового рыбоводства и определить состояние водного объекта в местах расположения действующих рыбоводных хозяйств.

## **Материалы и методы**

Для определения состояния водной среды в районах выращивания объектов товарной аквакультуры был выбран водный объект рыбохозяйственного значения — участок протекания р. Хурдун, где организованы рыбоводные хозяйства индустриального типа (садковые).

Исследование проводили в районе размещения 4 садковых линий: в 500 м выше по течению от первой садковой линии (фон), в 500 м ниже по течению от последней садковой линии, до и после каждой садковой линии. Количество точек отбора на р. Хурдун — 9.

В ходе выполнения работы использовали гидрологические, химические и биологические методы, включающие:

— гидролого-гидрохимические исследования с определением скорости течения (измеритель скорости водного потока ИСВП-ГР-21М1) и глубины водного объекта (эхолот Lowrance Elite-5 DSI, ручной лот), а также температуры воды (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293736/4293736072.htm>), водородного показателя pH (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293730/4293730055.htm>) в местах отбора проб;

— отбор пробы воды (поверхностный, придонный горизонты) и донных отложений для гидрохимических, токсикологических (ГОСТ 17.1.5.04-81, ГОСТ 70282-2022, ГОСТ 59024-2020, ГОСТ 17.1.5.01-80), гидробиологических [Романова, 1983] и санитарно-микробиологических исследований (ГОСТ 31942-2012 (ИСО 19458:2006); ГОСТ 17.4.4.02-2017);

— обработку проб воды в лабораторных условиях в соответствии с общепринятыми методиками и нормативной документацией для определения абсолютного и относительного содержания растворенного кислорода (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293726/4293726785.htm>), перманганатной окисляемости (ГОСТ Р 55684-2013), химического потребления кислорода (<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751545.htm?ysclid=lj2ow7rzy4456972095>), нитритов (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293739/4293739151.htm>), аммонийного азота (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293850/4293850892.htm>), взвешенных веществ (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751544.htm>); анионных поверхностно-активных веществ (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293808/4293808613.htm>), нефтепродуктов (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293770/4293770987.htm>), токсичности с использованием планктонных ракообразных *Daphnia magna* (ГОСТ Р 56236-2014 (ИСО 6341:2012)); общего количества колиформных бактерий (ОКБ), общего микробного числа (ОМЧ) при 22 и 37 °С, наиболее вероятного числа (НВЧ) энтерококков (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293851/4293851827.htm>);

— обработку проб донных отложений в лабораторных условиях в соответствии с общепринятыми методиками и нормативной документацией для определения биотических индексов [Вудивисс, 1977; Насибулина, 1995; Количественная гидроэкология..., 2005] методом биоиндикации на основе видового состава бентосных организмов [Жадин, 1933; Плавильщиков, 1950; Определитель насекомых..., 1976; Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1977; Определитель зоопланктона и зообентоса..., 2016]; ОКБ, ОМЧ при 22 и 37 °С, индекса энтерококков (фекальных) (<https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293737/4293737876.htm?ysclid=lj2n646rel370453027>).

Для оценки качества водной среды использовали нормативы, разработанные для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рх</sub>) (<https://docs.cntd.ru/document/420389120>), воды поверхностных водоисточников (СанПиН 1.2.3685-21), природных поверхностных вод (ГОСТ Р 56236-2014) и значения биотического индекса [Вудивисс, 1977] для определения степени органического загрязнения.

## Результаты и их обсуждение

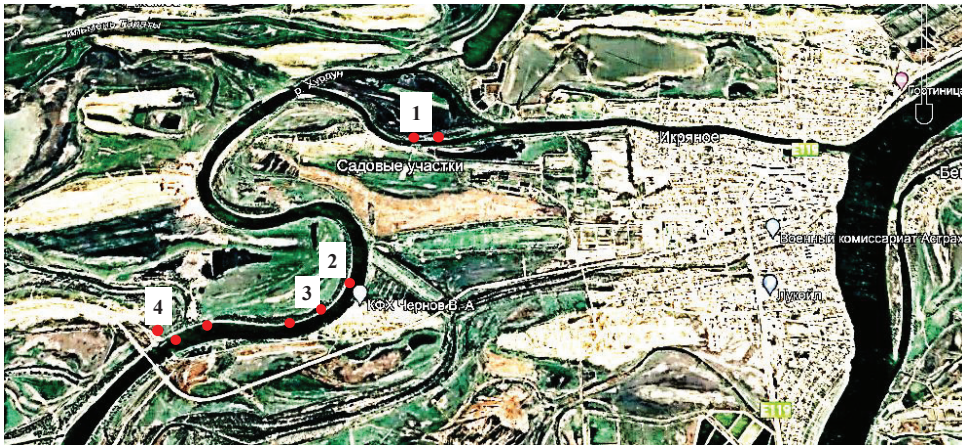
### *Краткая характеристика исследуемого участка водного объекта*

Протяженность исследуемого участка на р. Хурдун (7,0 км) составляет 35 % длины водотока. Русло реки на рассматриваемой территории не прямое, имеющее резкие изгибы. Ближайший населенный пункт — с. Икряное, расположенное на расстоянии 1,7 км выше по течению.

В настоящее время на р. Хурдун находятся 8 рыбоводных участков (РВУ), на четырех из которых функционируют садковые хозяйства. Остальные РВУ могут быть задействованы для организации новых объектов рыбоводства в ближайшее время (см. рисунок).

Первое из рассматриваемых хозяйств функционирует дольше остальных, является наиболее крупным и располагается в 1,5 км ниже по течению от населенного пункта (с. Икряное). В 4,5 км ниже, за крупной излучиной, находятся 2 садковых хозяйства на расстоянии 220 м друг от друга, с близкими значениями задействованных рыбоводных площадей. Четвертое садковое хозяйство размещено у противоположного берега реки в 1,2 км ниже по течению, среди исследуемых хозяйств отличается меньшей общей площадью рыбоводных садков и периодом эксплуатации (табл. 1).





Карта-схема расположения рыбоводных участков (●) на р. Хурдун и действующих на них хозяйств (1, 2, 3, 4)

Scheme of fish breeding grounds (●) and operating fish farms (1, 2, 3, 4) on the Khurdun River

Таблица 1

Основные характеристики рассматриваемых рыбоводных хозяйств

Table 1

Main parameters of the fish farms under consideration

Характеристика	Садковые хозяйства			
	1	2	3	4
Площадь рыбоводного участка, га	2,0	1,2	1,0	0,8
Ширина садковой линии, м	12,2	18,0	21,0	12,0
Длина садковой линии, м	250,0	50,0	70,0	75,0
Количество садков на хозяйстве, шт.	64	40	24	29
Общая площадь садков, м <sup>2</sup>	1152	640	576	464
Расчетный минимальный объем объектов аквакультуры, подлежащих разведению на рыбоводном участке, т*	6,30	3,78	3,15	2,52
Расчетный объем (биомасса) объектов аквакультуры, т**	16,8	9,6	8,6	7,0
Продолжительность функционирования, годы	8	6	5	3
Расстояние до следующего хозяйства, км	4,5	0,2	1,2	—

\* Приказ МСХ РФ от 15.03.17 г. № 124, п. 10, прил. 2 (<https://docs.cntd.ru/document/420396544?ysclid=lj2po5lz2v302941454>).

\*\* С учетом рыбоводной площади хозяйства и средней плотности посадки 15,0 кг/м<sup>2</sup>.

Согласно данным, предоставленным Волго-Каспийским территориальным управлением Росрыболовства, на хозяйстве № 1 содержат осетра русского *Acipenser gueldenstaedtii*, белугу *Huso huso*, стерлядь *Acipenser ruthenus*, шипа *A. nudiiventris*; на хозяйстве № 2 — те же виды и гибрид белуги и стерляди — бестера *Acipenser nikoljukin*; на хозяйстве № 3 — стерлядь, веслоноса *Polyodon spathula*, бестера; на хозяйстве № 4 — осетра русского и сибирского *Acipenser baerii*, белугу, стерлядь, шипа, гибриды русского и сибирского осетра, стерляди и белуги (стербел), бестера.

#### Гидрологические исследования водного объекта

Глубина в самой верхней точке исследований (фон) в весенне-летний период составляла 2,0 м, осенью — 4,0 м. Вниз по течению она увеличивалась до 7,0–8,0 м. Глубина водотока в районе расположения садковых линий была достаточной для функционирования садковых хозяйств (не менее 3,5 м).

Рассматриваемый район характеризовался низкими скоростями течения (менее 0,15 м/с) вплоть до 0,0 м/с (особенно в придонном горизонте). Отмечено снижение

скорости движения водных масс после садков большинства хозяйств относительно зарегистрированных значений в самой верхней точке исследований (фон). Исключение составлял четвертый РВУ, где локально в весенне-летний период регистрировали более высокие значения скорости течения по сравнению с участком, расположенным выше по течению (табл. 2).

Таблица 2

Сезонное изменение глубины и скорости течения р. Хурдун в районе размещения садковых рыбоводных хозяйств

Table 2

Seasonal variation in depth and flow velocity along the Khurdun River

Место исследования	Горизонт отбора проб								
	Дно			Поверхностный			Придонный		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
	Глубина, м			Скорость течения, м/с					
500 м выше по течению (фон)	2,5	2,0	4,0	0,12	0,06	0,11	0,12	0,06	0,04
После 1-го хозяйства	4,5	4,0	5,0	0,04	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00
До 2-го хозяйства	4,5	6,0	7,5	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
После 2-го хозяйства	4,5	6,5	6,5	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04
До 3-го хозяйства	8,5	6,5	7,5	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
После 3-го хозяйства	8,0	7,5	8,0	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03
До 4-го хозяйства	4,0	5,0	6,0	0,15	0,15	0,02	0,08	0,08	0,03
После 4-го хозяйства	3,5	4,2	4,0	0,16	0,00	0,07	0,10	0,37	0,09
500 м ниже по течению	7,0	8,0	5,2	0,06	0,03	0,08	0,00	0,04	0,13

Температура воды соответствовала сезону исследований. Реакция среды была слабощелочной (7,3–8,8). Содержание взвешенных веществ в придонном горизонте преимущественно было выше, чем у поверхности (в среднем в 1,5 раза), достигая в летний период максимальных значений (31,0–34,4 мг/дм<sup>3</sup>).

#### *Гидрохимические исследования водного объекта*

Содержание растворенного кислорода в воде в среднем было достаточно высоким, характеризуя удовлетворительные условия для жизнедеятельности гидробионтов. Наибольшие различия по горизонтам отмечены в летний период — 12,1–13,9 мг/дм<sup>3</sup>, 150–171 % (поверхность) и 6,0–11,9 мг/дм<sup>3</sup>, 69–136 % (дно) — и свидетельствуют о перенасыщении воды в поверхностном горизонте в период массового развития фитопланктона и большем потреблении кислорода в придонном горизонте на окисление органических веществ (табл. 3).

Наибольшие значения перманганатной окисляемости зарегистрированы весной (7,2–9,6 мгО/дм<sup>3</sup>), со снижением к осени практически в 2 раза (3,2–4,0 мгО/дм<sup>3</sup>).

Значения химического потребления кислорода были выше норматива для поверхностных вод (в 1,1–1,9 раза) с максимальными значениями в конце рассматриваемого участка как в поверхностном, так и придонном горизонте (табл. 4).

Концентрации нитритов в период половодья не превышали ПДК<sub>рх</sub> (0,02 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на азот) с увеличением (до 0,03 мг/дм<sup>3</sup>) летом и осенью. Содержание аммонийного азота преимущественно находилось в пределах норматива для водных объектов рыбохозяйственного значения (0,5 мг/дм<sup>3</sup>). Превышение ПДК<sub>рх</sub> отмечено летом (в 1,8 раза) и осенью (в 1,5 раза) в придонном горизонте в 500 м ниже по течению от садковых линий.

#### *Токсикологические исследования водного объекта*

По результатам биотестирования качество воды на большинстве точек и донных отложений на всем протяжении участка оценено как нетоксичное.

Таблица 3  
Сезонное изменение содержания растворенного кислорода в воде р. Хурдун в районе размещения садковых рыбоводных хозяйств

Table 3

Seasonal variation of dissolved oxygen content along the Khurdun River

Место исследования	O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>						O <sub>2</sub> , %					
	Горизонт отбора проб											
	Поверхностный			Придонный			Поверхностный			Придонный		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
500 м выше по течению (фон)	13,0	12,8	9,1	12,5	11,9	9,2	113	156	99,6	108	136	99,2
После 1-го хозяйства	12,3	12,1	9,1	13,1	8,4	9,2	107	147	98,9	114	99	99,1
До 2-го хозяйства	12,3	12,5	9,1	12,2	9,2	9,2	108	146	99,2	106	102	99,0
После 2-го хозяйства	13,0	12,7	9,1	12,7	10,0	9,1	115	152	98,8	111	118	98,7
До 3-го хозяйства	13,1	12,6	9,1	12,5	9,7	9,8	117	155	99,4	109	113	98,6
После 3-го хозяйства	13,6	13,9	9,1	12,5	9,8	9,1	121	171	98,9	108	116	106,6
До 4-го хозяйства	12,7	13,2	9,2	12,0	9,2	9,2	113	161	98,5	107	107	99,6
После 4-го хозяйства	13,1	12,1	9,1	12,5	6,0	9,1	117	147	98,8	111	69	99,5
500 м ниже по течению	13,0	12,9	9,1	12,6	11,4	9,1	116	150	102,4	112	129	102,4
ПДК <sub>рх</sub> *	Не менее 6,0						–					

\* Приказ МСХ РФ от 13.12.2016 г. № 552 (<https://docs.cntd.ru/document/420389120>).

Таблица 4  
Сезонное изменение химического потребления кислорода в воде р. Хурдун в районе размещения садковых рыбоводных хозяйств, мгО/дм<sup>3</sup>

Table 4

Seasonal variation of chemical oxygen demand in the water of Khurdun River, mgO/L

Место исследования	Горизонт отбора проб					
	Поверхностный			Придонный		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
500 м выше по течению (фон)	21	18	16	22	28	31
После 1-го хозяйства	23	21	12	23	32	18
До 2-го хозяйства	27	21	15	27	29	20
После 2-го хозяйства	27	20	16	27	18	16
До 3-го хозяйства	23	12	13	23	26	25
После 3-го хозяйства	19	29	11	19	12	12
До 4-го хозяйства	25	25	15	23	17	32
После 4-го хозяйства	27	18	32	27	18	30
500 м ниже по течению	29	24	32	28	35	30
Норматив для поверхностных вод*	Менее 15,0					

\* СанПиН 1.2.3685-21.

Анализ видового состава биоиндикаторных бентосных организмов позволил отнести исследуемые воды к разным категориям — от «чистые воды» до «очень грязные». При этом полученные данные характеризовали воду уже до первого хозяйства (фон) как «умеренно загрязненную» (весна, осень) и «загрязненную» (лето), подтверждая литературные данные об относительно невысоком качестве природных вод Астраханской области [Карыгина и др., 2017]. Учитывая достаточно близкое расположение населенного пункта выше по течению (1,7 км), с большой долей вероятности можно утверждать, что рассматриваемый участок водотока находится в зоне антропогенного воздействия.

Что касается нагрузки на водоток со стороны рыбоводства, то отмечено ухудшение качества среды в период половодья после садковых линий относительно входящей

на хозяйства воды. Летом и осенью подобных фактов не зарегистрировано. Если сравнивать степень загрязнения водотока в конце исследуемого участка (после всех функционирующих хозяйств) относительно фоновых значений, то зарегистрировано ухудшение качества вод независимо от сезона исследований (максимально в летнюю межень) (табл. 5).

Таблица 5  
Сезонное изменение биотического индекса р. Хурдун в районе размещения садковых  
рыбоводных хозяйств, мгО/дм<sup>3</sup>

Table 5

Seasonal change of biotic index along the Khurdun River, mgO/L

Место исследования	Весна	Лето	Осень
500 м выше по течению (фон)	5	4	5
После 1-го садкового хозяйства	1	3	3
До 2-го садкового хозяйства	3	2	3
После 2-го садкового хозяйства	3	3	3
До 3-го садкового хозяйства	7	2	1
После 3-го садкового хозяйства	3	4	1
До 4-го садкового хозяйства	7	4	1
После 4-го садкового хозяйства	1	2	7
500 м ниже по течению	3	2	3

*Примечание.* Биотический индекс, характеризующий степень загрязненности воды: очень чистые — 10; чистые — 7–9; умеренно загрязненные — 5–6; загрязненные — 4; грязные — 2–3; очень грязные — 0–1 [Вудивисс, 1977].

Значительное воздействие на качество среды водного объекта весной оказывало первое хозяйство с наибольшей, среди исследованных, рыбоводной площадью, второе — в летне-осенний период, образуя застойную зону на фоне низких скоростей течения перед следующим хозяйством, расположенным на 200 м ниже по течению, и четвертое хозяйство, на противоположном берегу реки в самом конце рассматриваемого участка, — в весенне-летний период (табл. 5).

Значения анионных поверхностно-активных веществ и нефтепродуктов находились в пределах ПДК<sub>рх</sub> (соответственно 0,10 и 0,05 мг/дм<sup>3</sup>).

#### *Санитарно-микробиологические исследования водного объекта*

Санитарно-микробиологические исследования воды показали, что ОМЧ 22 °С в воде ежесезонно превышало ОМЧ 37 °С в 1,5–2,0 раза, свидетельствуя о снижении процесса самоочищения вод. Наличие фекального загрязнения вод подтверждало содержание в воде ОКБ (до 2400 КОЕ/100 см<sup>3</sup>) и НВЧ энтерококков (до 2400 КОЕ/100 см<sup>3</sup>), что превышало нормативный показатель для воды поверхностных водных объектов. В весенний период фекальное загрязнение отмечено после 1-й садковой линии, до 2-й садковой линии и после всех садковых хозяйств ниже по течению. Летом и осенью регистрировали интенсификацию фекального загрязнения (табл. 6).

Сезонные изменения значений общего микробного числа носили разнонаправленный характер. При этом во всех точках отбора различие между ОМЧ 22 и ОМЧ 37 °С было минимально, что указывает на антропогенную нагрузку на водоем. Фекальное загрязнение воды отмечали ежесезонно на различных участках водотока, направленной динамики содержания в воде ОКБ и энтерококков не определено.

В донных отложениях ОМЧ составляло 0,03–18,20 млн КОЕ/г. Численность ОКБ, в том числе *Escherichia coli* (10–1000 КОЕ/г), в совокупности с количеством энтерококков (1–100 КОЕ/г) свидетельствует о наличии фекального загрязнения донных отложений во все периоды исследований.



Таблица 6

Сезонное изменение микробиологических показателей воды р. Хурдун в районе размещения садковых рыбоводных хозяйств

Table 6

Seasonal variation of microbiological indicators along the Khurdun River

Место исследования	Горизонт отбора проб											
	Поверхностный			Придонный			Поверхностный			Придонный		
	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень	Весна	Лето	Осень
	ОМЧ 22 °С, тыс. КОЕ/мл						ОМЧ 37 °С, тыс. КОЕ/мл					
500 м выше по течению (фон)	1,34	13,0	0,68	1,06	11,0	3,56	0,10	4,0	0,84	0,05	1,0	3,06
После 1-го хозяйства	1,49	12,0	2,64	5,04	11,0	0,59	0,31	4,0	1,47	3,20	19,0	0,55
До 2-го хозяйства	2,40	2,0	0,67	5,60	23,0	7,68	0,21	1,0	0,33	1,14	13,0	2,16
После 2-го хозяйства	1,24	5,0	2,07	0,49	8,0	16,96	0,25	1,0	3,48	0,07	4,0	1,66
До 3-го хозяйства	0,25	7,0	0,56	1,20	4,0	0,45	0,13	3,0	0,53	2,44	3,0	0,35
После 3-го хозяйства	1,22	4,0	3,06	1,32	83,0	2,74	0,13	1,0	0,51	0,34	31,0	1,49
До 4-го хозяйства	1,23	4,0	1,43	1,12	16,0	3,24	0,44	4,0	0,78	0,76	11,0	3,22
После 4-го хозяйства	1,42	1,0	2,16	1,16	30,0	1,89	0,16	3,0	1,13	1,10	15,0	1,45
500 м ниже по течению	0,64	3,0	2,17	7,52	25,0	1,48	0,17	1,0	1,34	16,40	12,0	0,86
	ОКБ, КОЕ/100 см <sup>3</sup>						НВЧ, КОЕ энтерококков/100 см <sup>3</sup>					
500 м выше по течению (фон)	240	240	240	240	240	240	23	9	240	23	0	95
После 1-го хозяйства	240	240	2400	240	23	2400	23	0	23	240	19	2400
До 2-го хозяйства	240	240	95	240	23	2400	23	0	2400	23	23	2400
После 2-го хозяйства	240	23	2400	2400	2400	2400	23	0	2400	23	23	2400
До 3-го хозяйства	23	95	95	240	2400	240	0	0	2400	2400	23	95
После 3-го хозяйства	240	240	240	240	2400	2400	240	0	2400	23	0	240
До 4-го хозяйства	23	23	23	240	23	23	23	0	23	23	0	2400
После 4-го хозяйства	240	23	2400	23	240	2400	23	0	9	240	0	0
500 м ниже по течению	23	23	2400	240	2400	240	23	240	23	2400	23	0
Норматив, не более*	1000						100					

\* СанПиН 1.2.3685-21.

### Закключение

Исследуемый район р. Хурдун востребован для организации садковых рыбоводных хозяйств, где определяющими являются скорее логистические моменты, чем благоприятные условия для выращивания объектов аквакультуры.

По результатам натурных исследований выявлены такие гидрологические особенности водотока, как снижение скорости движения водных масс в течение года, значительное изменение уровня воды. Территориальная близость населенного пункта и локализации большинства РВУ в нижней трети рассматриваемого района водного объекта обуславливают относительно сильное воздействие как антропогенного характера, так и со стороны рыбоводства, снижающее качество водной среды.

Определено, что ряд параметров характеризовали ситуацию на отдельных участках исследуемого водного объекта как напряженную, особенно в период летнего прогрева воды и осенью. Ухудшение гидролого-гидрохимического режима на фоне роста температуры воды и снижения скорости течения в период летне-осенней межени является сигналом для корректировки плотности посадки и норм кормления выращиваемых объектов аквакультуры на действующих хозяйствах и обуславливает обязательные исследования в этот период на этапе планирования организации садковых рыбоводных хозяйств, включающие как минимум измерение глубины,

скорости течения водных объектов, определение химического потребления кислорода, микробиологические исследования.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Авторы выражают благодарность руководителям рыбоводных хозяйств, расположенных на р. Хурдун, — Ю.С. Поляковой, А.В. Чернову, В.В. Локтеву — за техническое сопровождение при отборе проб.

The authors are grateful to Yu.S. Polyakova, A.V. Chernov, and V.V. Loktev, the heads of fish farms located on the Khurdun River, for technical support in sampling.

### **Финансирование работы (FUNDING)**

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsor funding.

### **Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)**

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles of animal care and use have been followed. The authors state that they have no conflict of interest.

### **Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)**

Концепция исследования — О.В. Пятикопова, И.Н. Бедрицкая, С.А. Дьякова; сбор материала — Д.А. Попов, С.А. Дьякова, Р.Д. Кашин; обработка материала — О.Г. Тарасова, Е.В. Макарова, Е.В. Минакова, О.В. Жаткина; статистическая обработка — Д.А. Попов, С.А. Дьякова; написание текста — И.Н. Бедрицкая, С.А. Дьякова; редактирование статьи — О. В. Пятикопова.

Research concept — O.V. Pyatikopova, I.N. Bedritskaya, S.A. Dyakova; material collection — D.A. Popov, S.A. Dyakova, R.D. Kashin; material processing — O.G. Tarasova, E.V. Makarova, E.V. Minakova, O.V. Zhatkina; statistical processing — D.A. Popov, S.A. Dyakova; text writing and illustration — I.N. Bedritskaya, S.A. Dyakova; article editing — O.V. Pyatikopova.

### **Список литературы**

**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. — 2016. — № 1(9). — С. 21–27.

**Вудивисс Ф.С.** Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. — Л. : Гидрометеиздат, 1977. — С. 132–161.

**Вятчин В.В., Федоровых Ю.В., Владимиров В.С.** Оценка уровня воздействия садкового хозяйства на водную экосистему на примере ООО «АРК Белуга» (Астраханская область) // Новейшие генетические технологии для аквакультуры : мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. — М. : Перо, 2020. — С. 92–96. EDN: RAZUEW.

**Жадин В.И.** Пресноводные моллюски СССР : моногр. — Л. : Ленснабтехиздат, 1933. — 230 с.

**Зайцев В.Ф., Тарасова О.Г.** Оценка экологического состояния водных объектов дельты Волги по структуре донных сообществ // Юг России: экология, развитие. — 2014. — № 3. — С. 126–132.

**Карыгина Н.В., Попова О.В., Галушкина Н.В. и др.** Особенности гидрохимической и токсикологической обстановки в водотоках низовьев Волги в современный период // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования : 2-я междунар. науч.-практ. Интернет-конф. — Солёное

Займище : Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. — С. 154–158.

**Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения**, в 2 кн. / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. — М. : Наука, 2005. — 618 с.

**Магомаев Ф.М.** Товарное рыбоводство : учеб. для вузов. — Астрахань : КаспНИРХ, 2007. — 600 с.

**Насибулина Б.М.** Биоиндикация качества воды в бассейне Нижней Волги : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1995. — 20 с.

**Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России**. Т. 2 : Зообентос / под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. — М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2016. — 457 с.

**Определитель насекомых Европейской части СССР** / Б.М. Мамаев, Л.Н. Медведев, Ф.Н. Правдин. — М. : Просвещение, 1976. — 304 с.

**Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР** / Л.А. Кутикова, Я.И. Старобогатов. — Л. : Гидрометеиздат, 1977. — 512 с.

**Плавильщиков Н.Н.** Определитель насекомых. Краткий определитель наиболее обычных насекомых Европейской части Союза ССР. — М. : Учпедгиз, 1950. — 544 с.

**Поляков А.В., Конькова А.В.** Содержание молоди стерляди в садках, установленных в открытых водоемах Астраханской области // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны : мат-лы 2-й нац. науч.-практ. конф. / под ред. А.А. Васильева. — Саратов : ООО «ЦеСАин», 2017. — С. 134–141.

**Поляков А.В., Пономарёв С.В., Конькова А.В.** Гидролого-гидрохимический режим водоема как лимитирующий фактор при выращивании рыбы в садках // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2016. — № 1. — С. 70–76.

**Романова Н.Н.** Методические указания к изучению бентоса южных морей. — М. : ВНИРО, 1983. — 13 с.

**Синенко Л.Г., Гурболикова Л.Г.** Распределение и перераспределение стока воды в системе рукава Камызяк // Водные ресурсы Волги: история, настоящее и будущее, проблемы управления : мат-лы 2-й межрегион. науч.-практ. конф. — Астрахань : АИСИ, 2012. — С. 88–89.

**Шишкин Н.П., Загребина О.Н.** Результаты совершенствования технологического оборудования в волжских товарных садковых хозяйствах — РВК «Раскат» и АРК «Белуга» // Рыб. хоз-во. — 2010. — № 3. — С. 73.

## References

**Astafyeva, S.S.**, Impact of operation of cage fish-breeding complexes on a environment in the conditions of the Lower Volga, *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya*, 2016, no. 1(9), pp. 21–27.

**Woodiwiss, F.S.**, Biotic index of the Trent River. Macroinvertebrates and biological survey, in *Nauchnyye osnovy kontrolya kachestva poverkhnostnykh vod po gidrobiologicheskim pokazatelyam* (Scientific foundations of surface water quality control using hydrobiological indicators), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, pp. 132–161.

**Vyatchin, V.V., Fyodorovykh, Yu.V., and Vladimirov, V.S.**, Assessment of the impact of gardening on the aquatic ecosystem on the example of ООО«ARK Beluga» (Astrakhan region), in *Mater. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchast. "Noveyshiye geneticheskiye tekhnologii dlya akvakul'tury"* (The latest genetic technologies for aquaculture: Proc. of the All-Russian scientific-practical conf. with international particip.), Moscow: Pero, 2020, pp. 92–96. EDN: RAZUEW

**Zhadin, V.I.**, *Presnovodnyye mollyuski SSSR* (Freshwater mollusks of the USSR), Leningrad: Lensnabtekhizdat, 1933.

**Zaitcev, V.F. and Tarasova, O.G.**, Assessment of environmental state of watercourses of delta of the Volga River by the structure of bottom communities, *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2014, vol. 9, no. 3, pp. 126–132.

**Karygina, N.V., Popova, O.V., Galushkina, N.V., Lvova, O.A., Galley, E.V., Yatsun, E.V., Tarasova, O.G., and Bedritskaya, I.N.**, Features of the hydrochemical and toxicological situation in water bodies of the lower reaches of the Volga in the modern period, in *Sovremennoye ekologicheskoye sostoyaniye prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskiye aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: 2-ya mezhdunar. nauch.-prakt. internet-konf.* (Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: 2nd int. scientific and practical. Internet

conf.), Solenoye Zaymishche: Prikaspiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut aridnogo zemledeliya, 2017, pp. 154–158. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_29726915\\_48605630.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_29726915_48605630.pdf)

**Shitikov, V.K., Rosenberg, G.S., and Zinchenko, T.D.,** *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody, kriterii, resheniya* (Quantitative hydroecology: methods, criteria, solutions), in 2 books, Moscow: Nauka, 2005.

**Magomaev, F.M.,** *Tovarnoye rybovodstvo* (Commercial fish farming), Astrakhan: Kasp. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz., 2007.

**Nasibulina, B.M.,** Bioindication of water quality in the Lower Volga basin, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Moscow, 1995.

*Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Yevropeyskoy Rossii. T. 2 : Zoobentos* (Identifier of zooplankton and zoobenthos of fresh waters of European Russia. Vol. 2: Zoobenthos), Alekseev, V.R. and Tsalolikhin, S.Ya., eds, Moscow: KMK, 2016.

**Mamaev, B.M., Medvedev, L.N., and Pravdin, F.N.,** *Opredelitel' nasekomykh Yevropeyskoy chasti SSSR* (Identification of insects of the European part of the USSR), Moscow: Prosveshcheniye, 1976.

**Kutikova, L.A. and Starobogatov, Ya.I.,** *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Yevropeyskoy chasti SSSR* (Identifier of freshwater invertebrates of the European part of the USSR), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977.

**Plavil'shchikov, N.N.,** *Opredelitel' nasekomykh. Kratkiy opredelitel' naiboleye obychnykh nasekomykh Yevropeyskoy chasti Soyuzo SSR* (Insect identification guide. Brief identification guide to the most common insects of the European part of the USSR), Moscow: Uchpedgiz, 1950.

**Polyakov, A.V. and Konkova, A.V.,** Maintenance of young sterlet in cages installed in open water bodies of the Astrakhan region, in *Sostoyaniye i puti razvitiya akvakul'tury v Rossiyskoy Federatsii v svete importozameshcheniya i obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti strany : mat-ly 2-y nats. nauch.-prakt. konf.* (The state and development paths of aquaculture in the Russian Federation in light of import substitution and ensuring food security of the country: Proc. 2nd national scientific-practical conf.), Vasiliev, A.A., ed., Saratov: OOO "TseSAin", 2017, pp. 134–141.

**Polyakov, A.V., Ponomarev, S.V., and Konkova, A.V.,** Hydrological and hydrochemical regime of water body as a limiting factor in cage fish breeding, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2016, no.1, pp. 70–76.

**Romanova, H.N.,** *Metodicheskiye ukazaniya k izucheniyu bentosa yuzhnykh morey* (Methodical instructions for studying the benthos of the southern seas), Moscow: VNIRO, 1983.

**Sinenko, L.G. and Gurbolikova, L.G.,** Distribution and redistribution of water flow in the Kamyzyak branch system, in *Vodnyye resursy Volgi: istoriya, nastoyashcheye i budushcheye, problemy upravleniya : mat-ly 2-y mezhregion. nauch.-prakt. konf.* (Water resources of the Volga: history, present and future, management problems: materials of the 2nd interregional scientific and practical conference), Astrakhan: AISI, 2012, pp. 88–89.

**Shishkin, N.P. and Zagrebina, O.N.,** Results of improving technological equipment in the Volga commercial cage farms — RVC "Raskat" and ARK "Beluga", *Rybn. Khoz.*, 2010, no. 3, pp. 73.

*RD 52.24.496-2018. Metodika izmereniy temperatury, prozrachnosti i opredeleniya zapakha vody* (RD 52.24.496-2018. Method of measuring temperature, transparency and determination of the smell of water), Rostov-na Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2018.

*PND F 14.1:2:3:4.121-97. Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika vypolneniya izmereniy pH v vodakh potentsiometricheskim metodom* (PND F 14.1:2:3:4.121-97. Quantitative chemical analysis of waters. Measurement procedure pH in waters by the potentiometric method), Moscow: Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogennogo vozdeystviya, 2016.

*RD 52.24.419-2019 Massovaya kontsentratsiya rastvorennogo kisloroda v vodakh. Metodika izmereniy yodometricheskim metodom* (RD 52.24.419-2019 Mass concentration of dissolved oxygen in waters. Methodology for measurements by iodometric method). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293726/4293726785.htm>. Cited April 20.2024.

*PND F 14.1:2:3.110-97 Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii vzveshennykh veshchestv v probakh prirodnykh i stochnykh vod gravimetricheskim metodom* (PND F 14.1:2:3.110-97 Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring the mass concentration of suspended solids in samples of natural and waste water by the gravimetric method). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751544.htm>. Cited April 20.2024.

*RD 52.24.381-2017. Massovaya kontsentratsiya nitritnogo azota v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa* (RD 52.24.381-2017. Mass concentration of nitrites in waters. The method of performing measurements by the photometric method with the Griss reagent), Rostov-na-Donu: Gidrokhimicheskiy institut, 2017.



*PND F 14.1.2:3.1-95. Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii ionov ammoniya v prirodnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s reaktivom Nesslerera* (PND F 14.1.2:3.1-95. Quantitative chemical analysis of waters. Method of measuring the mass concentration of ammonium ions in natural and wastewater by photometric method with Nessler reagent), Moscow: Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogennogo vozdeystviya, 2017.

*PND F 14.1.2:3.110-97 Kolichestvennyy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii vzheshennykh veshchestv v probakh prirodnykh i stochnykh vod gravimetricheskim metodom* (PND F 14.1.2:3.110-97 Quantitative chemical analysis of water. Methodology for measuring the mass concentration of suspended solids in samples of natural and waste water by the gravimetric method). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293751/4293751544.htm>. Cited April 20.2024.

*PND F 14.1.2:4.15-95 Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii anionnykh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv v pit'yevykh, poverkhnostnykh i stochnykh vodakh ekstraktsionno-fotometricheskim metodom* (PND F 14.1.2:4.15-95 Methodology for measuring the mass concentration of anionic surfactants in drinking, surface and waste water using the extraction-photometric method). URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293808/4293808613.htm>. Cited April 20.2024.

*PND F 14.1.2:4.128-98 Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii nefteproduktov v probakh prirodnykh, pit'yevykh, stochnykh vod fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Flyoraf-02» (M 01-058-2012)* (PND F 14.1.2:4.128-98 Methodology for measuring the mass concentration of petroleum products in samples of natural, drinking, waste water using the fluorimetric method on the Fluoraf-02 liquid analyzer (M 01-058-2012)). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293770/4293770987.htm>. Cited April 20.2024.

*MUK 4.2.1884-04 Sanitarno-mikrobiologicheskii i sanitarno-parazitologicheskii analiz vody poverkhnostnykh vodnykh ob'yektov (s izm. № 1, 2, 3)* (MUK 4.2.1884-04 Sanitary-microbiological and sanitary-parasitological analysis of water in surface water bodies (with amendments No. 1, 2, 3)). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293851/4293851827.htm>. Cited April 20.2024.

*MUK 4.2.3695-21 Metody kontrolya. Biologicheskiye i mikrobiologicheskiye faktory. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya pochvy* (MUK 4.2.3695-21 Control methods. Biological and microbiological factors. Methods of microbiological control of soil). <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293737/4293737876.htm?ysclid=lj2n646rel370453027>. Cited April 20.2024.

*Prikaz Ministerstva sel'skogo khozyaystva RF ot 13.12.2016 g. № 552 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya» (s izmeneniyami i dopolneniyami)* (Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 13.12.2016 No. 552 "On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery importance" (with amendments and additions)). <https://docs.cntd.ru/document/420389120>. Cited April 20.2024.

*Prikaz Ministerstva sel'skogo khozyaystva RF ot 15 marta 2017 g. № 124 «Ob utverzhdenii Metodiki opredeleniya minimal'nogo ob'yema ob'yektov akvakul'tury, podlehashchikh razvedeniyu i (ili) soderzhaniyu, vyrashchivaniyu, a takzhe vypusku v vodnyy ob'yekt i iz'yatiyu iz vodnogo ob'yekta v graniitsakh rybovodnogo uchastka» (s izmeneniyami i dopolneniyami)* (Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of March 15, 2017 No. 124 "On approval of the Methodology for determining the minimum volume of aquaculture objects subject to breeding and (or) maintenance, cultivation, as well as release into a water body and removal from a water body within the boundaries of a fish breeding site" (with amendments and additions)). <https://docs.cntd.ru/document/420396544?ysclid=lj2po5lz2v302941454>. Cited April 20.2024.

*Поступила в редакцию 23.05.2024 г.*

*После доработки 31.07.2024 г.*

*Принята к публикации 13.09.2024 г.*

*The article was submitted 23.05.2024; approved after reviewing 31.07.2024; accepted for publication 13.09.2024*