

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

М. А. Дерхо, Л. В. Чернышова, Т. Н. Макарова, О. С. Улитина, С. Н. Бурылов

Дана оценка эколого-санитарного состояния «карасевого» озера по качеству воды, разновидности прибрежно-водной растительности, зоопланктона и ихтиофауны в условиях лесостепной зоны Челябинской области. Объектом исследования явилось озеро Марково, расположенное в Троицком районе Челябинской области. Установлено, что качество озерной воды определяется совокупным воздействием природно-техногенных факторов. Класс сапробности воды варьирует от бета- до альфа-мезосапробности, смещаясь в сторону ам. Индекс сапробности равен 10,22–15,38% (слабое сапробное загрязнение). В прибрежно-водной растительности озера преобладают надводные растения (I ярус), представленные видами: Камыш озерный (*Scirpus lacustris*), Рогоз узколистный (*Typha latifolia*), Тростник озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и составляющие 67,00% в общем видовом составе растительности. Зоопланктон озера представлен видами из систематических групп коловратки (*Rotifera*), ветвистоусые (*Cladocera*) и веслоногие рачки (*Copepoda*), которые соответствуют индексу сапробности воды в озере и могут существовать в условиях бм и ам. Аборигенная ихтиофауна включает: Серебристый карась (*Carassius auratus gibelio*), Ротан-головешка (*Perccottus glenii*), Линь (*Tinca tinca*), Щука обыкновенная (*Esox lucius*), которые приспособлены к существованию в воде с уровнем сапробности бета- и альфа-мезосапробность.

Ключевые слова: озеро, сапробность воды, прибрежно-водная растительность, зоопланктон, ихтиофауна.

Челябинская область является одним из регионов России, в котором наблюдается быстрый рост развития промышленности и сельского хозяйства, что отражается в первую очередь на загрязнении водных объектов, используемых для хозяйственно-бытовых, рекреационных и рыбохозяйственных целей [1]. Это актуализирует исследования, направленные на оценку толерантности поверхностных водоемов к пространственному и временному воздействию различных антропогенных источников.

В водной среде загрязнители приоритетно концентрируются в составе донных отложений, влияя напрямую и косвенно на качество воды, видовой состав и развитие зоопланктона и рыб [2]. При этом наиболее стойкие химические соединения при благоприятных условиях изменяют окислительно-восстановительный потенциал и pH воды, определяют количество в ней растворенного кислорода и ее температуру, влияя на эколого-санитарное состояние водоема [3, 4].

В лесостепной зоне Челябинской области среди водных объектов преобладают озера, имеющие разный размер, происхождение и природ-

ные функции [5]. Геохимические особенности территорий определяют поступление в них природных и антропогенных загрязнителей [6, 7], в основном за счет атмосферного переноса и сброса промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод. При этом основной причиной ухудшения эколого-санитарного состояния озер является эвтрофикация, сопряженная с чрезмерным накоплением в водной экосистеме биогенных элементов, цветением водорослей, истощением запасов кислорода [8]. Это отражается на популяции зоопланктона и ихтиофауны. Поэтому эвтрофикация озер как наиболее распространенных поверхностных пресных водных объектов представляет серьезную угрозу для экологической среды региона, безопасности воды и «местных» рыбных ресурсов [9, 10]. Это актуализирует мониторинговые исследования, направленные на изучение эколого-биологических и эколого-санитарных характеристик мелководных озер.

Основываясь на том, что загрязнение озер наносит серьезный ущерб системе «вода – водные растения – водные животные», отражаясь



прямо или косвенно на здоровье человека, **целью нашего исследования** явилась оценка эколого-санитарного состояния «карасевого» озера по качеству воды, разновидности прибрежно-водной растительности, зоопланктона и ихтиофауны в условиях лесостепной зоны Челябинской области.

Материалы и методы исследований

Объектом исследования явилось озеро Марково, расположенное в Троицком районе Челябинской области. Оно имеет просадочное происхождение, определяющее его округлую форму [5]. Дно озера имеет две глинисто-песчаные гряды, сформированные выходом грунтовых вод, выстлано иловыми отложениями, глубина жидкой фазы колеблется в интервале 1,9–2,2 м; площадь водного зеркала 22 га; объем водной массы составляет 418 м³; время водообмена – 10–11 лет. Уровень воды в озере поддерживается за счет родников, атмосферных осадков и грунтовых вод. По климатическому районированию водоем расположен в третьем агроклиматическом районе (очень теплый и засушливый), для которого характерны: 1) холодная зима с метелями и установление снежного покрова к концу ноября, высота которого достигает 20–35 см, глубина промерзания почвы от 110 до 250 см; 2) сход снега к середине апреля; 3) годовое количество осадков 350–400 мм с максимумом в летний период года; 4) жаркое и солнечное лето (годовая сумма положительных температур 2000–2200 °С). Озеро замерзает в середине ноября, а вскрывается – в конце апреля. Оно имеет рыбохозяйственное значение (карасевое), используется для орошения и неорганизованной рекреации.

Исследовательская часть работы выполнена в 2019–2020 гг. в период с июня по октябрь. При оценке эколого-санитарного состояния озера руководствовались требованиями ГОСТ 17.1.2.04-77 [11]. При этом определяли качество воды, разновидность флоры (прибрежная растительность) и фауны (зоопланктон) и промысловые организмы (рыба).

Отбор проб воды проводили по длинной оси зеркала с использованием батометра Рутнера в первых числах месяца в начале (июнь, Л1), середине (июль, Л2), в конце лета (август, Л3) и осенью (конец сентября О1) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592-2000 [12]. В пробах воды определяли трофосапробиологи-

ческие показатели: прозрачность [13], растворенный кислород [14], биохимическое потребление кислорода [15, 16], аммоний, нитраты и нитриты [17], окисляемость [18], фосфаты [19] и сероводород [20]. Лабораторные исследования выполнены на базе ООО «Троицкий водоканал водоснабжение» (г. Троицк, Челябинская область). Класс качества воды и индекс сапробности устанавливали по ГОСТ 17.1.2.04-77 [11].

При оценке прибрежно-водной растительности руководствовались методическими приемами работы [21]. Анализ генеральной совокупности растительности озера осуществляли путем выборки с описанием, сбором растений на пробных площадках. В ходе детальных исследований, при геоботаническом описании фитоценоза учитывали видовой состав, обилие видов и ярусность размещения растений.

Для отбора проб зоопланктона по длинной оси зеркала использовали сеть Джели. Пробы отбирали в начале (июнь, Л1), середине (июль, Л2), в конце лета (август, Л3) и осенью (конец сентября О1) в 4 точках. Сбор и обработку материалов (зоопланктон) проводили согласно методическим рекомендациям по проведению гидробиологических исследований на пресноводных водоемах [22].

Видовой состав ихтиофауны определялся по результатам контрольных ловов при помощи сетей.

Статистическую обработку данных осуществляли методом вариационной статистики на персональном компьютере с помощью табличного процессора «Microsoft Excel-2010» и пакета прикладной программы Биометрия (2010).

Результаты и обсуждение

Озеро Марково как типичный поверхностный водоем лесостепной зоны является бессточным, мелководным и периодически заморным, так как не обеспечивает стабильные условия существования гидробионтов. В первую очередь это связано с изменением качества воды под воздействием весеннего половодья, атмосферных осадков и востребованности его водных функций (использование воды для орошения, несанкционированная рекреация, вылов рыбы). Поэтому мы оценили изменение качества воды в озере в летний период года и в начале осени, то есть в период его максимального использования.

Как видно из данных таблицы 1, тенденция изменений трофо-сапробных показателей качества воды не зависела от года исследований, отражая «однотипность» воздействия природно-техногенных факторов на водоем в летне-осенний период года. Так, прозрачность воды в озере в теплый период года снижалась и достигала минимального значения в начале осени. Это сопряжено со скоростью прогрева воды в водоеме в условиях ее слабой перемешиваемости, что определяет темпы развития живых организмов и соотношение между физико-химическими и биологическими процессами [23]. Соответственно, это отражалось на:

1. Количестве растворенного кислорода. Его уровень был максимален в начале лета (начало биологической активности живых организмов), далее понижался и достигал минимума осенью, как результат интенсификации процессов фотосинтеза. Это является следствием низкой циркуляции воды в водоеме, препятствующей ее насыщению кислородом [6, 7, 24].

2. Величине окисляемости воды. Значение параметра в ходе летнего периода года повышалось, достигая максимума в августе-сентябре, отражая интенсивность цветения водорослей.

Биохимическое потребление кислорода, оцениваемое по значению БПК₅ и БПК₂₀. Минимальную величину данные параметры имели в начале лета. Затем уровень БПК повышался, достигая максимума в конце сентября. Динамика БПК в летне-осенний период свидетельствовала, что в составе воды планомерно увеличивалась концентрация биогенных элементов, обеспечивающих рост биомассы зоопланктона, а также цветение водорослей [3, 4, 24].

3. Это согласовывалось с динамикой азот-содержащих соединений (аммоний, нитриты, нитраты). При этом количество аммония и нитритов уменьшалось как результат их использования в процессах жизнедеятельности водных организмов, а нитратов, наоборот, увеличивалось, отражая дополнительное поступление в озеро нитратных загрязнителей. Данные соединения слабо включались в биологический цикл водоема (количество продуктов их восстановления (нитритов, аммония) не увеличивалось), отражая их антропогенное происхождение.

Концентрация фосфатов, напрямую связанная с биологической продуктивностью озера, в ходе периода исследований увеличивалась, отражая наличие дополнительных источников их поступления в водоем. При этом уровень поступления фосфатов превышал скорость его перехода в органическую форму.

Основываясь на нормативах ГОСТ 17.1.2.04-77 [11] и средних значениях за летне-осенний период трофо-сапробных показателей, мы определили качество воды. Так, в 2019-м и 2020 годах класс сапробности воды колебался от бета-мезосапробности (бм) до альфа-мезосапробности (ам). При этом величина большинства параметров воды соответствовала границам альфа-мезосапробности. Это позволяет классифицировать воду в озере как «загрязненные воды». Класс сапробности воды свидетельствовал о преобладающем протекании гипер-трофических процессов в водоеме [11].

Для оценки уровня сапробного загрязнения мы рассчитали индекс сапробности, отражающий соотношение между величиной БПК₅ и окисляемостью воды (рис. 1).

Таблица 1 – Трофо-сапробные показатели качества воды

Показатель	2019 г.				Среднее значение	2020 г.				Среднее значение
	Л1	Л2	Л3	О1		Л1	Л2	Л3	О1	
Номер пробы	Л1	Л2	Л3	О1		Л1	Л2	Л3	О1	
Прозрачность, м	1,10	0,70	0,56	0,50	0,72±0,14	1,30	0,80	0,50	0,45	0,76±0,20
Растворенный кислород, %	80,63	72,56	64,23	73,00	72,61±3,35	90,70	82,30	58,00	63,70	73,68±7,69
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1,93	2,26	2,90	3,00	2,52±0,26	1,64	2,07	2,87	2,70	2,32±0,28
БПК ₂₀ , мгО ₂ /дм ³	2,41	3,47	3,69	3,93	3,38±0,34	2,15	2,89	3,69	3,97	3,18±0,41
Окисляемость, мгО/дм ³	13,95	20,66	28,13	32,10	23,71±4,03	10,66	15,20	23,71	30,36	19,98±4,39
Аммоний, мг/дм ³	0,87	0,71	0,54	0,52	0,66±0,08	0,70	0,66	0,62	0,55	0,63±0,03
Нитриты, мг/дм ³	0,17	0,07	0,06	0,05	0,09±0,03	0,14	0,08	0,06	0,05	0,08±0,02
Нитраты, мг/дм ³	10,58	15,05	24,87	32,82	20,83±4,99	12,13	18,02	19,18	27,13	19,12±3,09
Фосфаты, мг/дм ³	0,06	0,10	0,12	0,14	0,11±0,02	0,07	0,09	0,13	0,15	0,11±0,02
Сероводород, мг/дм ³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Как известно, уровень сапробности зависит от степени антропогенной нагрузки на водоем и условий окисления загрязнителей, кислородного режима, видового состава и развитости прибрежной растительности [9]. В наших исследованиях индекс сапробности воды хотя и изменялся в летне-осенний период, но по критериям ГОСТ 17.1.2.04-77 [11] соответствовал слабому сапробному загрязнению, являющемуся «фоновым» для озер просадочного происхождения [9].

Важную роль в формировании эколого-санитарного состояния озер играют прибрежно-водные растения, создающие благоприятные условия для развития фитофауны, питания и размножения рыб. Кроме этого, они выполняют детоксикационные функции, регулируют численность фитопланктона и скорость цветения водорослей [25, 26]. Прибрежно-водная

растительность исследуемого озера характеризуется зарослевым типом сообществ, бедным видовым составом и простым морфологическим строением растений (табл. 2).

Водные растения озера формировали четыре яруса (табл. 2). Первый ярус – надводные растения, включали три вида: Камыш озерный (*Scirpus lacustris*), Рогоз узколистый (*Typha latifolia*), Тростник озерный (*Schoenoplectus lacustris*). Они в совокупности составляли 67,00% в видовом составе прибрежно-водной растительности озера. Второй ярус был представлен растениями с листьями, плавающими на поверхности воды. Он был представлен тремя видами: Водокрас обыкновенный (*Hydrocharis morsus-ranae*), Ряска малая (*Lemna minor*), Многокоренник обыкновенный, спиродела многокорневая (*Spirodela polyrhiza*). Растения данного яруса составляли 20,00%



Рис. 1. Индекс сапробности воды (%)

Таблица 2 – Видовой и ярусный состав прибрежно-водной растительности в 2019–2020 гг.

Ярус	Видовой состав	Доля от общего числа видов, %
Надводные растения	Камыш озерный (<i>Scirpus lacustris</i>)	15,00
	Рогоз узколистый (<i>Typha latifolia</i>)	4,00
	Тростник озерный (<i>Schoenoplectus lacustris</i>)	48,00
Растения с листьями, плавающими на поверхности воды	Водокрас обыкновенный (<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>)	4,00
	Ряска малая (<i>Lemna minor</i>)	12,00
	Многокоренник обыкновенный, спиродела многокорневая (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	2,00
Крупные растения, погруженные в воду	Рдест плавающий (<i>Potamogeton natans</i>)	8,00
Низкие придонные растения	Роголистник (<i>Ceratophyllum</i>)	7,00

в биоразнообразии водоема. Третий ярус включал крупные растения, погруженные в воду. Он был представлен одним видом – Рдест плавающий (*Potamogeton natans*), доля которого в видовом составе изучаемой растительности была равна 8,00 %. Четвертый ярус – это ярус низких придонных растений, включал Роголистник (*Ceratophyllum*) (7,00 %).

Таким образом, каждый ярус водной растительности изучаемого озера состоял из экологически однородных растений, предъявляющих однотипные требования к среде обитания. При

этом гелофитная растительность преобладала, играя ведущую роль в формировании эколого-санитарного состояния озера.

При характеристике видового состава кормовой базы озера было выявлено, что она не отличается качественным разнообразием. Зоопланктон озера был представлен видами из трех систематических групп (табл. 3): коловратки (*Rotifera*), ветвистоусые (*Cladocera*) и веслоногие рачки (*Copepoda*). Из коловраток выявлено присутствие двух видов – *Keratella quadrata* и *Keratella cochlearis*.

Таблица 3 – Долевой состав (%) отдельных видов зоопланктона в общей биомассе оз. Марково за 2019–2020 гг.

Таксоны	Доля отдельных таксонов от общего числа видов, % зоопланктона				
	Л1	Л2	Л3	О1	Среднее значение
Коловратки (<i>Rotifera</i>)					
<i>Keratella quadrata</i>	1,16	2,82	9,79	7,83	5,40±0,74
<i>Keratella cochlearis</i>	1,37	3,12	26,31	20,40	12,80±2,27
Ветвистоусые рачки (<i>Cladocera</i>)					
<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	13,42	35,40	10,15	10,63	17,40±2,21
<i>Chydorus spaeirikus</i>	9,00	46,43	21,37	–	19,20±3,68
<i>Leptodora kintii</i>	15,00	2,00	22,23	28,37	16,90±2,06
Веслоногие рачки (<i>Copepoda</i>)					
<i>Mesocyclops leutcarti</i>	8,93	1,13	0,46	9,08	4,90±0,86
<i>Acanthocyclops viridis</i>	20,34	4,81	1,32	0,73	6,80±1,68
<i>Arctodiaptomus salinus</i>	13,62	2,13	3,23	10,62	7,40±1,02
<i>Arctodiaptomus bacillifer</i>	17,16	2,16	5,14	12,34	9,20±1,24
Итого, %	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

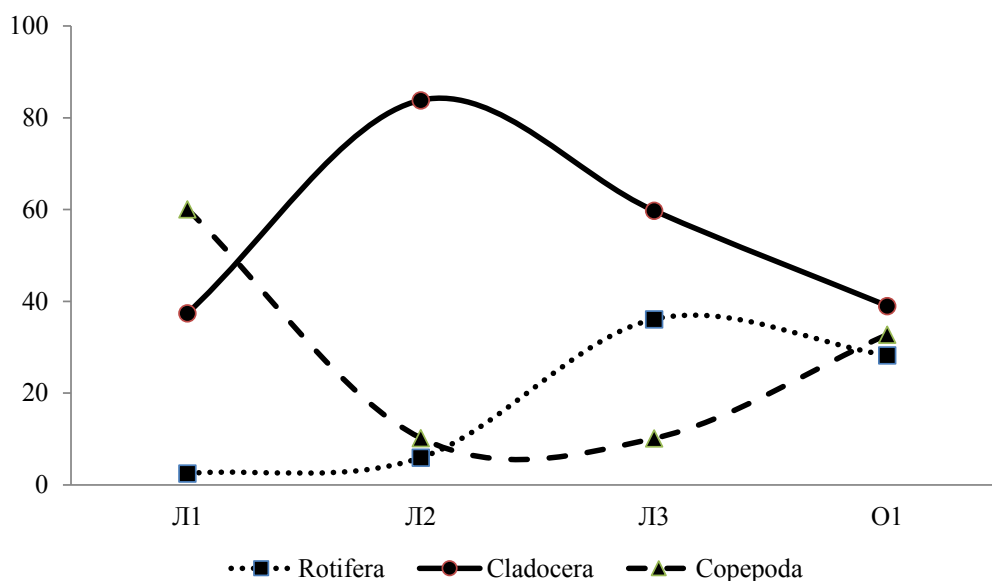


Рис. 2. Сезонные изменения доли отдельных таксонов (%) в общей массе зообентоса



В систематическую группу ветвистоусые рачки входили в основном зарослевые виды – *Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus spaeirikus*, *Leptodora kintii*; веслоногие ракообразные были представлены *Mesocyclops leutcarti*, *Acanthocyclops viridis*, *Arctodiaptomus salinus* и *Arctodiaptomus bacillifer* (табл. 3).

Индекс сапробности озера колебался в летне-осенний период года в интервале 10,22–15,38% (рис. 1), соответствуя пограничным значением бета- и альфа-мезосапробности зон по ГОСТ 17.1.2.04-77 [11]. Класс сапробности водной среды определял совокупность таксономических групп зоопланктона, которые могут существовать в условиях бм и ам.

Видовое разнообразие зоопланктона в озере зависело от времени исследования в летне-осенний период года. Так, в начале лета (июнь) в зоопланктоне преобладают представители ветвистоусых и веслоногих ракообразных, составляя 37,42 и 60,05% соответственно от общего числа видов. При этом приоритетным видом являются *Copepoda* (рис. 2).

В середине лета (июль) в экосистеме озера создаются благоприятные условия для развития ветвистоусых рачков (*Cladocera*), виды которых составляют 83,83% от их общего количества.

В конце лета (август) и в начале осени (сентябрь) выравнивается соотношение между систематическими группами зоопланктона озера, свидетельствуя о соответствии эколого-санитарных условий в водной экосистеме потребностям живых организмов.

Оценка ихтиофауны озера проводилась по результатам контрольных ловов, выполненных в период июнь–сентябрь 2019–2020 гг. при помощи сетей. Выявлено, что аборигенная ихтиофауна включала ограниченное количество видов. Она была представлена, во-первых, видом Серебристый карась (*Carassius auratus gibelio*), масса которого колебалась в интервале 50–80 г. Данный вид рыб теплолюбив. Поэтому он и обитает в озере Марково, которое является мелководным и хорошо прогреваемым в летний период года. Кроме этого, серебристый карась устойчив к дефициту кислорода и колебаниям температуры воды. Во-вторых, в контрольных ловах встречался «вселенец» – Ротан-головешка (*Perccottus glenii*). В-третьих, в ходе рыбохозяйственных работ в ихтиофауне озера появился Линь (*Tinca tinca*) и Щука обыкновенная (*Esox lucius*).

В целом аборигенная ихтиофауна озера включает виды рыб, приспособленных к условиям существования, соответствующим изменениям сапробности воды от бета- до альфа-мезосапробности.

Выводы

Таким образом, оценка эколого-санитарного состояния озера Маркова, расположенного в Троицком районе Челябинской области, показывает, что качество озерной воды, индексируемое по величине трофо-сапробных показателей, определяется совокупным воздействием природно-техногенных факторов. Класс сапробности воды варьирует от бета- до альфа-мезосапробности, смещаясь в сторону ам. Индекс сапробности колеблется в интервале 10,22–15,38% (слабое сапробное загрязнение), соответствующее фоновому воздействию природно-техногенных факторов на мелководные озера. Прибрежно-водная растительность озера включает виды, распределяющиеся в четырех ярусах. Преобладающими являются надводные растения (I ярус), представленные: Камыш озерный (*Scirpus lacustris*), Рогоз узколистный (*Typha latifolia*), Тростник озерный (*Schoenoplectus lacustris*) и составляющие 67,00% в общем видовом составе растительности. Зоопланктон озера представлен видами из трех систематических групп: коловратки (*Rotifera*), ветвистоусые (*Cladocera*) и веслоногие рачки (*Copepoda*). Видовой состав зоопланктона соответствует индексу сапробности воды в озере и включает таксономические группы, которые могут существовать в условиях бм и ам. Аборигенная ихтиофауна, оцененная по результатам контрольных ловов, включает виды (Серебристый карась (*Carassius auratus gibelio*), Ротан-головешка (*Perccottus glenii*), Линь (*Tinca tinca*), Щука обыкновенная (*Esox lucius*)), которые приспособлены к существованию в воде с уровнем сапробности бета- и альфа-мезосапробность.

Рекомендации

Озеро Марково по результатам эколого-санитарной оценки может быть отнесено ко второй категории и использоваться для разведения и добычи водных ресурсов, не относящихся к ценным видам и приспособленным к сапробности воды бм и ам. Для улучшения условий выращивания рыбы, а также с целью профилактики негативного влияния продуктов разложения ила рекомендуем ежегодно проводить боронование ила.

Список литературы

1. Чернышова Л. В., Величко Н. Ю. Тяжелые металлы в системе «почва-растение» // Инновационные технологии защиты окружающей среды в современном мире : матер. Всерос. науч. конф. Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2021. С. 1732–1738.
2. Lian G., Lee X. Concentrations, Distribution, and Pollution Assessment of Metals in River Sediments in China // *Int J Environ Res Public Health*. 2021. Vol. 18 (13). P. 6908. DOI: 10.3390/ijerph18136908.
3. Оценка экологического состояния воды в водохранилище озерного типа / А. В. Живетина, М. А. Дерхо, Л. Г. Мухамедьярова, Д. Ю. Нохрин // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 3 (63). С. 15–24.
4. Структура изменчивости гидрохимического состава воды в водохранилище озерного типа / Д. Ю. Нохрин, М. А. Дерхо, Л. Г. Мухамедьярова, А. В. Живетина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7. № 2. С. 117–133.
5. Артаев О. Н., Гришуткин О. Г., Варгот Е. В. Характеристика провальных и просадочных озер северной части Мокшанского бассейна // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. 2013. Вып. XI. С. 75–88.
6. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа / А. В. Живетина, Д. Ю. Нохрин, М. А. Дерхо, Л. Г. Мухамедьярова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7 (73). № 1. С. 259–276.
7. Features of catode-anion composition of water in the reservoir subject to anthropogenic contamination / M. A. Derkho [et al.] // *E3S Web of Conferences*. International Conference “Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic” (EFSC2021). 2021. P. 07003.
8. A Fuzzy Comprehensive Assessment and Hierarchical Management System for Urban Lake Health: A Case Study on the Lakes in Wuhan City, Hubei Province, China / T. Wang [et al.] // *Int J Environ Res Public Health*. 2018. Vol. 15 (12). P. 2617. DOI: 10.3390/ijerph15122617.
9. Шабанов В. А., Шабанова А. В. Оценка экологической безопасности воды рекреационных водоемов урбанизированных и хозяйственно-преобразованных территорий Самарской области по показателям сапробности // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. № 7 (49). Ч. 4. С. 168–172.
10. Spatio-temporal distribution of TN and TP in water and evaluation of eutrophic state of Lake Nansi / L. Yang, X. Zhao, S. Peng, G. Zhou // *Environ Monit Assess*. 2015. Vol. 187 (1). P. 4169. DOI: 10.1007/s10661-014-4169-8.
11. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200026772> (дата обращения 11.11.2021).
12. ГОСТ 51592–2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М. : Изд-во стандартов, 2000. С. 5.
13. РД 52.24.496–2018. Методика измерений температуры, прозрачности и определения запаха воды. Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293736/4293736072.htm> (дата обращения 25.02.2021).
14. ПНД Ф 14.1:2.101-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации растворенного кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод йодометрическим методом. Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293846/4293846286.htm> (дата обращения 20.10.2021).
15. НДП 10.1:2.3.131-2016. Методика определения биохимического потребления кислорода после 5 дней инкубации (БПК₅) в пробах питьевых, природных и сточных вод амперометрическим методом. М., 2016. 23 с.
16. ПНД Ф 14.1:2.3:4.123-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода после n-дней инкубации (БПК_{полн}) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293832/4293832514.htm> (дата обращения 20.10.2021).
17. ГОСТ 33045-2014 Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200115428> (дата обращения: 15.12.2021).
18. ПНД Ф 14.1:2.4.154-99. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений перманганатной окисляемо-



сти в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200056567> (дата обращения: 26.10.2021).

19. ПНД Ф 14.1:2.4.112-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония. Режим доступа : <https://base.garant.ru/70981262> (дата обращения 20.10.2021).

20. ПНД Ф 14.1:2.109-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентрации сероводорода и сульфидов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с N,N-диметил-п-фенилдиамином. Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200056715> (дата обращения 20.10.2021).

21. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Л. : Наука, 1981. 188 с.

22. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологиче-

ских исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200060089> (дата обращения 20.10.2021).

23. Номоконова В. И. Гидрохимический режим и трофическое состояние озер Самарской луки и сопредельной территории // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1. С. 155–164.

24. Гидрохимический режим и микроэлементный состав вод Чернореченского водохранилища в 1991–2004 гг. / В. М. Артеменко [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2005. № 12. С. 129–148.

25. Раченкова Е. Г. Водная и прибрежно-водная растительность озера Белужье // Вестник Оренбургского ГУ. 2008. № 87. С. 101–106.

26. Eutrophication of lake waters in China: cost, causes, and control / C. Le [et al.] // Environ Manage. 2010. Vol. 45 (4). P. 662–668. DOI: 10.1007/s00267-010-9440-3.

Дерхо Марина Аркадьевна, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой естественнонаучных дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: derkho2010@yandex.ru.

Чернышова Лариса Владимировна, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии, экологии, генетики и разведения животных, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kbioecugavm@inbox.ru.

Макарова Татьяна Николаевна, канд. биол. наук, доцент кафедры биологии, экологии, генетики и разведения животных, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: kbioecugavm@inbox.ru.

Улитина Олеся Сергеевна, старший преподаватель, кафедра педагогики и социально-экономических дисциплин, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: ulitina-olesya@mail.ru.

Бурылов Сергей Николаевич, биолог-охотовед, глава К(Х)Ф «Марково», Троицкий район, Челябинская область.

E-mail: kbioecugavm@inbox.ru.

* * *