

Водные биоресурсы и среда обитания

2020, том 3, номер 4, с. 7–24

<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru

doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_7

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment

2020, vol. 3, no. 4, pp. 7–24

<http://journal.azniirkh.ru>, www.azniirkh.ru

doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_7

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

Экологические проблемы и состояние водной среды

УДК 556.531:639.31(470.61)

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ТИПИЗАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТОВАРНОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ В ЮЖНОМ И ЮГО-ВОСТОЧНОМ РАЙОНАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2020 Т. О. Барабашин, Ю. В. Косенко, С. В. Жукова,
В. Н. Белоусов, И. В. Кораблина

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»),
Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Ростов-на-Дону 344002, Россия
E-mail: barabashin_t_o@azniirkh.ru*

Аннотация. В работе приведены материалы по разработке критериев типизации водных объектов для целей товарной аквакультуры на примере модельных водоемов Ростовской области. Было исследовано 24 водных объекта, расположенных в южном и юго-восточном районах области. Разработка критериев типизации водоемов осуществлялась на основе гидролого-гидрохимических показателей, балльная оценка которых проводилась по 4 блокам. Суммарный балл, установленный по основным гидролого-гидрохимическим параметрам, может быть использован в качестве критерия пригодности водоема для целей товарной аквакультуры. Зависимости пригодности водоема к рыборазведению по установленным балльным характеристикам от территориального расположения, среднегодового модуля стока рек или годового коэффициента увлажнения выявлено не было; лишь в зоне очень засушливого климата установлено больше непригодных водоемов. Поскольку по условиям влагообеспеченности практически все водные объекты следует отнести к водоемам с рискованным рыбоводством, количество нерекондованных или рекомендованных со значительными ограничениями водных объектов составило лишь 25 % от общего числа. Это указывает на достаточно высокий потенциал даже засушливой зоны Ростовской области для рыборазведения. Краткая гидролого-гидрохимическая характеристика каждого исследованного водного объекта может быть использована для формирования научно обоснованных рекомендаций к организации рыбоводных хозяйств в целях товарной аквакультуры.

Ключевые слова: гидрология, гидрохимия, водные объекты, типизация, товарная аквакультура, Ростовская область

HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CRITERIA FOR TYPIFICATION OF THE WATER BODIES AIMED FOR DEVELOPMENT OF COMMERCIAL AQUACULTURE IN THE SOUTHERN AND SOUTH-EASTERN PARTS OF THE ROSTOV REGION

T. O. Barabashin, Yu. V. Kosenko, S. V. Zhukova, V. N. Belousov, I. V. Korablina

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI "VNIRO"),
Azov-Black Sea Branch of the FSBSI "VNIRO" ("AzNIIRKH"), Rostov-on-Don 344002, Russia
E-mail: barabashin_t_o@azniirkh.ru*

Abstract. This paper presents materials on the development of criteria for the typification of water bodies for the purposes of commercial aquaculture on the example of model water bodies in the Rostov Region. Altogether, 24 water bodies located in the southern and south-eastern parts of the Region have been investigated. The development of criteria for the typification of water bodies has been carried out based on hydrological and hydrochemical indicators, which were scored in 4 blocks. The total score established for the main hydrological and hydrochemical parameters can be used as a criterion for a water body being suitable for the purposes of commercial aquaculture. The dependence of suitability of the water body for fish farming on its location, the average annual flow rate of rivers or the annual precipitation–evaporation ratio according to the established scores has not been revealed. However, in the zone of very arid climate, more unusable water bodies have been identified. Since, according to the conditions of water availability, almost all water bodies should be classified as the reservoirs that are insecure for fish farming, the number of water bodies not recommended or recommended with significant restrictions amounted to only 25 % of the total. This indicates a fairly high potential for fish farming even in the arid zone of the Rostov Region. A brief hydrological and hydrochemical characterization of each investigated water body can be used to develop scientifically grounded recommendations for the organization of fish farms for the purposes of commercial aquaculture.

Keywords: hydrology, hydrochemistry, water bodies, typification, commercial aquaculture, Rostov Region

ВВЕДЕНИЕ

Для ведения современного рыбного хозяйства, в т. ч. товарной аквакультуры, во внутренних водоемах России первостепенное значение имеет систематизация разнообразных сведений и разработка на основе этой информации классификации, или типизации, водоемов. Исходя из климатических и гидрологических условий, для каждого региона могут быть выделены свои факторы, ограничивающие использование тех или иных водных объектов для целей аквакультуры. При разработке классификации водоемов главной проблемой является поиск критериев и приоритетных признаков, а возможно, и набора ряда количественных и качественных показателей, которые должны лечь в основу типизации внутренних водных объектов. К таким постоянным признакам для водоемов Ростовской области могут быть отнесены гидрологические и гидрохимические характеристики, являющиеся базисными параметрами экосистем, позволяющими в последующем отнести тот или иной водный объект к определенному классу бонитета [1].

Классификация (типизация) водоемов не только необходима для правильной оценки их продуктив-

ности, но и должна стать информационным источником при составлении рыбохозяйственного кадастра водоемов Европейской части Российской Федерации. Все эти меры позволят существенно расширить перечень потенциальных водоемов, где перспективно разведение тех или иных видов рыб или объектов аквакультуры.

По мнению Ю.М. Субботиной [2], при организации управляемых рыбоводных хозяйств необходимо провести комплексное рыбохозяйственное обследование — бонитировку (сравнительную интегральную оценку производительных сил экосистемы водоема). В ходе бонитировочных исследований в первую очередь определяют гидролого-гидрохимические характеристики водоемов.

Таким образом, целью данного исследования явилось выявление гидролого-гидрохимических критериев типизации водоемов, расположенных в южном и юго-восточном районах Ростовской области, для целей товарной аквакультуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор водоемов для исследования в южном и юго-восточном районах Ростовской области был

осуществлен с использованием перечня рыбопромысловых участков в административных границах области для товарного рыбоводства и организации любительского и спортивного рыболовства. Исследования были проведены в весенний (май), летний (июль) и осенний (октябрь) периоды 2018 г. Всего было исследовано 24 типовых водоема.

При проведении исследований определялись координаты (местоположение) водного объекта и осуществлялась привязка условного уровня водоема. В целях сохранения репрезентативности данных при выполнении исследовательских работ положение станций отбора проб, определяемое по координатам, в сезонной динамике оставалось неизменным.

Гидрометеорологические исследования включали определение уровня воды, типа питания водоема, оценки режима течений, степени зарастаемости водоема, прозрачности, цвета, температуры воды, типа донных отложений. Гидрологические работы осуществлялись в соответствии с нормативными документами [3–7]. Состояние гидротехнических сооружений условно оценивалось как удовлетворительное или неудовлетворительное в зависимости от целостности и функционирования. Зарастаемость водоемов определялась визуально с помощью лазерного дальномера и оценивалась в процентах от общей площади водоема, тип питания водоемов — по литературным данным [8].

В соответствии с Пособием [9] использованы топографические карты крупного масштаба (1:10000–1:100000), в т. ч. спутниковые, размещенные на интернет-ресурсах (<http://www.etomesto.ru>). Площади водосборов рассчитывались с применением программы для построения профилей рельефа (www.geocontext.org/publ/2010/04/profiler/ru) и программной оболочки (www.mapszoom.com). Для промежуточных расчетов с целью определения классов и подклассов водоемов [10] использованы карты Приложения [9].

Для выполнения гидрологических работ использовались следующие приборы и оборудование: GPS-навигатор GPSmap-76 Cx, лазерный дальномер Telemetrix-2 LR 140C, штанга гидрометрическая ГР-56, ртутный термометр ТМ-10, зондирующий комплекс «Вектор-2», определяющий направление и скорость течения. Рабочее состояние всех приборов и оборудования подтверждено актами поверки и свидетельствами о калибровке.

Отбор проб воды и донных отложений осуществляли с надувной резиновой лодки или в прибреж-

ной зоне водоемов с глубины 40–60 см. Тип донных отложений по механическому составу определялся по преобладающему размеру слагающих фракций, которые устанавливались визуально в соответствии с РД 52.24.609-2013 [11].

Отбор, обработка, хранение и транспортировка проб воды на гидрохимический анализ выполнялись в соответствии с требованиями нижеприведенных руководящих документов, а также согласно ГОСТ 17.1.5.05-85 [12] и ГОСТ 31861-2012 [13].

Гидрохимический анализ проб воды включал определение растворенного кислорода, рН воды, концентрации в воде азота нитратного, азота нитритного, азота аммонийного, фосфатов (по фосфору), кремниевой кислоты, БПК₅, сероводорода, общей минерализации воды, общего железа [14–24]. Гидрохимические работы в полевых условиях представлены на рис. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам гидролого-гидрохимических исследований было выделено несколько основных блоков, использованных для типизации водоемов:

1 блок — гидрологический режим, включающий исследование таких параметров водоема, как гидрологическая стабильность (пересыхающий / непересыхающий), тип питания, тип донных отложений, зарастаемость, класс и подкласс водного объекта, площадь водосбора, а также близлежащая инфраструктура и состояние гидротехнических сооружений. По данным признакам водоемы подразделялись на три класса, обозначенные соответствующей балльной оценкой. Если водоем по гидрологическим характеристикам соответствовал потенциальному использованию в целях товарной аквакультуры и не был значительно удален от инфраструктуры, то ему присваивалось два балла. Если водный объект рекомендован только после проведения ряда мелиоративных мероприятий, связанных с дноуглублением и расчисткой родников, выкосом водной растительности, удалением иловых отложений, мощность которых во многих водоемах превышает 60 см, а в отдельных случаях достигает 1,0 м и более, то присваивался один балл. Если водоем не рекомендован для целей аквакультуры по гидрологическим характеристикам, а также территориальному расположению, то он по этим критериям оценивался в 0 баллов.

Блоки 2–4 включали анализ гидрохимического режима исследуемого водного объекта.



Рис. 1. Проведение гидрохимических работ в полевых условиях

Fig. 1. Hydrochemical work in the field

2 блок — уровень общей минерализации воды как важнейший показатель, лимитирующий жизнедеятельность промысловых видов рыб (и других гидробионтов). В случае если показатель общей минерализации воды на водном объекте не превышал 6000 мг/дм^3 , оценочный балл соответствовал двум баллам — в данном случае возможно выращивание ценных промысловых пресноводных видов рыб. При минерализации воды от 6000 до 12000 мг/дм^3 , когда возможно выращивание полупроходных рыб, устойчивых к повышенной солености, оценочный балл соответствовал 1,3. Если минерализация воды в водоеме установлена в пределах 12000 – 36000 мг/дм^3 , когда возможно выращивание эвригаллиных проходных и солоноватоводных видов рыб, то оценка составляла 0,7 баллов. При минерализации свыше 36000 мг/дм^3 оценочный балл соответствовал 0.

3 блок — кислородный режим и факторы, влияющие на него или зависящие от него: непосредственно растворенный в воде кислород, уровень рН воды, концентрация в воде сероводорода и уровень биохимического потребления кислорода. В том случае, если кислородный режим был благоприятным (концентрация кислорода не снижалась ниже ПДК_{р/х}), уровень рН соответствовал ПДК_{р/х}, сероводород не был обнаружен и показатель БПК₅ не свидетельствовал о выраженном загрязнении акватории легкоокисляемыми органическими веществами (не превышал $8,0 \text{ мг/дм}^3$) [25], условно выставилось два балла. Когда фиксировалось отклонение какого-либо показателя от данных критериев (например, защелачивание воды или повышенный

уровень БПК₅), но критических условий для жизнедеятельности водных биоресурсов не было установлено, выставлялось 1,3 балла. Когда складывались неблагоприятные условия для существования водных биологических ресурсов, способные вызвать их скорую гибель, оценка соответствовала 0,7 баллам. В случае если кислородный режим был неудовлетворительным и приводящим к массовой гибели водных биологических ресурсов, данному водоему выставлялось 0 баллов по третьему блоку.

4 блок — содержание в воде биогенных элементов: азот аммонийный, нитритный, нитратный, фосфаты, кремнекислота, общее железо. Если на исследуемом водоеме концентрации биогенных веществ не превышали ПДК_{р/х} и не лимитировали развитие фитопланктона, присваивалось два балла. В том случае, когда была установлена лимитирующая фотосинтез фитопланктона концентрация биогенного вещества или выявлено незначительное превышение ПДК_{р/х} по одному показателю, выставилось 1,3 балла. Если на водоеме было установлено превышение ПДК_{р/х} нескольких биогенных элементов, присваивалось 0,7 баллов. Когда концентрации биогенных веществ оказывали негативное влияние на жизнедеятельность водных биологических ресурсов, количество баллов по данному блоку было равно нулю.

Для общей оценки по гидрохимическим характеристикам использовались минимальные значения полученных баллов в разные сезоны года (весна, лето, осень).

Согласно представленной балльной характеристике, максимальный балл по гидрохимическим

показателям составлял 2, по гидрохимическим — 6. Предложенный относительно низкий вклад гидрологических параметров в общую сумму баллов обусловлен тем, что исправить ограничения, связанные с гидрологическим режимом, значительно проще, чем повлиять на гидрохимический состав воды. В частности, теоретически и практически возможно провести очистку дна от илистых отложений, дноуглубление, расчистку родников, впадающих в водоем, выкос избыточного количества растительности, биологическую мелиорацию водоема и пр. При этом повлиять на солевой режим, в частности показатель общей минерализации воды, практически невозможно. Недостаток в воде биогенных веществ можно откорректировать внесением удобрений, но при этом их избыток в водоеме корректируется гораздо сложнее, например, ограничением кормления рыб, снижением рН (при избытке аммония), усилением аэрации и водообмена (при избытке нитритов), отстаиванием или даже фильтрацией воды источника или осаждением взвеси (при избытке общего железа). Избыток нитратов, фосфатов и органическое загрязнение воды устранить при выращивании рыбы в условиях аквакультуры практически невозможно [25].

Результаты балльной оценки каждого водоема по вышеперечисленным блокам представлены в таблице. При проведении данной оценки по гидролого-гидрохимическим характеристикам было выделено 4 группы водоемов:

- 1 группа — рекомендованные к рыборазведению (средняя оценка от 7,0 до 8,0 баллов);
- 2 группа — рекомендованные к рыборазведению с определенными ограничениями (средняя оценка 5,2–6,9 баллов);
- 3 группа — рекомендованные к рыборазведению со значительными ограничениями (средняя оценка 4,3–5,1 баллов).
- 4 группа — не рекомендованные к рыборазведению (менее 4,2 балла).

Как следует из полученных данных, из 24 обследованных водоемов рекомендованы к товарному выращиванию рыбы по гидролого-гидрохимическим параметрам пять водных объектов. К ним относятся:

- 1) р. Кара-Сал, х. Шебалин, Заветинский район;
- 2) вдхр. Тихолиманское, б. Кереста, 7 км севернее пос. Тихий лиман Ремонтненского района;
- 3) р. Рассыпная, с. Рассыпное Песчанокопского района. Границы минерализации в данном водоеме

(от 6000 до 12000 мг/дм³) позволяют выращивать эвригалинные полупроходные виды рыб;

4) пруд Ткачев (Полячанский), х. Камышеваха, бассейн р. Кагальник, Кагальницкий район;

5) оз. Песчаный лиман, Багаевский район.

Следует отметить, что, за исключением р. Рассыпная, вышеперечисленные водоемы пригодны для разведения и выращивания ценных промысловых пресноводных видов рыб.

С ограничениями по гидролого-гидрохимическим характеристикам рекомендованы к выращиванию рыбы 13 нижеперечисленных водоемов:

1) пруд Чиганак, х. Новоиловиновский Заветинского района. На данном водоеме отмечено превышение ПДК_{р/х} фосфатов в диапазоне 0,296–0,717 мг/дм³ на протяжении всего периода мониторинга. Следует отметить, что избыток фосфатов вызывает гипертрофикацию водоема. Согласно гидрологическим исследованиям, данный пруд имеет тенденцию к обмелению в условиях полусухого климата с периодичностью 1 раз в 3–4 года;

2) б. Яблочная, 3 км от х. Яблочный Дубовского района. В балке Яблочной наблюдали защелачивание воды, которое в летний период при повышенной концентрации аммония может приводить к аммиачному отравлению рыб. Кроме того, в весенний и летний периоды в данном водоеме отмечена сниженная концентрация кремниевой кислоты (<0,50 мг/дм³), которая может лимитировать развитие диатомовых водорослей [26];

3) пруд на р. Ерик, х. Ериковский Дубовского района. На данном водоеме наблюдали недонасыщение воды кислородом в весенний период года (81 % насыщения) при выраженном пересыщении (175 %) и защелачивании воды (рН 8,99) в летнее время. Кроме того, в весенний и летний периоды было зафиксировано превышение ПДК_{р/х} фосфатов (0,200–0,322 мг/дм³). В летний период наблюдали наличие в воде сероводорода (2,6 мкг/дм³). Для данного пруда также характерно обмеление в межень; падение уровня воды в течение года составило 1,40 м при глубине 2,80 м;

4) б. Камышевская, х. Камышовка Орловского района. В весенний и летний периоды в б. Камышевская было отмечено превышение ПДК_{р/х} нитритного азота (0,022–0,053 мг/дм³), что может свидетельствовать о недавнем загрязнении воды. Кроме того, в осенний период года отмечена сниженная концентрация кремниевой кислоты (<0,50 мг/дм³). Уровень общей минерализации воды позволяет выращивать полупроходные виды рыб;

Комплексная оценка пригодности водоемов по гидролого-гидрохимическим показателям для товарной аквакультуры
 Comprehensive assessment of suitability of water bodies for commercial aquaculture based on hydrological and hydrochemical indicators

№ No.	Наименование водоема и место расположения Name of the water body and its location	Административный район исследования Investigated administrative unit	1 блок 1 st block	2 блок 2 nd block	3 блок 3 rd block	4 блок 4 th block	Гидрохимия, сумма Hydro-chemistry, sum	Общий балл Total score	Рекомендации к товарному выращиванию Recommendations for commercial aquaculture
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	пруд Чиганак, х. Новоиллиновский (малый) pond Chiganak, khutor Novoilinovskiy (maly)	Заветинский Zavetinsky District	1	2 (2; 2; 2)	1,3 (2; 2; 1,3)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	4,6	5,6	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
2	р. Кара-Сал, х. Шибалин Kara-Sal River, khutor Shebalin	Заветинский Zavetinsky District	2	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 2; 1,3)	5,3	7,3	рекомендовано recommended
3	б. Яблочная, 3 км от х. Яблочный Yablochnaya Ravine, 3 km from khutor Yablochny	Дубовский Dubovsky District	2	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	4,6	6,6	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
4	пруд на р. Ерик х. Ериковский pond at the Yerik River, khutor Yernikovskiy	Дубовский Dubovsky District	1	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 2)	4,6	5,6	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
5	р. Большой Гашун, 10 км севернее пос. Байков Bol'shoi Gashun River, 10 km to the north of Baykov Settlement	Зимовниковский Zimovnikovskiy District	0	0 (0; 7; 0; 0)	1,3 (2; 1,3; 1,3)	1,3 (2; 1,3; 1,3)	2,6	2,6	не рекомендовано not recommended

Таблица (продолжение)
Table (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	вдхр. Тихолиманское б. Кереста Tikholimanskoje Reservoir, Keresta Ravine	Ремонтненский Remontnensky District	2	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 2; 1,3)	5,3	7,3	рекомендовано recommended
7	б. Камышеватая, х. Камышовка Камыshevataya Ravine, khutor Kamushovka	Орловский Orlovsky District	2	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	4,6	6,6	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
8	б. Двойная, вдхр. «Разумейкинское» 2,5 км южнее х. Луганский Dvoynaya Ravine, "Razumejkinskoje" Reservoir 2.5 km to the south of khutor Luganskiy	Орловский Orlovsky District	1	0,7 (0,7; 0,7; 0,7)	1,3 (2; 1,3; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	3,3	4,3	рекомендовано со значительными ограничениями recommended with significant restrictions
9	б. Мокрая Ельмута, 12 км северо-западнее г. Пролетарск Mokraja Yel'muta Ravine, 12 km to the north-west of Proletarsk	Пролетарский Proletarsky District	0	2 (2; 2; 2)	1,3 (2; 2; 1,3)	0,7 (1,3; 2; 0,7)	4,0	4,0	не рекомендовано not recommended
10	р. Рассыпная, с. Рассыпное Rassypnaya River, Rassypnoje Settlement	Песчанокопский Peschanokopsky District	2	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	5,3	7,3	рекомендовано recommended
11	балочный пруд с. Жуковское	Песчанокопский	1	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 2; 1,3)	4,6	5,6	рекомендовано с ограничениями

Таблица (продолжение)
Table (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	гавиное прудное хозяйство вблизи пос. Жуковское	Peschanokopsky District	1	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 2; 1,3)	4,6	5,6	recommended with some restrictions
12	вдхр. на р. Юла, с. Супрун, 17,5 км от устья	Сальский Salsky District	1	0 (0,7; 0,7; 0)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	1,3 (2; 1,3; 1,3)	3,3	4,3	не рекомендовано not recommended
13	пруд пос. Вороново	Целинский Tselinsky District	2	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	1,3 (2; 1,3; 2)	1,3 (1,3; 2; 1,3)	3,9	5,9	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
14	пруд р. Средний Егорлык, ст. Сладкая Балка	Целинский Tselinsky District	2	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	1,3 (2; 1,3; 1,3)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	3,9	5,9	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
15	пруд «Воробьячка», ст. Егорлыкская	Егорлыкский Yegorlyksky District	1	2 (2; 2; 2)	1,3 (2; 1,3; 2)	2 (2; 2; 2)	5,3	6,3	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
16	русловый пруд р. Кавалерка, х. Кавалерский	Егорлыкский Yegorlyksky District	1	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	1,3 (2; 1,3; 2)	5,3	6,3	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions

Таблица (продолжение)
Table (continued)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	русловой пруд р. Средний Эльбүзд пос. Крайний channel pond at the Sredniy El'buzzd River, Krayniy Settlement	Зерноградский Zernogradsky District	1	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	5,3	6,3	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
18	пруд на р. Малый Эльбүзд, 7 км западнее х. Рево- люционный pond at the Maly El'buzzd River, 7 km to the west of khutor Revolyutsionny	Зерноградский Zernogradsky District	1	1,3 (2; 1,3; 1,3)	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 1,3)	4,6	5,6	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
19	пруд Ткачев («Полянский»), х. Камышеваха pond Tkachev (“Polyachanskiy”), khutor Kamyshvakha	Кагальницкий Kagalnitsky District	1	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	6,0	7,0	рекомендовано recommended
20	пруд пос. Средний Маныч pond at the Sredniy Manych Settlement	Веселовский Vesolovsky District	1	2 (2; 2; 2)	2 (2; 2; 2)	1,3 (2; 2; 1,3)	5,3	6,3	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions
21	оз. Кирсановское, пойма р. Сал х. Кирсановка Kirsanovskoe Lake, floodplain of the Sal River, khutor Kirsanovka	Мартыновский Martynovsky District	1	2 (2; 2; 2)	1,3 (2; 1,3; 2)	2 (2; 2; 2)	5,3	6,3	рекомендовано с ограничениями recommended with some restrictions

Таблица (продолжение)
Table (finished)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	оз. Воинское Voinskoe Lake	Константиновский Konstantinovsky District	1	2 (2; 2; 2)	0 (0,7; 0; 0)	0,7 (1,3; 1,3; 0,7)	2,7	3,7	не рекомендовано not recommended
23	оз. Ильмень Imen Lake	Семикаракорский Semikarakorsky District	1	2 (2; 2; 2)	0 (0,7; 0; 0)	0,7 (1,3; 0,7; 0,7)	2,7	3,7	не рекомендовано not recommended
24	оз. Песчаный лиман Peschany Liman Lake	Багаевский Bagayevsky District	2	2 (2; 2; 2)	1,3 (1,3; 1,3; 2)	2 (2; 2; 2)	5,3	7,3	рекомендовано recommended

Примечание: в скобках указан балльный коэффициент в разные сезоны года (весна, лето, осень)
Note: score index for different seasons (spring, summer, autumn) is given in brackets

5) балочный пруд с. Жуковского, р. Б. Гок, 24,5 км от устья, Песчанокопский район. В данном водоеме установлено ограничение по минерализации воды — выращивание только полупроходных видов рыб. Кроме того, в весенний и осенний периоды отмечена сниженная концентрация кремниевой кислоты ($<0,50$ мг/дм³), а также незначительное загрязнение минеральными фосфорсодержащими веществами ($0,269$ мг/дм³) в осеннее время года. Высокая заиленность дна и мелководность в межень данного водного объекта являются ограничительными критериями по гидрологическим характеристикам;

6) пруд пос. Вороново Целинского района. В данном водоеме также установлено ограничение по минерализации воды — возможно выращивание полупроходных видов рыб. В весенний и осенний периоды отмечено загрязнение воды нитритами ($0,039$ – $0,256$ мг/дм³), в летний период — высокий уровень расходования кислорода на микробиологическое окисление органических веществ ($20,8$ мг/дм³);

7) пруд р. Средний Егорлык, ст. Сладкая Балка Целинского района. Ограничение по минерализации воды дает возможность выращивания полупроходных видов рыб. В весенний период года отмечено истощение концентрации аммонийного азота и фосфатов ($<0,010$ мг/дм³). В летнее время года, наоборот, концентрация фосфатов превышала ПДК_{р/х} ($0,325$ мг/дм³), также наблюдалась сниженная концентрация растворенного в воде кислорода (нижний уровень ПДК_{р/х}) вследствие повышенного расходования кислорода на биохимическое окисление органических веществ (БПК₅ $12,2$ мг/дм³). В осенний период года сохранилась тенденция повышенного уровня биохимического потребления кислорода ($8,8$ мг/дм³), и, как следствие, было выявлено загрязнение воды общими формами железа ($4,220$ мг/дм³);

8) пруд «Воробьячка», ст. Егорлыкская Егорлыкского района. В данном водном объекте гидрохимическая характеристика воды соответствовала благоприятным показателям (при несколько повышенном уровне БПК₅ в летний период года), однако по гидрологическим критериям следует отметить ограничение рыбоводства, связанное с высокой заиленностью дна и значительным падением уровня воды в осеннее время года;

9) русловой пруд р. Кавалерка, х. Кавалерский Егорлыкского района. Значительных ограничений

по гидрохимическим показателям в данном водоеме не отмечено, за исключением факта повышенного содержания в воде фосфатов (на верхней границе ПДК_{р/х}) в летний период. При этом по гидрологическим параметрам следует указать на значительное снижение уровня воды в течение года, высокий уровень зарастаемости (40 % от общей площади водоема) и выраженное заиление дна;

10) русловой пруд р. Средний Эльбузд, пос. Крайний Зерноградского района. В данном водоеме отмечено ограничение по общей минерализации воды; гидрологическая характеристика сходна с русловым прудом р. Кавалерка при значительно менее выраженном зарастании (10 % от общей площади водоема);

11) пруд на р. Малый Эльбузд, в 7 км западнее х. Революционный Зерноградского района. В данном водоеме в весенний и осенний периоды года отмечалось истощение фосфатов ($<0,010$ мг/дм³). В летнее время года наблюдали истощение минеральных форм азота и недонасыщение воды кислородом (95 % насыщения), возможно, вследствие недостатка биогенного питания для развития и фотосинтеза фитопланктона. Другими важными факторами ограничения рыбоводства являются труднодоступность данного водного объекта, заиление дна и обмеление в межень;

12) пруд пос. Средний Маныч, р. Маныч, Веселовский район. В данном водоеме отмечено отсутствие ограничений по гидрохимическим параметрам (зафиксировано незначительное превышение рекомендуемого для целей аквакультуры содержания общего железа в воде осенью), но установлены его обмеление в осенний период года и заиленность дна;

13) оз. Кирсановское, пойма р. Сал, х. Кирсановка Мартыновского района. Ограничения по гидрохимическим показателям в данном озере обусловлены высоким уровнем биохимического потребления кислорода ($34,8$ мг/дм³) в летний период. По гидрологическим параметрам следует отметить высокую степень зарастаемости водоема (40 % от общей площади) и заиление дна.

Может быть рекомендован к выращиванию водных биоресурсов со значительными ограничениями один водный объект: вдхр. «Разумейкинское», 2,5 км южнее х. Луганский Орловского района. Показатель общей минерализации воды в б. Двойная Разумейкинского водохранилища за период мониторинга 2018 г. варьировал от 18128 до

25436 мг/дм³, что дает возможность выращивания эвригалинных проходных, а также солоноватоводных (полосатый и морской окуни, бычки) видов рыб. Отмечено также истощение кремниевой кислоты, наиболее выраженное в весенний период года. В летний период установлено наличие в воде токсичного сероводорода в концентрации, равной 19 мкг/дм³. Данный водоем также характеризовался значительным заилением дна, мелководностью (максимальная глубина 1,9 м), а также снижением уровня воды на 0,89 м от весны к осени.

Не рекомендованы к рыборазведению 5 водных объектов:

1) пруд Б. Гашун, 10 км севернее х. Байков Зимовниковского района. Данный водоем отличался уникальными гидрохимическими особенностями, связанными с высоким уровнем общей минерализации воды, которая неуклонно увеличивалась от 16592 мг/дм³ в весенний период мониторинга до 73168 мг/дм³ — в осенний. Столь высокое значение общего соледержания в воде дает возможность выращивать только цисты артемий, однако выраженная заиленность дна, мелководность (максимальная глубина 1 м) и обмеление данной реки в осенний период года полностью исключают какое-либо товарное выращивание водных биологических ресурсов;

2) б. Мокрая Ельмута, 12 км северо-западнее г. Пролетарск Пролетарского района. В весенний период года в данном водоеме была отмечена повышенная концентрация в воде фосфатов (0,278 мг/дм³), в осенний период — недостаток кремниевой кислоты, загрязнение воды легкоокисляемыми органическими веществами (БПК₅ 10,2 мг/дм³) и, как следствие, высокое содержание общего железа (10,300 мг/дм³). Основные ограничения рыбоводства в б. Мокрая Ельмута связаны с гидрологическим режимом, который характеризуется высокой заиленностью дна, мелководностью водоема (максимальная глубина 1,2 м) и его пересыханием в условиях засушливого степного климата (падение уровня воды на 0,95 м от весны к осени);

3) вдхр. на р. Юла, 17,5 км от устья, с. Супрун Сальского района. Уровень общего соледержания варьировал в диапазоне 17760–48128 мг/дм³. Данное значение общей минерализации воды может стать губительным даже при выращивании проходных и солоноватоводных видов рыб, но теоретически может быть пригоден для выращивания цист

артемий. Кроме того, следует учитывать, что на протяжении всего периода мониторинга отмечался высокий уровень биохимического потребления кислорода в воде (9,8–26,4 мг/дм³). В весенний период года в данном водном объекте зафиксировано чрезмерное пересыщение кислородом (210 % насыщения) и защелачивание воды (рН 8,60). По биогенным элементам в летний период установлено загрязнение фосфатами (0,206 мг/дм³), в осенний — повышенный уровень общего железа в воде (4,490 мг/дм³). Неустойчивый гидрохимический режим сочетался с неблагоприятными гидрологическими характеристиками: выраженной заиленностью донных отложений и обмелением в динамике года (падение уровня воды от весны к осени на 1,28 м при глубине 1,50 м);

4) оз. Воинское, р. Черная Константиновского района. Характерной особенностью данного озера явился выраженный дефицит кислорода, концентрация которого варьировала от 2,5 до 4,5 мг/дм³, что значительно ниже ПДК_{р/х}. При этом загрязнение воды легкоокисляемыми органическими веществами не установлено, превышение ПДК_{р/х} биогенных элементов не выявлено. Возможно, причиной низкого содержания кислорода в воде явилось не повышенное его расходование на окислительные процессы, а сниженный уровень фотосинтетической активности фитопланктона и, как следствие, недонасыщение воды кислородом. При этом отмечено зарастание озера на 85 % от общей площади высшей водной растительностью (тростником), а также покрытие водного зеркала ряской, что и определяло сниженную адсорбцию кислорода из атмосферы и низкий уровень развития фитопланктона — первого важнейшего звена трофической цепи водной экосистемы;

5) оз. Ильмень, Семикаракорский район. Данный водоем характеризовался неблагоприятным кислородным режимом, наиболее выраженным в летний и осенний периоды мониторинга, когда концентрация растворенного в воде кислорода не превышала 3,5 мг/дм³. В летнее время года отмечено загрязнение воды фосфатами с кратностью ПДК_{р/х} 1,6, что свидетельствует об эвтрофикации водного объекта. Вследствие неблагоприятного кислородного режима зафиксировано наличие в воде токсичного сероводорода (7,1 мкг/дм³). По гидрологическим характеристикам ограничения по рыбоводству в данном озере обусловлены падением уровня воды от весны к осени на 1,04 м при максимальной глубине 1,6 м.

Таким образом, на южной и юго-восточной территории Ростовской области среди исследуемых водных объектов рекомендовано к рыборазведению по гидролого-гидрохимическим параметрам 21 % водоемов, с ограничениями — 54 %, со значительными ограничениями — 4 % и не рекомендовано

— 21 %. Территориальное расположение исследуемых водных объектов и их ранжирование по пригодности для целей аквакультуры представлены на рис. 2.

Анализ зависимости пригодности водоема к рыборазведению по вышеуказанным балльным



Рис. 2. Картирование исследованных водных объектов и их ранжирование по пригодности к товарному выращиванию рыб

Fig. 2. Mapping of the investigated water bodies and their ranking by suitability for commercial fish farming

Условные обозначения:

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|--|
| | рекомендованы | | рекомендованы со значительными ограничениями |
| | рекомендованы с ограничениями | | не рекомендованы |

номер водоема соответствует табл. 1

■■■ — граница Ростовской области; границы зон увлажнения: — полусухая зона ($KY < 0,33$); — очень засушливая ($KY = 0,33-0,44$) и засушливая зоны ($KY = 0,45-0,55$); — слабозасушливая зона ($KY > 0,55$)

Legend:

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|---|
| | recommended | | recommended with significant restrictions |
| | recommended with restrictions | | not recommended |

number of the water body as specified in Table 1

■■■ — border of the Rostov Region; borders of precipitation areas: — semi-arid zone (precipitation–evaporation ratio < 0.33); — very arid (precipitation–evaporation ratio = $0.33-0.44$) and arid (precipitation–evaporation ratio = $0.45-0.55$) zones; — low-arid zone (precipitation–evaporation ratio > 0.55)

характеристикам от территориального расположения, среднегодового модуля стока рек или годового коэффициента увлажнения (КУ) показал отсутствие достоверных корреляционных взаимосвязей. При этом следует указать, что при низком КУ, соответствующем полусухому климату и составляющем $<0,33$ (условно обозначен на рис. 3 по оси X под номером 1), был исследован один водный объект (вдхр. Тихолиманское Ремонтненского района), на котором ограничения к рыборазведению не установлены (рис. 3). Особенностью исследованного водного объекта явилась высокая водосборная площадь (в кв. км): соотношение площади водосбора к площади водоема составляло более 2600, что обеспечивало достаточное поступление воды и устойчивость данного водоема к пересыханию.

В условиях очень засушливого климата при КУ $0,33-0,44$ (условно обозначен на рис. 3 по оси X под номером 2) вариабельность разброса балльных характеристик по гидролого-гидрохимическим критериям была наиболее высокой — от 2,6 до 7,3 баллов. Из 11 исследованных водоемов в данной зоне четыре водных объекта были не рекомендованы к товарному выращиванию водных биоресурсов, а один — рекомендован со значительными ограничениями. При КУ $0,45-0,55$ (условно обозначен на рис. 3 по оси X под номером 3) в условиях засушливого климата практически все исследуемые водные объекты были рекомендованы к товарному выращиванию рыбы или рекомендованы с ограничениями. Только один водоем (вдхр. на р. Юла) был

не рекомендован к рыборазведению. В условиях слабозасушливого климата при КУ $0,55-0,70$ (условно обозначен на рис. 3 по оси X под номером 4) был исследован один водоем — пруд Полячанский Кагальницкого района, который также был рекомендован к рыбоводству.

Следует отметить, что после изучения материалов по всей территории Ростовской области, где проводятся дальнейшие исследования, вполне возможно выделение районов и зон с различной степенью потенциала использования водных объектов для аквакультуры, исходя из проанализированных данных.

Таким образом, несмотря на то, что практически все водные объекты по условиям влагообеспеченности следует отнести к водоемам с рискованным рыбоводством, количество нерекондованных или рекомендованных со значительными ограничениями водных объектов составило лишь 25 % от общего числа. Это указывает на высокий потенциал даже засушливой зоны Ростовской области для рыборазведения.

ВЫВОДЫ

1. Разработана балльная шкала оценок водоемов по четырем блокам на основе гидрологических и гидрохимических параметров. Общий балл, установленный по предложенной блочной оценке, позволяет определить пригодность водных объектов для целей товарной аквакультуры.
2. Проведенная оценка водных объектов по гидролого-гидрохимическим критериям позволила рекомендовать для рыборазведения 21 % водоемов, с ограничениями — 54 %, со значительными ограничениями — 4 %, а также 21 % — не использовать для аквакультуры.
3. Все исследованные водные объекты по условиям влагообеспеченности следует отнести к водоемам с рискованным рыбоводством. Зависимость пригодности водоема к рыборазведению по вышеуказанным балльным характеристикам от территориального расположения, среднегодового модуля стока рек или годового коэффициента увлажнения выявлена не была; лишь в зоне очень засушливого климата установлено больше непригодных водоемов. Это указывает на высокий потенциал даже засушливой зоны Ростовской области для товарной аквакультуры.

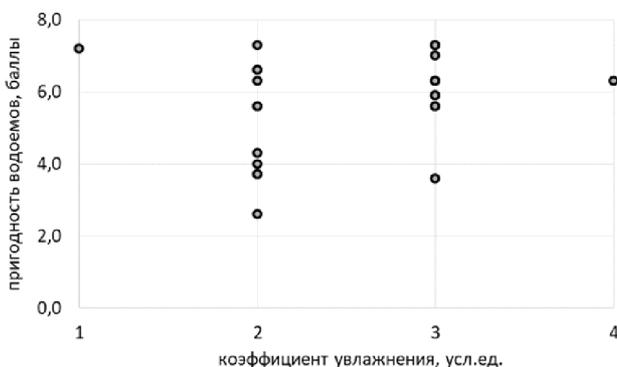


Рис. 3. Взаимосвязь балльной характеристики водоемов и среднегодового коэффициента увлажнения

Fig. 3. Relationship between the scores of the water bodies and the average annual precipitation–evaporation ratio

4. Краткая гидролого-гидрохимическая характеристика каждого исследованного водного объекта может быть использована для формирования научно обоснованных рекомендаций к организации рыбоводных хозяйств в целях товарной аквакультуры.
5. Дальнейшие исследования водоемов на остальной части Ростовской области по указанным критериям могут позволить провести районирование всей территории с указанием групп их пригодности для целей товарной аквакультуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жукова С.В., Подмарева Т.В., Бурлачко Д.С., Фоменко И.Ф., Лутынская Л.А., Барабашин Т.О. Гидрологические критерии типизации водных объектов Ростовской области для целей товарной аквакультуры // Интеграция науки и высшего образования, как основа инновационного развития аграрного производства : матер. Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием (г. Ярославль, 18–20 июня 2019 г.). Ярославль: Изд-во Ярославского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства, Канцлер, 2019. С. 56–58.
2. Субботина Ю.М. Унифицированная классификация водоемов комплексного назначения // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2009. № 5. С. 109–123.
3. Методические указания по принципам организации системы наблюдений и контроля за качеством воды водоемов и водотоков на сети Госкомгидромета в рамках ОГСНК / Под ред. Т.С. Шмидта. Л.: Гидрометеоздат, 1994. 40 с.
4. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне : сб. науч.-метод. работ / Под ред. С.П. Воловика, И.Г. Корпаковой. Краснодар: Изд-во АЗНИИРХ, Просвещение-Юг, 2005. 351 с.
5. РД 52.24.497-2019 Цветность природных вод. Методика измерений фотометрическим и визуальными методами / Сост. Ю.А. Андреев, И.А. Рязанцева, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2020. 20 с.
6. РД 52.24.309-2016 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши / Сост. Н.П. Матвеева, Л.И. Минина, Л.С. Косменко, Т.А. Хоружая, А.А. Назарова, Л.Г. Коротова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2016. 100 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Донской район / Под ред. М.С. Протасьева. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 460 с.
8. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом / Под ред. Л.А. Чепелкина. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 93 с.
9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / Под ред. А.В. Рождественского, А.Г. Лобановой. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 448 с.
10. Подмарева Т.И., Жукова С.В. Типизация водоемов Ростовской области для целей товарной аквакультуры (по результатам комплексных исследований, проведенных в 2018–2020 гг.) // Диалог на Волге : матер. Междунар. науч. форума (г. Волгоград, 29–30 октября 2020 г.). Волгоград: Изд-во Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. С. 427–431.
11. РД 52.24.609-2013 Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов / Сост. Т.А. Хоружая, А.А. Назарова, Л.И. Минина. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2013. 39 с.
12. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М.: Издательство стандартов, 1985. 15 с.
13. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Издательство стандартов, 2012. 35 с.
14. РД 52.24.419-2019 Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом / Сост. Ю.А. Андреев, Е.С. Килейнова, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2019. 28 с.
15. РД 52.24.495-2017 Водородный показатель вод. Методика измерений потенциометрическим методом / Сост. Ю.А. Андреев, О.А. Михайленко, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2017. 11 с.
16. РД 52.24.523-2009 Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с сульфаниламидом и N-(1-нафтил)этилендиамина дигидрохлоридом после восстановления в кадмиевом редуторе / Сост. Л.В. Боева, Ю.А. Андреев, О.В. Болотова, В.А. Волненко. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2009. 30 с.
17. РД 52.24.518-2008 Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с сульфаниламидом и N-(1-нафтил)этилендиамина дигидрохлоридом / Сост. Л.В. Боева, Ю.А. Андреев. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2008. 25 с.
18. РД 52.24.383-2018 Массовая концентрация аммонийного азота в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего / Сост. Ю.А. Андреев, Н.С. Тамбиева, В.Е. Котова.

- Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2018. 39 с.
19. РД 52.24.382-2019 Массовая концентрация фосфатного фосфора в водах. Методика измерений фотометрическим методом / Сост. Ю.А. Андреев, Е.С. Килейнова, И.А. Рязанцева, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2019. 24 с.
 20. РД 52.24.433-2018 Массовая концентрация кремния в водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде желтой формы молибдокремниевой кислоты / Сост. Ю.А. Андреев, Е.С. Килейнова, Т.С. Евдокимова, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2018. 23 с.
 21. РД 52.24.420-2019 Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим и амперометрическим методами / Сост. Ю.А. Андреев, Е.С. Килейнова, Т.С. Евдокимова, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2020. 28 с.
 22. РД 52.24.450-2010 Массовая концентрация сероводорода и сульфидов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с N,N-диметил-*n*-фенилендиамином / Сост. Л.В. Боева, Н.С. Тамбиева, М.Л. Ворона. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2010. 41 с.
 23. РД 52.24.468-2019 Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом / Сост. Ю.А. Андреев, Н.С. Тамбиева, В.Е. Котова, А.А. Назарова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2019. 24 с.
 24. РД 52.24.358-2019 Массовая концентрация железа общего и железа валового в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с 1,10-фенантролином / Сост. Ю.А. Андреев, Т.С. Евдокимова. Ростов-н/Д.: Росгидромет, изд-во Гидрохимического института, 2019. 13 с.
 25. Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 342 с.
 26. Ланская Л.А. Темп и условия деления морских планктонных водорослей в культурах // Первичная продукция морей и внутренних вод / Под ред. Г.Г. Винберга. Минск: Изд-во Министерства высшего, среднего специального и профессионального образования БССР, 1961. С. 328–333.
- aquaculture]. In: *Integratsiya nauki i vysshego obrazovaniya, kak osnova innovatsionnogo razvitiya agrarnogo proizvodstva : materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (g. Yaroslavl', 18–20 iyunya 2019 g.)* [Integration of science and higher education as the basis for the innovative development of agricultural production. Proceedings of the All-Russian Research and Practice Conference with International Participation (Yaroslavl, 18–20 June, 2019)]. Yaroslavl: Yaroslavskiy nauchno-issledovatel'skiy institut zhivotnovodstva i kormoproizvodstva [Yaroslavl Scientific Research Institute of Livestock Breeding and Forage Production] Publ., Kantsler [Chancellor], 2019, pp. 56–58. (In Russian).
2. Subbotina Yu.M. Unifitsirovannaya klassifikatsiya vodoemov kompleksnogo naznacheniya [Unified classification of multi-purpose water bodies]. *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo sotsial'nogo universiteta* [Scientific Notes of the Russian State Social University], 2009, no. 5, pp. 109–123. (In Russian).
 3. Metodicheskie ukazaniya po printsipam organizatsii sistemy nablyudeniya i kontrolya za kachestvom vody vodoemov i vodotokov na seti Goskomgidrometa v ramkakh OGSNK [Guidelines on the principles of organizing a system for monitoring and control over the quality of water in water bodies and watercourses in the Goskomgidromet (State Committee of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring) network within the National State Service for Monitoring and Control of Pollution of Natural Objects]. T.S. Shmidt. (Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1994, 40 p. (In Russian).
 4. Metody rybokhozyaystvennykh i prirodookhrannykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom bassejne : sbornik nauchno-metodicheskikh rabot [Methods of fishery and nature protection research in the Azov-Black Sea Basin. Collection of research and methodological works]. S.P. Volovik, I.G. Korpakova. (Eds.). Krasnodar: AzNIIRKH Publ., Prosveshchenie-Yug [Awareness-South], 2005, 351 p. (In Russian).
 5. RD 52.24.497-2019 Tsvetnost' prirodnykh vod. Metodika izmereniy fotometricheskimi i vizual'nymi metodami [Regulatory Document 52.24.497-2019 Chromaticity of the natural waters. Methodology of measurements using the photometric and visual methods]. Yu.A. Andreev, I.A. Ryazantseva, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2020, 20 p. (In Russian).
 6. RD 52.24.309-2016 Organizatsiya i provedenie rezhimnykh nablyudeniya za sostoyaniem i zagryazneniem poverkhnostnykh vod sushi [Regulatory Document 52.24.309-2016 Organization and implementation of routine monitoring of the condition and pollution of land

REFERENCES

1. Zhukova S.V., Podmareva T.I., Burlachko D.S., Fomenko I.F., Lutynskaya L.A., Barabashin T.O. Gidrologicheskie kriterii tipizatsii vodnykh ob"ektov Rostovskoy oblasti dlya tseley tovarnoy akvakul'tury [Hydrological criteria for the typification of water bodies of the Rostov Region for the purposes of commercial

- surface waters]. N.P. Matveeva, L.I. Minina, L.S. Kosmenko, T.A. Khoruzhaya, A.A. Nazarova, L.G. Korotova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2016, 100 p. (In Russian).
7. Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 7. Donskoy rayon [Resources of surface waters of the USSR. Vol. 7. The Don District]. M.S. Protas'ev. Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1973, 460 p. (In Russian).
 8. Rukovodstvo po opredeleniyu gidrograficheskikh kharakteristik kartometricheskim sposobom [Guide for determining hydrographic characteristics using the cartometric method]. L.A. Chepelkin. (Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1986, 93 p. (In Russian).
 9. Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik [Guide for determining the calculated hydrological characteristics]. A.V. Rozhdestvenskiy, A.G. Lobanova. (Eds.). Leningrad: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1984, 448 p. (In Russian).
 10. Podmareva T.I., Zhukova S.V. Tipizatsiya vodoemov Rostovskoy oblasti dlya tseley tovarnoy akvakul'tury (po rezul'tatam kompleksnykh issledovaniy, provedennykh v 2018–2020 gg.) [Typification of the water bodies in the Rostov Region for the purposes of commercial aquaculture (based on the results of comprehensive research conducted in 2018–2020)]. In: *Dialog na Volge: materialy Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma (g. Volgograd, 29–30 oktyabrya 2020 g.)* [Conversation at the Volga River. Proceedings of the International Scientific Forum (Volgograd, 29–30 October, 2020)]. Volgograd: Federal'nyy nauchnyy tsentr agroekologii, kompleksnykh melioratsiy i zashchitnogo lesorazvedeniya Rossiyskoy akademii nauk [Federal Scientific Center for Agro-Ecology, Integrated Land Reclamation and Protective Forestation, Russian Academy of Sciences] Publ., 2020, pp. 427–431. (In Russian).
 11. RD 52.24.609-2013 Organizatsiya i provedenie nablyudeniya za sodержaniem zagryaznyayushchikh veshchestv v donnykh otlozheniyakh vodnykh ob"ektov [Regulatory Document 52.24.609-2013 Organization and implementation of observations of the content of pollutants in the bottom sediments of water bodies]. T.A. Khoruzhaya, A.A. Nazarova, L.I. Minina. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2013, 39 p. (In Russian).
 12. GOST 17.1.5.05-85 Okhrana prirody. Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, l'da i atmosferykh osadkov [State Standard 17.1.5.05-85 Nature protection. Hydrosphere. General requirements for surface and sea waters, ice and atmospheric precipitation sampling]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Publishing House of Standards], 1985, 15 p. (In Russian).
 13. GOST 31861-2012 Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob [State Standard 31861-2012 Water. General requirements for sampling]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Publishing House of Standards], 2012, 35 p. (In Russian).
 14. RD 52.24.419-2019 Massovaya kontsentratsiya rastvorennogo kisloroda v vodakh. Metodika izmereniy yodometricheskim metodom [Regulatory Document 52.24.419-2019 Mass concentration of dissolved oxygen in water. Method of performing measurements using the iodometric method]. Yu.A. Andreev, E.S. Kileynova, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2019, 28 p. (In Russian).
 15. RD 52.24.495-2017 Vodородnyy pokazatel' vod. Metodika izmereniy potentsiometricheskim metodom [Regulatory Document 52.24.495-2017 Hydrogen index of water. Method of performing measurements using the potentiometric method]. Yu.A. Andreev, O.A. Mikhaylenko, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2017, 11 p. (In Russian).
 16. RD 52.24.523-2009 Massovaya kontsentratsiya nitratov v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom s sul'fanilamidom i N-(1-naftil)etilendiamina digidrokhlidom posle vosstanovleniya v kadmievom reduktore [Regulatory Document 52.24.523-2009 Mass concentration of nitrates in water. Methodology of performing measurements using the photometric method with sulfanilamide and N-(1-Naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride after reduction in a cadmium reduction unit]. L.V. Boeva, Yu.A. Andreev, O.V. Bolotova, V.A. Volnenko. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2009, 30 p. (In Russian).
 17. RD 52.24.518-2008 Massovaya kontsentratsiya nitritov v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom s sul'fanilamidom i N-(1-naftil)etilendiamina digidrokhlidom [Regulatory Document 52.24.518-2008 Mass concentration of nitrites in water. Methodology of performing measurements using the photometric method with sulfanilamide and N-(1-Naphthyl)ethylenediamine dihydrochloride]. L.V. Boeva, Yu.A. Andreev. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and

- Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2008, 25 p. (In Russian).
18. RD 52.24.383-2018 Massovaya kontsentratsiya ammoniyogo azota v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom v vide indofenolovogo sinego [Regulatory Document 52.24.383-2018 Mass concentration of ammonium nitrogen in water. Methodology of performing measurements using the photometric method by means of indophenol blue]. Yu.A. Andreev, N.S. Tambieva, V.E. Kotova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2018, 39 p. (In Russian).
 19. RD 52.24.382-2019 Massovaya kontsentratsiya fosfatnogo fosfora v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom [Regulatory Document 52.24.382-2019 Mass concentration of phosphate phosphorus in water. Methodology of performing measurements using the photometric method]. Yu.A. Andreev, E.S. Kileynova, I.A. Ryazantseva, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2019, 24 p. (In Russian).
 20. RD 52.24.433-2018 Massovaya kontsentratsiya kremniya v vodakh. Metodika izmereniy fotometricheskim metodom v vide zheltoy formy molibdokremnievoy kisloty [Regulatory Document 52.24.433-2018 Mass concentration of silicon in the waters. Methodology of performing measurements using the photometric method in a yellow form of molybdenum silicic acid]. Yu.A. Andreev, E.S. Kileynova, T.S. Evdokimova, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2018, 23 p. (In Russian).
 21. RD 52.24.420-2019 Biokhimicheskoe potreblenie kisloroda v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy titrimetricheskimi i amperometricheskimi metodami [Regulatory Document 52.24.420-2019 Biochemical oxygen demand in water. Methodology of performing measurements using the titration and amperometric methods]. Yu.A. Andreev, E.S. Kileynova, T.S. Evdokimova, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2020, 28 p. (In Russian).
 22. RD 52.24.450-2010 Massovaya kontsentratsiya serovodoroda i sul'fidov v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom s N,N-dimetil-*n*-fenilendiaminom [Regulatory Document 52.24.450-2010 Mass concentration of hydrogen sulfide and sulfides in water. Methodology of performing measurements using the photometric method with N,N-dimethyl-*n*-phenylenediamine]. L.V. Boeva, N.S. Tambieva, M.L. Vorona. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2010, 41 p. (In Russian).
 23. RD 52.24.468-2019 Massovaya kontsentratsiya vzveshennykh veshchestv i sukhogo ostatka v vodakh. Metodika izmereniy gravimetricheskim metodom [Regulatory Document 52.24.468-2019 Mass concentration of suspended solids and dry residue in water. Methodology of performing measurements using the gravimetric method]. Yu.A. Andreev, N.S. Tambieva, V.E. Kotova, A.A. Nazarova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2019, 24 p. (In Russian).
 24. RD 52.24.358-2019 Massovaya kontsentratsiya zheleza obshchego i zheleza valovogo v vodakh. Metodika vypolneniya izmereniy fotometricheskim metodom s 1,10-fenantrolinom [Regulatory Document 52.24.358-2019 Mass concentration of total iron and gross iron in water. Methodology of performing measurements using the photometric method with 1,10-phenanthroline]. Yu.A. Andreev, T.S. Evdokimova. (Eds.). Rostov-on-Don: Rosgidromet [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring] Publ., Gidrokhimicheskiy institut [Hydrochemical Institute] Publ., 2019, 13 p. (In Russian).
 25. Kozlov V.I. Spravochnik fermerov-rybovodov [Handbook of fish farmer]. Moscow: VNIRO Publ., 1998, 342 p. (In Russian).
 26. Lanskaya L.A. Temp i usloviya deleniya morskikh planktonnykh vodorosley v kul'turakh [Rate and conditions of the division of marine planktonic algae in cultures]. In: *Pervichnaya produktsiya morey i vnutrennikh vod [Primary production of seas and continental waters]*. G.G. Vinberg. (Ed.). Minsk: Ministerstvo vysshego, srednego spetsial'nogo i professional'nogo obrazovaniya BSSR [Ministry of Higher and Secondary Special Education of the BSSR] Publ., 1961, pp. 328–333. (In Russian).

Поступила 13.11.2020

Принята к печати 16.12.2020