

Водные биоресурсы и среда обитания

2020, том 3, номер 4, с. 35–49

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

doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_35

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online



Aquatic Bioresources & Environment

2020, vol. 3, no. 4, pp. 35–49

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

doi: 10.47921/2619-1024_2020_3_4_35

ISSN 2618-8147 print, ISSN 2619-1024 online

УДК 556.551.45(477.75)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ГИПЕРГАЛИННЫХ ОЗЕР КРЫМА

© 2020 Р. В. Боровская, С. С. Жугайло, М. Н. Пугач,
Э. Н. Аджиумеров, Д. О. Кривогуз

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

Аннотация. Исследованы гидролого-гидрохимические условия ряда гипергалинных водоемов Евпаторийской, Тарханкутской, Перекопской и Керченской групп озер. Рыбохозяйственная ценность озер заключается в обитании в них таких промысловых объектов, как артемия и хирономиды. В качестве основного источника исходных эмпирических данных использованы материалы экспедиций, проведенных в весенний, летний и осенний сезоны 2017–2019 гг. Исследована сезонная и межгодовая изменчивость гидролого-гидрохимических характеристик, выявлены их характерные особенности. В результате было установлено, что в целом абиотические факторы среды большинства озер в весенне-осенний сезон были удовлетворительными для развития обитающих в них гидробионтов. Это подтверждалось положительными гидробиологическими показателями развития данных видов и свидетельствовало об их высокой адаптивности к существующим условиям, в частности солевому и кислородному режиму. Для большинства озер был неудовлетворительным в отношении развития гидробионтов осенний сезон 2017 г.: значительное повышение солености привело к угнетению популяций артемии и гибели хирономид. Отмечено достаточно высокое содержание ртути в ряде гипергалинных водоемов, расположенных на западе и севере Крыма; в районе оз. Айгульское это связано с близостью химических предприятий, а для остальных исследуемых водоемов источники поступления поллютантов на данном этапе остаются невыясненными и требуют дополнительных наблюдений.

Ключевые слова: Крым, гипергалинные озера, абиотические факторы среды, артемия, хирономиды

CURRENT STATE OF THE HABITAT OF COMMERCIAL INVERTEBRATES IN THE HYPERSALINE LAKES OF CRIMEA

**R. V. Borovskaya, S. S. Zhugaylo, M. N. Pugach,
E. N. Adzhumerov, D. O. Krivoguz**

*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: borovskaya_r_v@azniirkh.ru*

Abstract. Hydrological and hydrochemical conditions in the hypersaline water bodies of Eupatorian, Tarkhankut, Perekopsk, and Kerch groups of lakes were investigated. Fisheries value of these lakes lies in providing the habitat for such fishing targets as brine shrimps (*Artemia*) and chironomids. As the main source of primary empirical data, findings of the expeditions conducted in the spring, summer and autumn seasons of 2017–2019 have been used. As a result, it has been found out that, in general, abiotic environmental factors in the majority of the lakes in the spring – autumn season were adequate for development of the aquatic living organisms inhabiting them. It was supported by positive hydrobiological developmental indices of these species and indicated their high adaptability to the existing state of their habitat, in particular, saline and oxygen regimens. However, the autumn season of 2017 was unfavorable for most of the lakes in terms of development of the aquatic living organisms. Substantial increase in salinity led to the depression of brine shrimp populations and to the death of chironomids. A fairly high content of mercury in some hypersaline water bodies located in the Western and Northern Crimea also comes under notice. In the case of Aygul Lake, it is associated with proximity of chemical enterprises; however, the sources of polluting substances in the other investigated water bodies at present remain unknown and require further investigation.

Keywords: Crimea, hypersaline lakes, abiotic factors, brine shrimp, chironomids

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к основным направлениям рыбохозяйственной науки в Азово-Черноморском бассейне относятся мониторинг и прогнозирование состояния водных экосистем, развитие марикультуры, а также разработка рекомендаций для устойчивого развития рыбохозяйственной отрасли региона [1]. Рациональное использование биологических ресурсов как внутренних водоемов материковой части России, так и соленых и гиперсоленых озер Крыма на современном этапе является актуальной хозяйственной задачей [2–5].

В Крыму насчитывается более 300 озер, большинство из которых являются солеными и гиперсолеными; ряд озер имеет важное рыбохозяйственное значение. Их ценность заключается в нахождении здесь промысловых биоресурсов — артемии и хириноид, эксплуатируемых с 2002–2004 гг.

Артемия наиболее известна среди жаброногих раков, обитает на планете уже 195 млн лет [6, 7], хорошо адаптирована к неблагоприятным факторам среды, поэтому расселилась по всему земному шару и образовала популяции высокой численности [2]. Она способна выдержать значительный дефицит кислорода и нормально существует в пределах 1–

2 мг/дм³ при нижней летальной границе 0,17 мг/дм³. Оптимальное содержание кислорода для молоди артемии составляет около 6–8 мг/дм³ [6, 7].

Артемия теплолюбива, ее температурный диапазон варьируется в пределах 5–37 °С, оптимальная температура для нее — 25–27 °С. При 10 °С рост артемии замедляется и прекращается на 11-й день жизни [6, 7]. Интенсивность роста артемии снижается также с повышением солености воды, а максимальная выживаемость (50 %) науплиусов в природной воде отмечается при солености 15–104 ‰ [7–9].

Известно [6, 7], что артемия населяет морские и континентальные водоемы с диапазоном солености от 10 до 340 ‰ и в некоторых водоемах является единственным представителем животного мира. Артемия широко распространена в соленых озерах Западной Сибири, Северного Казахстана, а также Крыма, где соленость воды изменяется от 25–30 до 240–280 ‰ и более и является «...основным дифференцирующим фактором...» особенностей биологии рачков, в первую очередь морфометрических показателей [10–12].

Хириноиды (комары-звонцы) — семейство из отряда двукрылых, насчитывают 7046 видов [13].

Они могут обитать во временных и постоянных, в пресноводных, соленых и гипергалинных водоемах, термальных источниках и открытом океане; приспособились к широкому диапазону температуры, солености, кислорода, водородного показателя pH, скоростей течений и загрязненности. В благоприятных условиях среды обитания личинки хирономид являются ценным кормом для бентосоядных рыб, перерабатывают органическое вещество в минеральное, а также участвуют в самоочищении водной среды. В лиманах Азовского моря продукты жизнедеятельности личинок хирономид образуют на дне лечебную грязь [13–15].

На жизненные процессы хирономид в первую очередь оказывают влияние условия питания и температура воды. Их существование возможно при широком диапазоне температур — от близких к нулю (и даже при замерзании) до 35 °С. В мелководных, хорошо прогреваемых водоемах жизненный цикл хирономид укорачивается, и они дают 2–5 генераций до наступления холодов. В водоемах с более холодной и стабильной температурой в течение всего года отмечается не более двух генераций [6, 7, 13]. К экстремальным температурам менее чувствительны личинки хирономид. При температуре 17–18 °С происходит их массовое окукливание, вылет имаго и откладывание яиц; при 25–28 °С повышается уровень их смертности (до 22–75 %). От условий среды зависят также их размер и масса. Личинки хирономид адаптированы к низкому содержанию кислорода — менее 3 мг/дм³, часто близкому к нулю. При полном отсутствии кислорода они впадают в состояние анабиоза, что характерно для немногих представителей водных биоценозов. Личинки хирономид выдерживают широкий диапазон изменений концентрации водородного показателя pH [6, 7].

Важную роль играет соленость. Изучению влияния солености на жизнедеятельность личинок хирономид непосредственно в крымских гиперсоленых водоемах посвящена работа В.П. Белякова, Е.В. Ануфриевой и др. [16].

Из вышеизложенного следует, что абиотические факторы среды, а также их изменения в результате природных и антропогенных факторов [8–11, 17] играют значительную роль в жизнедеятельности артемии и хирономид. А поскольку одной из основных задач рыбохозяйственной отрасли является рациональное использование биологических ресурсов внутренних водоемов как материковой части

России, так и Крыма, исследование абиотических факторов среды, влияющих на жизнедеятельность обитающих в них биоценозов, является актуальным.

Целью настоящей статьи является краткое изложение обобщающих гидролого-гидрохимических результатов, полученных в собственных экспедиционных исследованиях некоторых гипергалинных озер Крымского полуострова в 2017–2019 гг., и определение их влияния на промысловые объекты — артемию и хирономиды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного источника исходных эмпирических данных использованы материалы экспедиций, проведенных в весенний, летний и осенний сезоны 2017–2019 гг. В качестве сравнения в виде краткого изложения привлечены результаты работ [18, 19]. В зависимости от местоположения исследовались озера, приведенные в табл. 1. Количество станций в каждом озере зависело от его площади зеркала и доступности уреза воды на момент выполнения работ. За период исследований было исследовано 190 станций и проанализировано более 2000 гидролого-гидрохимических параметров в воде и донных отложениях озер.

Ввиду мелководности водоемов пробы отбирались с поверхностного горизонта. Отбор проб воды осуществлялся батометром объемом 1 л, донных отложений — дночерпателем с площадью захвата 0,025 м². Измерение показателей и анализ проб по гидролого-гидрохимическим показателям осуществлялись в тот же день в экспедиционных условиях по стандартным методикам [20, 21], по эколотоксикологическим — в стационарных лабораторных условиях с использованием методов атомно-абсорбционной спектроскопии (тяжелые металлы) и ИК-спектроскопии [22, 23]. Соленость определялась в лабораторных условиях на электросолемере ГМ-2007. С помощью аппаратно-программного комплекса ELEKTROSOLEMER, непосредственно входящего в комплектацию прибора, проводился перерасчет условной плотности воды в соленость (промилле) с учетом разведений.

Анализ проб выполнялся в лаборатории рыбохозяйственной экологии Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») с применением метрологически аттестованного оборудования.

Таблица 1. Объем выполненных работ**Table 1.** Scope of the work performed

Группа озер Group of lakes	Озеро Lake	Период исследования Period of investigation	Общее количество станций Total number of stations	Количество определений Number of identifications
Евпаторийская Eupatorian	Аджибайчикское Adzhibaychik Lake	2017–2018	4	44
	Соленое у пос. Молочное Solenoje Lake near Molochnoe Settlement	2017–2019	20	220
	Ойбурское Oybur Lake	2017–2019	42	462
	Мойнакское Moynak Lake	2017–2018	17	187
	Малое Ялы-Майнакское Maloe Yaly-Moynak Lake	2019	3	33
	Большое Ялы-Майнакское Bol'shoe Yaly-Moynak Lake	2019	6	66
Тарханкутская Tarkhankut	Ярылгач Yarylgach Lake	2017–2019	18	198
	Джарылгач Dzharylhach Lake	2017–2019	21	231
Перекопская Perekopsk	Айгульское Aygul Lake	2017–2019	15	165
	Кирлеутское Kirleut Lake	2017–2019	13	143
Керченская Kerch	Акташское Aktash Lake	2017–2019	31	341

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрологические условия. В 2017 г. в целом тепловой фон большинства соленых озер Крыма был высоким, а в летний период — очень высоким. Наибольшие значения температуры воды отмечались в весенний сезон в озерах Мойнакское, Ярылгач, Джарылгач, Айгульское: соответственно, 29,4; 27,3; 27,6 и 28,6 °С; в летний сезон в оз. Кирлеутское (30,6 °С), Айгульское (36,4 °С), Соленое (33,2 °С) и Мойнакское (29,8 °С). Повышенный тепловой фон для осеннего сезона характерен для озер Сакского и Красноперекопского районов с максимальными значениями в оз. Соленое у пос. Молочное и оз. Айгульское: 21,9 и 24,3 °С, соответственно. Пониженная температура, не превышающая 26,2 °С при минимальных значениях 22,8 °С, прослеживалась в летний период в оз. Акташское (Ленинский район).

В весенне-осенний сезон отмечены большие колебания показателей солёности. Наибольшие значения прослеживались в весенний сезон в

оз. Кирлеутское и на отдельных участках озера Акташское: соответственно, 172,22 и 184,24 ‰. В летний сезон показатели солёности были повышенными практически во всех озерах с наибольшими величинами в озерах Красноперекопского района (193,33–193,57 ‰) и в оз. Соленое у пос. Молочное (191,52 ‰). В осенний период относительно весенне-летнего сезона в озерах большинства групп отмечалось дальнейшее увеличение солёности. Максимальные ее значения наблюдались в оз. Соленое у пос. Молочное (230,85 ‰), в озерах Айгульское (305,24 ‰), Кирлеутское (278,5 ‰) и Акташское (266,94 ‰). Исключением стали озера Тарханкутской группы — Ярылгач и Джарылгач. В результате выпадения в этом районе обильных осадков, действия нагонного ветра со стороны Каркинитского залива и просачивания менее соленых морских вод произошло повышение уровня воды озер, что подтверждается увеличением их площади на 4–8 %, и незначительное снижение солёности. Наименьшие

показатели солености отмечались на некоторых станциях в оз. Акташское (26,13 ‰ — канал) в мае, оз. Аджибайчикское (40,41 ‰) в июне и оз. Мойнакское (45,06 ‰) в июле.

В весенний сезон 2018 г. тепловой фон озер был достаточно высоким. Диапазон температур изменялся в пределах 23,8–34,1 °С. Наибольшие показатели отмечались в озерах Перекопской группы с максимумом в оз. Айгульское и Керченской группы — оз. Акташское: соответственно, 34,1 и 30,9 °С. Наименьшие значения температуры воды отмечались на отдельных участках озер Акташское (23,8 °С), а также Мойнакское и Ойбурское (соответственно, 24,3 и 24,4 °С).

Аномально высокой практически во всех исследуемых озерах температура воды была в летний сезон с наибольшими значениями фактических показателей (36,2 °С) в оз. Кирлеутское, 34,0 °С — в оз. Айгульское, 35,6 °С — в оз. Акташское, 30,0 °С — в оз. Соленое у пос. Молочное и 29,8 °С — в оз. Ярылгач. Наименьшие температуры воды (24,3 °С) отмечались на отдельных участках оз. Мойнакское.

Сентябрь в Крыму был теплым благодаря преобладающему влиянию тропической воздушной массы; температура воздуха превышала норму. Осенняя съемка выполнялась со 2 по 7 октября. В первые два дня экспедиционных работ проводились исследования озер Евпаторийской группы. Температура воды была достаточно высокой и составляла 18,4–23,2 °С, с максимумом в оз. Соленое у пос. Молочное. В начале месяца гребень Азорского антициклона блокировал перемещение атлантических циклонов в южные широты. 1–3 октября полярный и арктический фронтальные разделы способствовали усилению в Крыму северо-западного ветра до 15–21 м/с и понижению температуры воздуха на 4–6 градусов, поэтому 4–5 октября она составляла 12,8–15,8 °С. Минимальные показатели отмечались в районе озер Перекопской группы. Здесь же зафиксированы и наименьшие показатели температуры воды — 13,3 °С (оз. Кирлеутское). В Черноморской группе озер температура воды понизилась до 15,4–17,0 °С (4 октября); в районе Керченской группы — до 16,6–16,8 °С (7 октября).

В сезонной изменчивости солености в 2018 г. отмечались следующие особенности. По сравнению с осенним периодом 2017 г., весной наблюдалась тенденция понижения солености. По всей видимости, этому способствовало выпадение осадков в

зимний и ранневесенний сезоны. Максимальные значения солености отмечались в оз. Кирлеутское — 229,74 ‰, оз. Айгульское — 211,65 ‰ (Перекопская группа) и на отдельных участках Акташского озера — 203,15 ‰ (Керченская группа). Незначительное выпадение осадков в поздневесенне-летний период способствовало повышению солености летом во всех озерах. Наибольшие показатели отмечались на отдельных участках оз. Акташское — 225,12 ‰, оз. Соленое у пос. Молочное — 206,67 ‰. Максимальная соленость прослеживалась в озерах Кирлеутское и Айгульское (Перекопская группа) — 295,05 и 328,65 ‰, соответственно, что выше весеннего сезона на 69,0 ‰. К осени во всех озерах также отмечалось менее интенсивное, чем от весны к лету, повышение солености. Незначительное понижение солености прослеживалось в Кирлеутском озере. Исследование Айгульского озера (максимальная соленость из всех озер летом) в осенний сезон 2018 г. не проводилось из-за понижения уровня воды и невозможности выполнения измерений и отбора проб. Наименьшие показатели наблюдались на отдельных станциях в озерах Мойнакское и Ярылгач: соответственно, 52,28 и 80,62 ‰.

В исследуемые периоды 2019 г. в районах соленых озер Крыма прослеживались положительные аномалии температуры воздуха, отрицательные аномалии суммы осадков и скорости ветра. Очень теплая погода и пониженная ветровая активность способствовали интенсивному прогреву вод мелководных озер. Максимальные показатели температуры воды наблюдались в июле в оз. Кирлеутское и в отдельных районах оз. Большое Ялы-Майнакское: соответственно, 33,2 и 32,1 °С; минимальные (15,6–15,8 °С) — на отдельных участках озер Ойбурское, Ярылгач и Акташское в октябре. Для второй половины октября в озерах Красноперекопского района, на отдельных участках озер Соленое, Большое и Малое Ялы-Майнакское Сакского района прослеживалась достаточно высокая для этого периода времени температура воды (21,0–23,8 °С).

Наибольшие величины солености характерны для озер Кирлеутское и Малое Ялы-Майнакское в октябре — 311,15 и 306,02 ‰, наименьшие — в некоторых районах озера Акташское в мае и Большое Ялы-Майнакское в июле: соответственно, 16,6 и 35,03 ‰. В большинстве озер прослеживалась тенденция значительного повышения солености от лета к осени. Аномальное понижение солености (до

14,74 %) в октябре относительно мая (176,18 %) и июля (156,13 %) отмечалось в оз. Айгульское, что связано с высыханием ранее исследуемого участка и поступлением через дамбу пресной воды. Наименьшие отклонения солености (плюс 13–18 %) прослеживались в оз. Ойбургское: можно предположить, что солевой состав озера наиболее стабилен по сравнению с остальными озерами.

Прозрачность вод в основном зависела от ветровой активности и, реже, от развития фитопланктона. Наибольшая прозрачность в большинстве озер прослеживалась в 2019 г. В этот же год отмечались и максимальные ее показатели, характерные для наиболее глубоких водоемов, таких как оз. Ойбургское (0,88 м), Большое Ялы-Майнакское (0,59 м) и Джарылгач (0,55 м). Наименьшая прозрачность наблюдалась в 2017 и 2019 гг. на исследуемом участке оз. Айгульское и в 2017 г. в оз. Аджибайчикское.

Средние значения сезонных гидрологических показателей за период 2017–2019 гг. приведены на рис. 1.

В межгодовой изменчивости по средним показателям температуры и солености отмечены следующие особенности:

- в весенний сезон наибольшие значения температуры воды отмечались в большинстве исследованных водоемов в 2018 г., за исключением озер Тарханкутской группы, где отмечена тенденция понижения температуры с 2017 по 2019 г.;
- в межгодовом масштабе температура воды летом отличалась большим разнообразием. Наибольшие величины прослеживались в оз. Кирлеутское и Акташское в 2018 г. В оз. Айгульское и озерах Тарханкутской группы в летний и весенний периоды отмечена тенденция понижения температуры с 2017 по 2019 г. В Соленом и Мойнакском озерах максимум пришелся на 2017 г., в Ойбургском — на 2019 г.;
- в осенний сезон 2019 г. температура воды преимущественно превышала показатели 2017 и 2018 гг.

В весенне-летний период наибольшие показатели солености отмечались в озерах Перекопской и Керченской групп, а также летом — в оз. Соленое в 2018 г.; в озерах Джарылгач и Ойбургское — в 2017 г.; в оз. Ярылгач — летом 2017 г. и весной 2019 г. Осенью для большинства озер максимум

прослеживался в 2019 г., за исключением оз. Акташское, где наблюдалась тенденция значительного понижения солености с 2017 по 2019 г.

Гидрохимические условия. В рассматриваемых соленых озерах в 2017–2018 гг. наибольшие значения рН в воде отмечены в весенний период, наименьшие — в летний (рис. 2). Максимальная величина рН (8,50 ед.) зафиксирована в оз. Ярылгач, минимальная (6,50–6,60 ед.) — в оз. Айгульское, несколько большее значение (6,70 ед.) определено в воде оз. Кирлеутское. В осенний период величина рН увеличивалась, однако была ниже весенней; только в оз. Акташское в течение всего времени исследования средняя величина рН находилась в небольшом диапазоне — 7,55–7,70 ед. В целом данный показатель варьировал от 6,55 до 8,50 ед. и находился в пределах, характерных для природных вод [24]. В 2019 г. наблюдаемый параметр также входил в границы нормируемой величины.

Растворенный кислород образуется при фотосинтезе фитопланктона, поступает в водную среду в процессе обмена в системе атмосфера–вода и распределяется по всей толще воды. Живые организмы используют его в процессе своей жизнедеятельности. Анализ полученных данных показал существенные отличия в содержании растворенного кислорода исследуемых озер (рис. 2).

В 2017 г. наиболее низкие значения кислорода определены осенью в воде оз. Айгульское и Кирлеутское, соответственно, 1,14 и 1,30 мг/дм³. Наименьшие его концентрации в течение года, составляющие 2,43–3,00 мг/дм³, отмечены в оз. Соленое, а наиболее благоприятный кислородный режим зафиксирован в оз. Мойнакское (7,83–8,51 мг/дм³). Практически во всех исследованных озерах (за исключением оз. Мойнакское) выявлено снижение содержания кислорода в осенний период, что, по всей видимости, обусловлено достаточно высокой температурой воды в октябре и обмелением озер.

В 2018 г. в оз. Мойнакское, Ойбургское и Акташское в сезонной динамике прослеживалась классическая картина, а именно снижение концентрации кислорода в теплое время и увеличение с выхолаживанием воды осенью.

Для остальных озер зафиксировано снижение содержания кислорода от весны к осени — низкие его показатели в осенний период, вероятно, обусловлены обмелением озер.

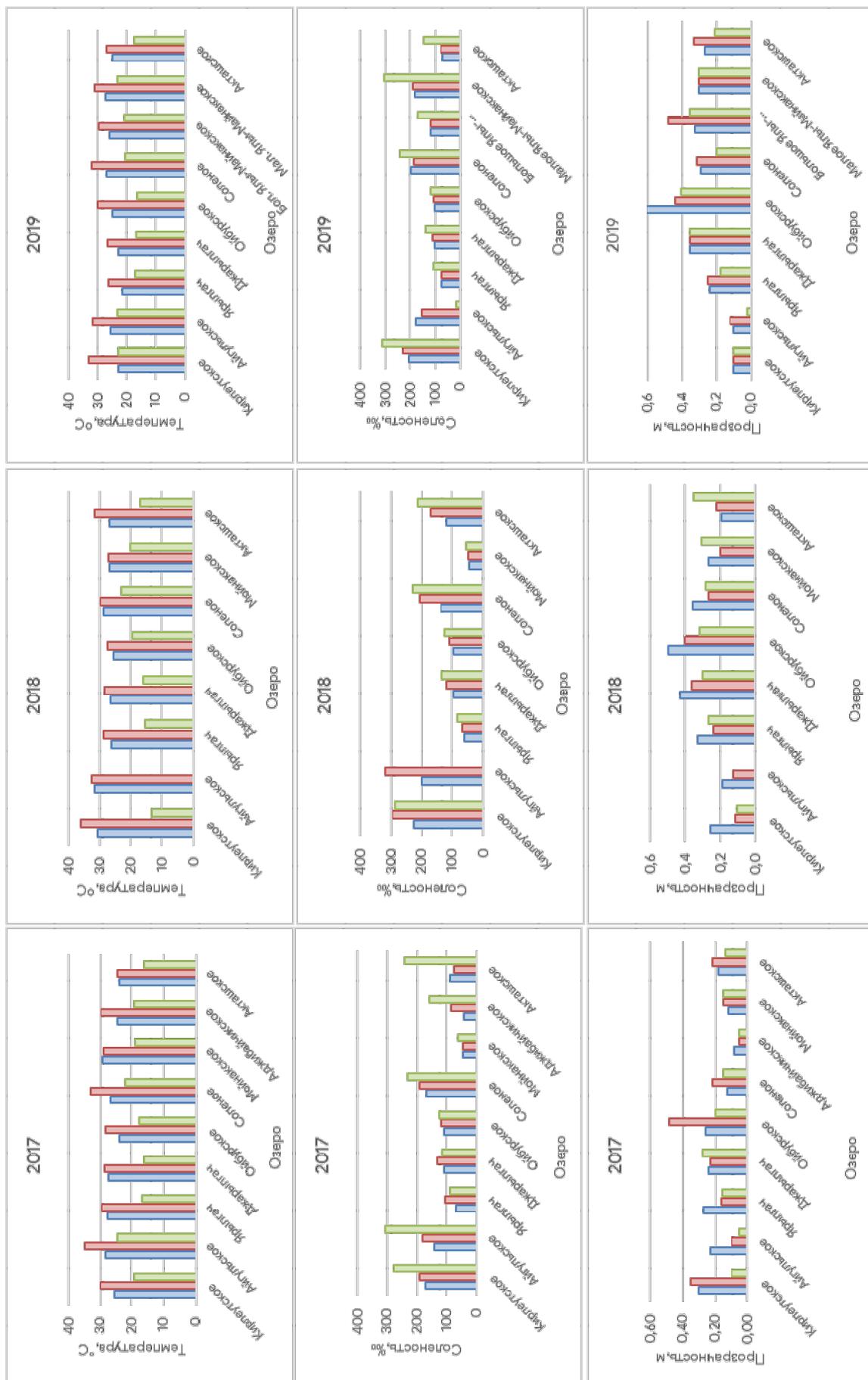


Рис. 1. Сезонная изменчивость средних гидрологических параметров озер Крыма в 2017–2019 гг.: — Весна, — Лето, — Осень — Зима
Fig. 1. Seasonal variations of averaged hydrological characteristics of the Crimean lakes in 2017–2019: — Spring, — Summer, — Autumn — Winter

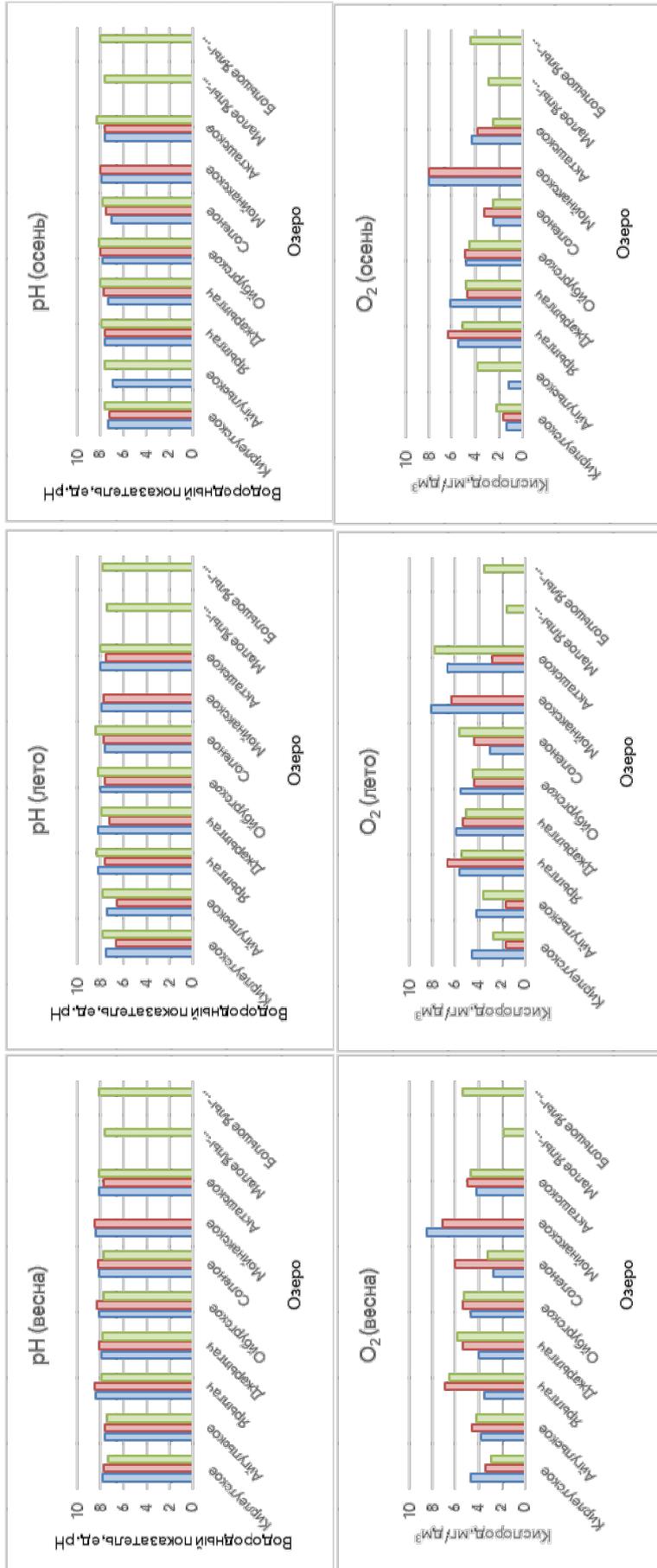


Рис. 2. Сезонная изменчивость средних гидрохимических показателей озер Крыма в 2017–2019 гг.: — 2017, — 2018, — 2019

Fig. 2. Seasonal variations of averaged hydrochemical characteristics of the Crimean lakes in 2017–2019: — 2017, — 2018, — 2019

В течение года наименьшее количество растворенного в воде кислорода ($1,63\text{--}3,40$ мг/дм³) определено в оз. Кирлеутское; минимум зафиксирован летом в воде оз. Айгульское ($1,63$ мг/дм³). В озерах Ярылгач и Мойнакское его концентрации превышали необходимый минимум: $6,26\text{--}7,00$ и $6,29\text{--}8,03$ мг/дм³, соответственно. В целом в воде исследуемых водоемов содержание кислорода изменялось в пределах $1,63\text{--}8,03$ мг/дм³.

В 2019 г. впервые были исследованы озера Большое Ялы-Майнакское и Малое Ялы-Майнакское; содержание кислорода в них составило по сезонам, соответственно: для первого — $5,29; 3,50; 4,38$ мг/дм³; для второго — $1,79; 1,46; 2,81$ мг/дм³. В целом для остальных исследуемых озер наблюдалась тенденция более высокого содержания кислорода в весенний период. Наиболее благоприятный кислородный режим отмечен в оз. Ярылгач — в среднем $6,51$ мг/дм³; для остальных водоемов во все сезоны прошедшего года эта величина не поднималась выше $6,0$ мг/дм³. Исключение составило оз. Акташское, где в летний сезон отмечено среднее содержание кислорода, равное $8,14$ мг/дм³, что может быть объяснено низкой соленостью на исследуемой акватории и, соответственно, более высокой растворимостью кислорода в воде.

Аналогичные исследования гидрохимических показателей вод ряда озер (Айгульское, Кирлеутское, Ойбургское, Аджибайчикское, Акташское) и загрязненности донных отложений осуществлялись в 2015 г. [25].

За прошедший период величины водородного показателя рН по-прежнему находились в границах, характерных для природных вод [24]. В 2017 и 2019 гг. в летний период кислородный режим озер Ойбургское, Кирлеутское и Айгульское был более благоприятным, чем в предыдущий период исследований, в связи с более высокими значениями растворенного в воде газа.

В период 2017–2019 гг. также осуществлены исследования *уровня загрязненности среды обитания* водных биологических ресурсов гиперсоленых озер Крыма по ряду химических показателей. Исследования качества вод не проводились в связи с высокой лабильностью водной среды и методической сложностью определения тяжелых металлов в водах с высокой соленостью. Донные отложения являются более консервативным компонентом вод-

ной экосистемы, и накопление загрязняющих веществ в них позволяет судить о характере загрязнения акватории в целом.

Ввиду отсутствия нормативов по содержанию загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов, сравнение приведено в сопоставлении с геохимическим фоном (ГХФ) поллютантов в земной коре (по Виноградову) [26].

Средние концентрации нефтепродуктов (углеводородная фракция) и тяжелых металлов в донных отложениях представлены в табл. 2.

В целом следует отметить, что уровень загрязненности исследуемых акваторий тяжелыми металлами достаточно благополучный и не превышает их содержание в земной коре, за исключением достаточно высокого содержания ртути в ряде гипергалинных акваторий (рис. 3). Превышение ГХФ по кадмию отмечено в 2019 г. в озерах Айгульское, Малое Ялы-Майнакское и Большое Ялы-Майнакское.

Если в оз. Айгульское такая ситуация может быть объяснена близостью химических предприятий, то в остальных озерах (все они расположены на территории западного Крыма) источники поступления поллютантов в акваторию не ясны.

В сравнении с предшествующим периодом исследований [25], отмечено снижение содержания свинца в озерах Акташское, Ойбургское, Айгульское и Кирлеутское, а также увеличение концентрации ртути в донных отложениях оз. Айгульское. Содержание углеводородной фракции нефтепродуктов осталось на прежнем невысоком уровне.

Следует отметить, что периодические исследования проводились в оз. Аджибайчикское до 2017 г., однако, в т. ч. в связи с неблагоприятными абиотическими факторами среды обитания промышленных объектов, работы по изучению этого водоема были приостановлены.

Таким образом, за период 2017–2019 гг. в гидролого-гидрохимических характеристиках исследованных озер отмечены следующие особенности:

- Аномального максимума температура воды достигла в оз. Айгульское ($36,4$ °С) летом 2017 г., в оз. Кирлеутское ($36,2$ °С) — летом 2018 г. Наименьшие средние показатели ($13,4$ и $15,45$ °С) отмечались в осенний сезон 2018 г. в озерах Перекопской и Тарханкутской групп, соответственно. Четко выраженная тенденция понижения температуры воды с 2017 по 2019 г. прослеживалась в весенне-

Таблица 2. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях гипергалинных водоемов Крыма**Table 2.** Pollutant content in the bottom sediments of the hypersaline lakes in Crimea

Название озера Lake name	Год Year	Нефте- углеводороды, г/кг Petroleum hydrocarbons, g/kg	Тяжелые металлы, мг/кг Heavy metals, mg/kg				
			Cr	Cu	Hg	Pb	Cd
Аджибайчикское Adzhibaichik Lake	2017	74,8	15,5	11,5	0,07	1,3	0,03
Акташское Aktash Lake	2017	24,6	17,0	7,1	0,06	1,8	0,04
	2018	16,8	15,8	5,5	0,05	2,6	0,05
	2019	51,6	12,3	4,9	0,03	5,3	0,02
Айгульское Aygul Lake	2017	29,0	29,4	16,4	0,07	1,3	0,07
	2018	12,4	19,3	5,1	0,04	1,9	0,03
	2019	22,1	15,2	7,0	0,15	4,8	0,15
Джарылгач Dzharylhach Lake	2017	62,1	15,9	10,0	0,07	1,4	0,06
	2018	41,2	8,6	3,3	0,05	2,4	0,02
	2019	44,5	3,1	19,3	0,10	3,5	0,10
Мойнакское Moynak Lake	2017	22,8	7,3	5,7	0,05	1,5	0,01
	2018	29,2	5,2	4,5	0,07	2,2	0,02
Ойбургское Oybur Lake	2017	35,4	9,4	5,3	0,06	1,4	0,02
	2018	43,5	6,8	4,2	0,06	2,3	0,03
	2019	27,1	2,7	24,9	0,08	2,3	0,08
Соленое у пос. Молочное Soleno Lake near Molochnoe Settlement	2017	25,6	9,0	4,8	0,14	1,1	0,02
	2018	24,8	6,2	3,3	0,06	1,6	0,02
	2019	22,8	3,1	37,3	0,09	5,6	0,10
Ярылгач Yarylgach Lake	2017	46,5	13,5	8,4	0,05	1,4	0,04
	2018	37,5	11,2	5,1	0,04	2,3	0,03
	2019	48,8	3,0	5,7	0,09	3,2	0,08
Кирлеутское Kirlaut Lake	2017	21,1	33,1	18,5	0,07	1,5	0,05
	2018	11,4	21,3	4,3	0,06	3,0	0,03
	2019	20,8	14,4	16,6	0,03	3,6	0,04
Большое Ялы-Майнакское Bol'shoe Yaly-Moynak Lake	2019	22,5	5,5	35,1	0,03	2,1	0,18
Малое Ялы-Майнакское Maloe Yaly-Moynak Lake	2019	21,1	3,8	37,8	0,13	4,3	0,30
Содержание в земной коре, мг/кг [26] Content in the Earth's crust, mg/kg [26]			83	47	0,08	16	0,13

летний сезон в озерах Тарханкутской группы и оз. Айгульское. В осенний сезон 2019 г. тепловой фон озер преимущественно превышал показатели 2017 и 2018 гг.

- По солености для большинства озер прослеживалась тенденция повышения от весны к осени. Следует также отметить значительное понижение солености в исследуемой акватории оз. Айгульское до 156,13 и 14,74 ‰, соответственно, летом и осенью 2019 г. относительно мая этого же года (176,18 ‰) в результате поступления пресной воды через дамбу. Наиболее стабильная соленость от вес-

ны к осени и в межгодовом масштабе зафиксирована в Ойбургском озере.

- Прозрачность вод в основном зависела от ветровой активности и, реже, от развития фитопланктона. Наибольшая прозрачность в большинстве озер прослеживалась в 2019 г. с максимальными показателями в относительно глубоких водоемах, таких как оз. Ойбургское (0,88 м), Большое Ялы-Майнакское (0,59 м) и Джарылгач (0,55 м). Наименьшая прозрачность наблюдалась в 2017 и 2019 гг. на исследуемом участке оз. Айгульское и в 2017 г. в оз. Аджибайчикское.

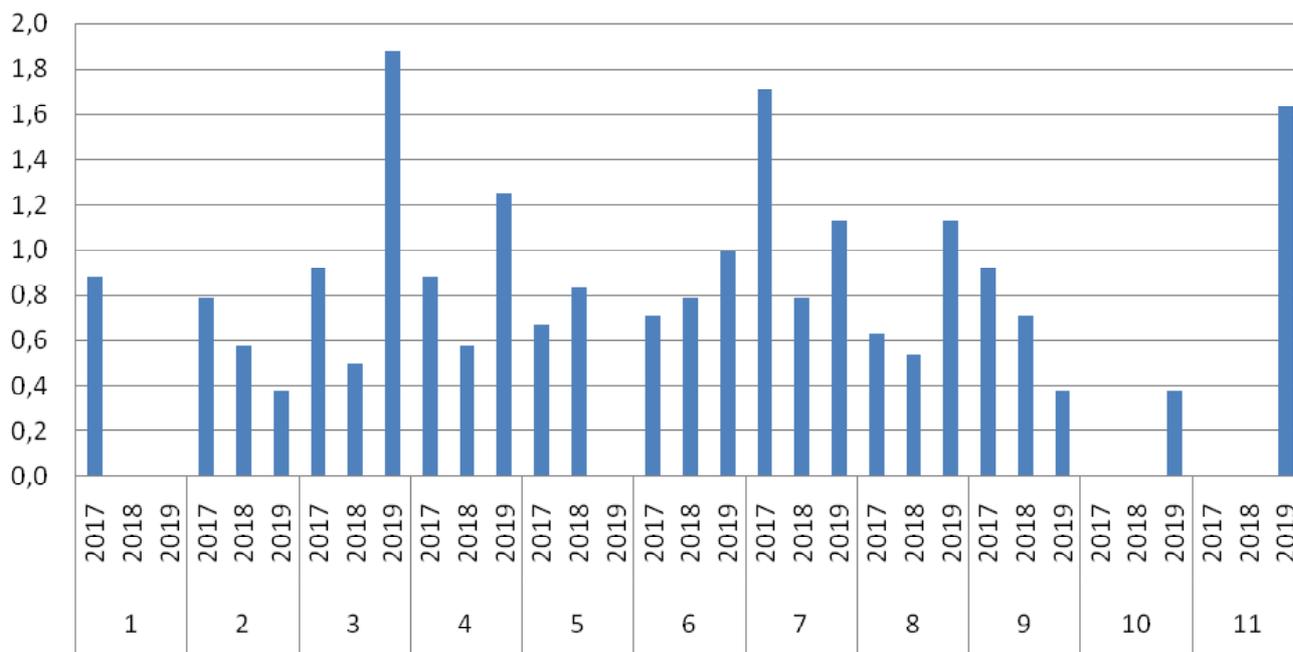


Рис. 3. Среднегодовые концентрации ртути в донных отложениях гиперсоленых озер Крыма (концентрации металлов в донных отложениях приведены по отношению к их содержанию в земной коре), в относительных единицах

Аджибайчикское — 1, Акташское — 2, Айгульское — 3, Джарылгач — 4, Мойнакское — 5, Ойбурское — 6, Соленое у пос. Молочное — 7, Ярылгач — 8, Кирлеутское — 9, Большое Ялы-Майнакское — 10, Малое Ялы-Майнакское — 11

Fig. 3. Average annual concentrations of mercury in the bottom sediments of hypersalted lakes in Crimea (concentrations of metals in the bottom sediments are given in relation to their content in the Earth's crust), in relative units

Adzhibaychik Lake — 1, Aktash Lake — 2, Aygul Lake — 3, Dzharylhach Lake — 4, Moynak Lake — 5, Oybur Lake — 6, Solenoe Lake — 7, Yarylgach Lake — 8, Kirleut Lake — 9, Bol'shoe Yaly-Moynak Lake — 10, Maloe Yaly-Moynak Lake — 11

- В 2017–2019 гг. величины водородного показателя водной среды исследуемых озер Крыма изменялись в пределах, характерных для природных вод.

- Исследуемые водоемы существенно различаются по содержанию в них растворенного в воде кислорода. На протяжении периода исследований наиболее благоприятный кислородный режим выявлен в оз. Мойнакское, а в 2018 и 2019 гг. — и в оз. Ярылгач.

- Уровень загрязненности исследуемых акваторий тяжелыми металлами достаточно благополучный и не превышает их содержание в земной коре. Обращает на себя внимание достаточно высокое содержание ртути в ряде гипергалинных акваторий. Если в оз. Айгульское такая ситуация может быть объяснена близостью химических предприятий, то в остальных озерах (все они расположены на территории западного Крыма) источники поступления поллютантов в акваторию не ясны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом гидролого-гидрохимические условия исследуемых акваторий в период 2017–2019 гг. были достаточно благоприятными для развития артемии и хирономид, что свидетельствовало об их высокой адаптивности к существующим условиям среды обитания и подтверждалось положительными показателями развития данных видов. Исключением для большинства озер был осенний сезон 2017 г., когда значительное повышение солености привело к гибели хирономид и угнетению популяций артемии.

Следует отметить, что исследования проводились в озере Аджибайчикское (до 2017 г.) и в озере Мойнакское (2017–2018 гг.), однако, в т. ч. в связи с неблагоприятными абиотическими факторами среды обитания промышленных объектов, работы по изучению этих водоемов были приостановлены.

В ряде озер Крыма прослеживалось достаточно высокое содержание ртути. Причиной такой ситуа-

ции в оз. Айгульское (северный Крым) может быть близость химических предприятий. В остальных озерах (все они расположены на территории западного Крыма) источники поступления поллютантов в акваторию не совсем ясны и требуют дополнительных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.Н., Брагина Т.М., Бугаев Л.А., Реков Ю.И. Рыбохозяйственные исследования России в Азово-Черноморском бассейне (к 90-летию ФГБНУ «АзНИИРХ») // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, № 1. С. 11–31. doi: 10.47921/2619-1024_2018_1_1_11.
2. Литвиненко Л.И. Гиперсолёные озера Западной Сибири как среда обитания галофильного рачка артемии // Рыбное хозяйство. 2007. № 6. С. 93–98.
3. Саенко Е.М., Семик А.М., Шляхова Н.А. К вопросу об использовании биоресурсов солоноводных водоемов Ставропольского края // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, № 3–4. С. 102–111.
4. Веснина Л.В., Лукерина Г.В. Особенности генеративной активности популяций артемии в гипергалинных озерах Алтайского края // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020. № 6 (173). С. 32–39.
5. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В., Козлов О.В. Межгодовые колебания промысловых запасов короткоциклового беспозвоночного континентальных водоемов Западной Сибири и проблемы с заблаговременным прогнозом их вылова // Вопросы рыболовства. 2018. Т. 19, № 2. С. 193–205.
6. Садчиков А.П. Культивирование водных и наземных беспозвоночных (принципы и методы). М.: Изд-во Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, МАКС Пресс, 2009. 272 с.
7. Садчиков А.П. Биотехнология культивирования водных беспозвоночных. М.: Изд-во Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, МАКС Пресс, 2008. 160 с.
8. Литвиненко Л.И., Куцанов К.В. Выживаемость и вылупление науплиусов артемии сибирских популяций при разной солёности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 5 (234). С. 51–55.
9. Костромин Е.А. Влияние факторов среды (солёность, температура, освещение) на инкубацию *Artemia salina* в эксперименте // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 42. С. 164–168.
10. Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Куцанов К.В., Габдуллин М.А. Особенности биологии артемии в озерах Урала и Западной Сибири // Экология. 2012. Т. 43, № 4. С. 308–308.
11. Литвиненко Л.И., Гуженко М.В. Влияние некоторых факторов среды на развитие жаброногого рачка артемии — основного галобионта солёных озёр // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 2 (170). С. 81–85.
12. Литвиненко Л.И., Гуженко М.В. Определение оптимальных параметров инкубации цист сибирских популяций артемии // Рыбное хозяйство. 2007. № 2. С. 82–86.
13. Нарчук Э.П. Комары семейства Chironomidae — наиболее адаптированные к водной среде двукрылые насекомые (Diptera) // Евразийский энтомологический журнал. 2004. Т. 3, № 4. С. 259–264.
14. Макаренко Е.А., Макаренко М.А., Зорина О.В., Сергеева И.В. Первые итоги изучения фауны и таксономии хирономид (Diptera, Chironomidae) Российского Дальнего Востока // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Изд-во Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2005. Вып. 3. С. 394–420.
15. Ferrington Jr. L.C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta: Diptera) in freshwater // Hydrobiologia. 2008. Vol. 595, issue 1. Pp. 447–455. doi: 10.1007/s10750-007-9130-1.
16. Беляков В.П., Ануфриева Е.В., Бажора А.И., Шадрин Н.В. Влияние солёности на личинок хирономид (Diptera, Chironomidae) в гиперсолёных водоемах Крыма // Поволжский экологический журнал. 2017. № 3. С. 240–250. doi: 10.18500/1684-7318-2017-3-240-250.
17. Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г., Куцанов К.В., Герасимов А.Г., Разова Л.Ф. Влияние изменения климата на запасы цист артемии в озерах Западной Сибири // Рыбное хозяйство. 2018. № 6. С. 52–59.
18. Боровская Р.В., Загайный Н.А. Сезонная изменчивость гидрологических условий солёных озёр Крыма // Системы контроля окружающей среды — 2018: тезисы докл. Междунар. науч.-техн. конф. (г. Севастополь, 5–9 ноября 2018 г.). Севастополь: Изд-во Института природно-технических систем, Колорит, 2018. С. 76.
19. Пугач М.Н., Жугайло С.С., Авдеева Т.М. Гидрохимические исследования солёных озёр Крыма // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования: матер. II Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию кафедры экологии моря ФГБОУ ВО «КГМУ» (г. Керчь, 15–17 мая 2019 г.). Симферополь: Ариал, 2019. С. 392–398.
20. 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, 2005. 352 с.
21. РД 52.10.243-92 Руководство по химическому анализу морских вод. СПб: Гидрометеоздат, 1993. 264 с.

22. ПНД Ф 16.1.2.2.22-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органоминеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. М.: Изд-во Федерального центра анализа и оценки техногенного воздействия, 2019. 21 с.
 23. ПНД Ф 16.2.2.2.3.71-2011 Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами. М.: Изд-во Федерального центра анализа и оценки техногенного воздействия, 2011. 45 с.
 24. ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. М.: Издательство стандартов, 2000. 21 с.
 25. Жугайло С.С., Авдеева Т.М., Пугач М.Н., Аджиумеров С.Н., Аджиумеров Э.Н. Современное состояние гиперсоленых озер Крыма по гидрохимическим и эколого-токсикологическим показателям // Труды ЮгНИРО. 2017. Т. 54. С. 116–122.
 26. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение: 80-летию ФГУП «АзНИИРХ» посвящается / Сост. А.А. Кленкин, И.Г. Корпакова, Л.Ф. Павленко, З.А. Темердашев. Краснодар: Изд-во АзНИИРХ, 2007. 323 с.
- REFERENCES
1. Belousov V.N., Bragina T.M., Bugaev L.A., Rekov Yu.I. Rybokhozyaystvennye issledovaniya Rossii v Azovo-Chernomorskom bassejne (k 90th letiyu FGBNU "AzNIIRKH") [Fishery research of Russia in the Azov and Black Seas Basin (the 90th Anniversary of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Azov Sea Research Fisheries Institute")]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 11–31. doi: 10.47921/2619-1024_2018_1_1_11. (In Russian).
 2. Litvinenko L.I. Gipersolenye ozera Zapadnoy Sibiri kak sreda obitaniya galofil'nogo rachka artemii [Hyper salty lakes of Western Siberia as the habitat of brine shrimp *Artemia*]. *Rybnoe khozyaystvo [Fisheries]*, 2007, no. 6, pp. 93–98. (In Russian).
 3. Saenko E.M., Semik A.M., Shlyakhova N.A. K voprosu ob ispol'zovanii bioresursov solonovodnykh vodoemov Stavropol'skogo kraya [On the use of biological resources of the salt water reservoirs of Stavropol Krai]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya [Aquatic Bioresources & Environment]*, 2018, vol. 1, no. 3–4, pp. 102–111. (In Russian).
 4. Vesnina L.V., Lukerina G.V. Osobennosti generativnoy aktivnosti populyatsiy artemii v gipergalinnykh ozerakh Altayskogo kraya [Peculiarities of generative activity of populations of *Artemia* in hyperhaline lakes of Altai Region]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo [Fish Breeding and Fisheries]*, 2020, no. 6 (173), pp. 32–39. (In Russian).
 5. Litvinenko L.I., Kutsanov K.V., Kozlov O.V. Mezhdogovye kolebaniya promyslovykh zapasov korotkotsiklovykh bespozvonochnykh kontinental'nykh vodoemov Zapadnoy Sibiri i problemy s zablagovremennym prognozom ikh vylova [Interannual fluctuations in populations of invertebrates with a short life cycle in the continental waters of Western Siberia and problems with the early forecast of their catch]. *Voprosy rybolovstva [Problems of Fisheries]*, 2018, vol. 19, no. 2, pp. 193–205. (In Russian).
 6. Sadchikov A.P. Kul'tivirovanie vodnykh i nazemnykh bespozvonochnykh (printsipy i metody) [Cultivation of aquatic and terrestrial invertebrates (principles and methods)]. Moscow: Moskovskiy gosudarstvennyy universitet im. M.V. Lomonosova [Lomonosov Moscow State University] Publ., MAKS Press, 2009, 272 p. (In Russian).
 7. Sadchikov A.P. Biotekhnologiya kul'tivirovaniya vodnykh bespozvonochnykh [Biotechnology of aqueous invertebrate cultivation]. Moscow: Moskovskiy gosudarstvennyy universitet im. M.V. Lomonosova [Lomonosov Moscow State University] Publ., MAKS Press, 2008, 160 p. (In Russian).
 8. Litvinenko L.I., Kutsanov K.V. Vyzhivaemost' i vyluplenie naupliusov artemii sibirskikh populyatsiy pri raznoy solenosti [Survival and hatching of *Artemia* nauplii of Siberian populations at various salinities]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki [Siberian Herald of Agricultural Science]*, 2013, no. 5 (234), pp. 51–55. (In Russian).
 9. Kostromin E.A. Vliyanie faktorov sredy (solenost', temperatura, osveshchenie) na inkubatsiyu *Artemia salina* v eksperimente [Influence of factors of the environment (salinity, temperature, lighting) on *Artemia salina* incubation in experiment]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University]*, 2016, no. 42, pp. 164–168. (In Russian).
 10. Boyko E.G., Litvinenko L.I., Kutsanov K.V., Gabdullin M.A. Specific features of the biology of *Artemia* in lakes of the Urals and Western Siberia. *Russian Journal of Ecology*, 2012, vol. 43, no. 4, pp. 333–340.
 11. Litvinenko L.I., Guzhenko M.V. Vliyanie nekotorykh faktorov sredy na razvitie zhabronogogo rachka artemii — osnovnogo galobionta solenykh ozer [Effect of some environmental factors on the development of *Artemia* as a main halobiont of salines]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki [Siberian Herald of Agricultural Science]*, 2007, no. 2 (170), pp. 81–85. (In Russian).
 12. Litvinenko L.I., Guzhenko M.V. Opredelenie optimal'nykh parametrov inkubatsii tsist sibirskikh

- populyatsiy artemii [Definition of optimal parameters for hatching of Siberian *Artemia* cysts]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2007, no. 2, pp. 82–86. (In Russian).
13. Narchuk E.P. Komary semeystva Chironomidae — naibolee adaptirovannye k vodnoy srede dvukrylye nasekomye (Diptera) [Chironomid midges, the most adapted Diptera to an aquatic environment]. *Evrasijskiy entomologicheskij zhurnal* [Euroasian Entomological Journal], 2004, vol. 3, no. 4, pp. 259–264. (In Russian).
 14. Makarchenko E.A., Makarchenko M.A., Zorina O.V., Sergeeva I.V. Pervye itogi izucheniya fauny i taksonomii khironomid (Diptera, Chironomidae) Rossiyskogo Dal'nego Vostoka [Preliminary data on fauna and taxonomy of chironomids (Diptera, Chironomidae) of the Russian Far East]. In: *Chteniya pamyati V.Ya. Levanidova* [Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings]. Vladivostok: Federal'nyy nauchnyy tsentr bioraznoobraziya nazemnoy bioty Vostochnoy Azii Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk [Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences] Publ., 2005, issue 3, pp. 394–420. (In Russian).
 15. Ferrington Jr. L.C. Global diversity of non-biting midges (Chironomidae; Insecta: Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 2008, vol. 595, issue 1, pp. 447–455. doi: 10.1007/s10750-007-9130-1.
 16. Belyakov V.P., Anufrieva E.V., Bazhora A.I., Shadrin N.V. Vliyanie solenosti na lichinok khironomid (Diptera, Chironomidae) v gipersolenykh vodoemakh Kryma [Salinity influence on chironomid larvae (Diptera, Chironomidae) in the Crimean hypersaline lakes]. *Povolzhskiy ekologicheskij zhurnal* [Povolzhskiy Journal of Ecology], 2017, no. 3, pp. 240–250. doi: 10.18500/1684-7318-2017-3-240-250. (In Russian).
 17. Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G., Kutsanov K.V., Gerasimov A.G., Razova L.F. Vliyanie izmeneniya klimata na zapasy tsist artemii v ozerakh Zapadnoy Sibiri [Effect of climate change on the *Artemia* cysts stock in Western Siberia lakes]. *Rybnoe khozyaystvo* [Fisheries], 2018, no. 6, pp. 52–59. (In Russian).
 18. Borovskaya R.V., Zagaynyy N.A. Sezonnaya izmenchivost' gidrologicheskikh usloviy solenykh ozer Kryma [Seasonal variations of hydrological conditions of saline lakes in Crimea]. In: *Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy — 2018 : tezisy dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhicheskoy konferentsii (g. Sevastopol', 5–9 noyabrya 2018 g.)* [Monitoring systems of environment — 2018. Abstracts of the International Conference of Scientific and Technical Research (Sevastopol, 5–9 November, 2018)]. Sevastopol: Institut prirodno-tekhicheskikh sistem [Institute of Natural and Technical Systems] Publ., Kolorit [Color.IT], 2018, pp. 76. (In Russian).
 19. Pugach M.N., Zhugaylo S.S., Avdeeva T.M. Gidrokhimicheskie issledovaniya solenykh ozer Kryma [Hydrochemical studies of the saline lakes of Crimea]. In: *Aktual'nye problemy bioraznoobraziya i prirodopol'zovaniya : materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 20-letiyu kafedry ekologii morya FGBOU VO "KGMTU" (g. Kerch', 15–17 maya 2019 g.)* [Actual problems of biodiversity and nature management. Proceedings of the 2nd All-Russian Scientific-Practical Conference, dedicated to the 20th Anniversary of the Marine Ecology Department in the FSBEI HE "KSMTU" (Kerch, 15–17 May, 2019)]. Simferopol: Arial, 2019, pp. 392–398. (In Russian).
 20. Metody rybokhozyaystvennykh i prirodokhrannykh 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., 2005, 352 p. (In Russian).
 21. RD 52.10.243-92 Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh vod [Regulatory Document 52.10.243-92 Guide on chemical analysis of sea water]. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1993, 264 p. (In Russian).
 22. PND F 16.1:2.2.22-98 Kolichestvennyy khimicheskij analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy doli nefteproduktov v mineral'nykh, organogenykh, organomineral'nykh pochvakh i donnykh otlozheniyakh metodom IK-spektrometrii [Federal Environmental Regulation 16.1:2.2.22-98 Quantitative chemical analysis of soils. Methods of measurement of the mass fraction of oil in the mineral, organogenic, organo-mineral soils and sediments by IR spectrometry]. Moscow: Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogennogo vozdeystviya [Federal Centre of Analysis and Assessment of Technogenic Impact] Publ., 2019, 21 p. (In Russian).
 23. PND F 16.2.2:2.3.71-2011 Kolichestvennyy khimicheskij analiz pochv. Metodika izmereniy massovykh doley metallov v osadkakh stochnykh vod, donnykh otlozheniyakh, obraztsakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya spektral'nymi metodami [Federal Environmental Regulation 16.2.2:2.3.71-2011 Quantitative chemical analysis of soil. The method of measuring the mass fraction of metals in sewage sludge, sediments, samples of plant origin by spectral methods]. Moscow: Federal'nyy tsentr analiza i otsenki tekhnogennogo vozdeystviya [Federal Centre of Analysis and Assessment of Technogenic Impact] Publ., 2011, 45 p. (In Russian).
 24. GOST 17.1.2.04-77 Okhrana prirody (SSOP). Gidrosfera. Pokazateli sostoyaniya i pravila taksatsii rybokhozyaystvennykh vodnykh ob'ektov [State Standard 17.1.2.04-77 Nature protection. Hydrosphere. Indices of state and regulations for valuation survey of fishery waters]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Publishing House of Standards], 2000, 21 p. (In Russian).

25. Zhugaylo S.S., Avdeeva T.M., Pugach M.N., Adzhumerov S.N., Adzhumerov E.N. Sovremennoe sostoyanie gipersolenykh ozer Kryma po gidrokhimicheskim i ekologo-toksikologicheskim pokazatelyam [Current state of the hypersaline lakes of Crimea according to hydrochemical and ecotoxicological parameters]. *Trudy YugNIRO [YugNIRO Proceedings]*, 2017, vol. 54, pp. 116–122. (In Russian).
26. Ekosistema Azovskogo morya: antropogennoe zagryaznenie: 80-letiyu FGUP “AzNIIRKH” posvyashchaetsya [Azov Sea ecosystem. Anthropogenic pollution. Dedicated to the 80th Anniversary of the FSUE “AzNIIRKH”]. A.A. Klenkin, I.G. Korpakova, L.F. Pavlenko, Z.A. Temerdashev. (Eds.). Krasnodar: AzNIIRKH Publ., 2007, 323 p. (In Russian).

Поступила 08.11.2020

Принята к печати 22.12.2020