

Экологическое состояние акватории Восточного Сиваша в раннелетний сезон 2020 года

Р. В. Боровская*, С. С. Жугайло, Д. О. Кривогуз, В. А. Шляхов

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»),

Ростов-на-Дону, Россия

**e-mail: borovskaya_r_v@azniirkh.ru*

Поступила 11.01.2021 г.; принята к публикации 17.02.2021 г.; опубликована 25.03.2021 г.

Исследована экосистема Восточного Сиваша в условиях природных и антропогенных воздействий. В качестве исходных эмпирических данных использованы материалы экспедиции Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО», выполненной в раннелетний сезон 2020 г. Отмечены особенности гидролого-гидрохимических условий, а также видового состава, распределения и обилия ихтиопланктона. Показано, что значение рН и содержание нитратов, нитритов и фосфатов не превышали предельно допустимую концентрацию, установленную для рыбохозяйственных водоемов на всей акватории исследования; широк диапазон концентраций растворенного кислорода – 3.63–9.13 мг/дм³. При сравнении условий среды обитания биоценозов в раннелетний сезон 2020 г. с данными аналогичной съемки 2019 г. установлено, что на участке IV температура воды ниже на 1.9–2.7 °С. Можно также констатировать дальнейшее осолонение Сиваша: в 2019 г. минимальная соленость находилась в интервале 32–38 ‰, максимальная составляла 83–86 ‰; в 2020 г. 36–43 ‰ и 91–97 ‰ соответственно. В пространственном распределении диапазон повышения солености составлял 4.36–16.69 ‰ с максимумом на участке II (11.51–16.69 ‰) и восточной половине участка III (13.22 ‰). В меньшей степени (на 4.36–6.26 ‰) увеличение солености отмечалось на участке IV и в западной половине (5.27 ‰) участка III. По результатам обловов планктонной сетью акватории съемки, ихтиопланктон был представлен почти исключительно личинками атерины, которая наиболее плотно распределялась на участке I при солености 89 ‰ и на стыке участков II и III при солености 74 ‰. Верхняя граница солености, при которой происходит воспроизводство атерины, лежит в диапазоне 75–90 ‰. Отсутствие икры и молоди пиленгаса при солености воды выше 32–36 ‰ в мае – июне 2019–2020 гг. в период пика его нереста не дает основания включать залив Сиваш в число районов Азовского моря, имеющих значение для воспроизводства этой рыбы.

Ключевые слова: Восточный Сиваш, метеорологические показатели, абиотические факторы среды, рыбные объекты, межгодовая изменчивость, ихтиопланктон, воспроизводство, атерина, пиленгас.

Благодарности: Работа выполнена в рамках подпрограммы Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») «Комплексное изучение водных биологических ресурсов в Азовском и Черном морях в целях сохранения водных

© Боровская Р. В., Жугайло С. С., Кривогуз Д. О., Шляхов В. А., 2021



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License

биологических ресурсов и среды их обитания, включая государственный мониторинг и определение общих допустимых уловов и рекомендованных объемов добычи (вылова) водных биологических ресурсов в 2020 г.», п. 2.1.1.6.1. «Осуществление государственного мониторинга состояния водных биоресурсов и среды их обитания, сбор дополнительных материалов при осуществлении мониторинга промысла на промысловых судах и прибрежных рыболовецких бригадах о распределении, промысловых скоплениях, уловах и состоянии популяций промысловых рыб в Азовском море». Авторы выражают благодарность сотрудникам Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), обеспечившим непосредственное выполнение сбора и обработки полевых материалов экспедиции: В. В. Журавлеву, В. Л. Мерзликину, В. С. Мельникову, В. В. Патюк, А. Т. Кочергину, а также сотрудникам сектора гидрхимии и оценки воздействия хозяйственной деятельности.

Для цитирования: Экологическое состояние акватории Восточного Сиваша в раннелетний сезон 2020 года / Р. В. Боровская [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 1. С. 84–98. doi:10.22449/2413-5577-2021-1-84-98

Ecological State of the Eastern Sivash Waters in Early Summer of 2020

R. V. Borovskaya*, S. S. Zhugaylo, D. O. Krivoguz, V. A. Shlyakhov

Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), Rostov-on-Don, Russia

**e-mail: borovskaya_r_v@azniirkh.ru*

Submitted 11.01.2021; revised 17.02.2021; published 25.03.2021

The paper studies the ecosystem of the Eastern Sivash in the context of natural and anthropogenic influence. The data collected during the expedition of the Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” conducted in early summer 2020 were used as original empirical evidence. Specific features of hydrological and hydrochemical conditions, as well as species composition, distribution, and abundance of ichthyoplankton were indicated. It was shown that the values of pH, nitrates, nitrites, and phosphates did not exceed MPCs established for fishery water bodies within the entire water area under study; the range of dissolved oxygen content was wide: 3.63–9.13 mg/dm³. By comparison of the environmental status of the biocoenoses during early summer 2020 with the data collected during a similar survey in 2019, it was found that the water temperature at site 4 is lower by 1.9–2.7 °C. Further salinization of the Sivash was recorded: the lowest salinity in 2019 ranged within 32–38 ‰ and the highest one ranged within 83–86 ‰; in 2020, these values were 36–43 ‰ and 91–97 ‰, respectively. In terms of spatial distribution, the range of the increase in salinity was 4.36–16.69 ‰, with the highest value being recorded at site 2 (11.51–16.69 ‰) and the eastern part of site 3 (13.22 ‰). To a lesser extent (by 4.36–6.26 ‰), an increase in salinity was recorded at site 4 and the western part (5.27 ‰) of site 3. The results of plankton net surveys showed that ichthyoplankton was represented almost exclusively by larvae of big-scale sea smelt, which had the densest distribution at site 1 at a salinity of 89 ‰, and on the border between sites 2 and 3 at a salinity of 74 ‰. The upper limit of salinity at which this fish reproduction is possible lies within the range 75–90 ‰. The absence of so-iuy mullet eggs and juveniles at a salinity higher than 32–36 ‰ in May – June of 2019–2020 during the peak of so-iuy mullet spawning does not provide a reason to include the Sivash Bay among the Azov Sea areas important for reproduction of this fish species.

Keywords: Eastern Sivash, meteorological indices, abiotic environmental factors, finfish, inter-annual variability, ichthyoplankton, reproduction, big-scale sand smelt, so-iuy mullet.

Acknowledgments: The work was performed as part of sub-program of the Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) “Multidisciplinary study of the aquatic biological resources in the Sea of Azov and Black Sea aimed at conservation of aquatic biological resources and their habitat, which includes state monitoring and determination of total allowable catches and recommended yield of aquatic biological resources in 2020”, sub-clause 2.1.1.6.1. “Realization of the state monitoring of the status of aquatic bioresources and their habitat, and collection of additional data during the monitoring of fishing operations on board of fishing vessels and in coastal fishing crews, pertaining to fish aggregations of commercial importance, as well as catches and the state of populations of commercial fish species in the Azov Sea”.

The authors express gratitude to their colleagues at the Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”), V. V. Zhuravlev, V. L. Merzlikin, V. S. Melnikov, V. V. Patyuk, A. T. Kochergin, as well as to the colleagues in the Sector of Hydrochemistry and Assessment of the Impact of Economic Activity.

For citation: Borovskaya, R.V., Zhugaylo, S.S., Krivoguz, D.O. and Shlyakhov, V.A., 2021. Ecological State of the Eastern Sivash Waters in Early Summer of 2020. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (1), pp. 84–98. doi:10.22449/2413-5577-2021-1-84-98 (in Russian).

Введение

Залив Сиваш является частью Азовского моря. Экосистема залива на протяжении многих веков претерпевала большие изменения, связанные в первую очередь с периодическим разрушением намываемой морем Арабатской стрелки, строительством и вводом в эксплуатацию Северо-Крымского канала, перекрытием этого огромного гидротехнического сооружения в 2014 г.

Рыбохозяйственные исследования залива начались достаточно давно. В разные сезоны 1935–1936 гг. в Восточном Сиваше АзЧерНИРО провел шесть комплексных экспедиций с широко развернутой программой наблюдений, результаты которых использовались для оценки состояния водных биоресурсов и среды их обитания.

Число станций варьировало в пределах 17–52. В обобщающих трудах¹⁾ по результатам экспедиций дана характеристика гидролого-гидрохимических условий по четырем условно выделенным районам; гидробиологическая характеристика, в которой, согласно геологической истории, в Сиваше выделялись три группы организмов – древнеэвксинские (понтические и сарматские) реликты (остатки фауны Понто-Арало-Каспийского бассейна), средиземноморские иммигранты и ультрагалинские виды.

Один из разделов посвящен трем группам рыб, обитающим в Сиваше: постоянно живущие в заливе (камбала, глосса, глосик, бычок-сивашник, морской конек и иглы); заходящие и откармливающиеся (кефаль, лобан, азовская хамса, сельдь, атерина, ставридка); случайно заходящие на непродолжительный срок (севрюга, калкан, шемая, сазан, тюлька, барабулька, судак, морской петух и другие). Некоторые рыбы первой группы и все второй являются промысловыми объектами, но имеют различную ценность.

¹⁾ Воробьев В. П. Гидробиологический очерк восточного Сиваша и возможность его рыбохозяйственного использования // Труды АзЧерНИРО. 1940. Вып. 12, ч. I. С. 69–164.

В настоящее время, в период климатических изменений, а также интенсивного антропогенного вмешательства, исследованием экосистемы залива Сиваш занимаются сотрудники ведущих научных учреждений Крыма. Так, изменениям в заливе факторов среды обитания водных биоценозов посвящены работы [1–3], непосредственно водному балансу и его составляющим, а также водообмену с Азовским морем – работы [4–7], исследованию изменений ресурсного потенциала – работы [8, 9], методам оценки и системе экологического мониторинга в современных условиях – работы [10, 11]. Использование современных дистанционных методов в изучении Сиваша рассматривается в работах [12, 13].

В Азово-Черноморском бассейне к основным современным направлениям рыбохозяйственной науки относятся мониторинг и прогнозирование состояния водных экосистем, рациональное использование биологических ресурсов и разработка рекомендаций для устойчивого развития рыбохозяйственной отрасли региона [14]. Поэтому исследование экосистемы залива Сиваш, представляющего собой часть Азовского моря, является актуальным.

Цель настоящей работы – изложение обобщающих результатов гидролого-гидрохимических и ихтиопланктонных исследований, которые были получены в собственной комплексной экспедиции в июне 2020 г.

Материалы и методы

В качестве основного источника исходных эмпирических данных использованы материалы экспедиции, проведенной 11–15 июня 2020 г. на маломерном судне типа «Казанка-5М». За время работ из планируемых 17 станций в центральной и юго-восточной части Восточного Сиваша выполнено 16. Из-за сгонного ветра и обмеления берега у Арабатской стрелки провести работы на ст. 3 (удалена от ст. 2 приблизительно на два километра) не удалось (рис. 1).

За период исследований в общей сложности было выполнено 176 измерений параметров среды, обработано 128 проб воды. Всего было измерено 19 параметров (гидрологические: температура воды, прозрачность, цвет,

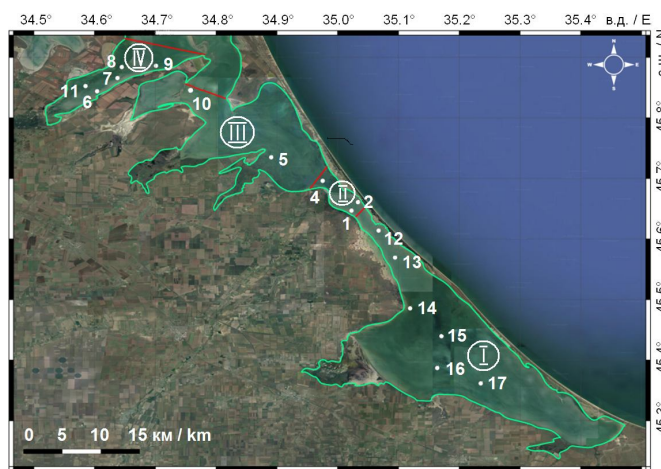


Рис. 1. Карта-схема станций в заливе Сиваш

Fig. 1. The outline map of sampling stations in the Sivash Bay

степень волнения, соленость; гидрохимические: содержание в воде растворенного кислорода, рН, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), содержание аммония, нитратов, фосфатов, диоксида азота; метеорологические: температура воздуха, направление и скорость (средняя и максимальная) ветра, облачность общая и формы облаков, наличие осадков).

Ввиду мелководности водоема измерение параметров и отбор проб воды осуществлялись с поверхностного горизонта. Для отбора проб применялся батометр гидрологический объемом 1 л. В ходе экспедиции на каждой станции температуру воды измеряли при помощи термометра ТМ-10, прозрачность – при помощи диска Секки (диск белый ДБ-1М), цвет оценивали по шкале цветности. Соленость воды определялась в лаборатории по возвращении на электросолемере ГМ-2007. Выполнялся также полный комплекс метеорологических наблюдений.

Анализ гидрохимических параметров (рН, растворенный кислород, БПК₅, минеральные формы азота и фосфора) выполнялся по руководящему документу РД 52.10.243-92. Оценка качества вод по гидрохимическим показателям проводилась в соответствии с нормативами качества воды водных рыбохозяйственных объектов (Приказ Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13.12.2016 г.).

При обработке проб применялось метрологически аттестованное оборудование лаборатории рыбохозяйственной экологии Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»).

Для визуализации пространственного распределения данные, собранные в результате полевых исследований, были интерполированы с помощью алгоритма TIN в QGIS. Суть интерполяции заключается в использовании входных значений, с помощью которых на основе пространственного распределения исходных данных создается поверхность, сформированная из треугольников.

Сбор проб ихтиопланктона осуществляли икорной сетью ИКС-40 из мельничного газа № 15 с диаметром 40 см, поскольку из-за малых глубин Восточного Сиваша и его сильного зарастания высшей водной растительностью применение стандартной икорной сети ИКС-80 было бы менее эффективно. Облов сетью проводился по циркуляции плавсредства (моторной лодки) со скоростью 1.1 м/с в течение 5 мин. Дальнейшая техника отбора, фиксации и камеральной обработки проб не отличалась от стандартной²⁾.

Результаты

По гидролого-гидрохимическим показателям и в первую очередь по солености вод исследуемая акватория условно была подразделена на четыре участка: I (станции 12–17), II (станции 1–4), III (станции 5, 10), IV (станции 6–9, 11).

Гидрометеорологические и гидрохимические условия

Участок I. Работы на данной акватории выполнялись три дня. Температура воздуха изменялась в пределах от 25.8 °С (в первый день) до 24.4 °С (в третий день). Ветер был преимущественно восточных румбов. Средняя скорость ветра составила 1.9–9.6 м/с при максимальных порывах до 14.5 м/с 11 июня. Облачность варьировала в интервале 4–10 баллов. Глубины составляли

²⁾ Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне / Под ред. С. П. Воловика, И. Г. Корпаковой. Краснодар : Изд-во АзНИИРХ, 2005. 352 с.

0.80–2.10 м. Температура воды изменялась в значительных пределах и составляла 25.2–27.4 °С. Наибольшие значения температуры отмечались на ст. 14 в районе с. Дмитровка. Соленость колебалась в большом диапазоне – от 74.74 до 97.44 ‰. Максимальные значения солености прослеживались в центральной части исследуемой акватории. Минимальные показатели температуры наблюдались при входе с восточной стороны и в центре пролива Южного [9], солености – в центральной части пролива в районе Арабатской стрелки. Прозрачность вод из-за штормового перемешивания составляла 0.35–0.45 м, цветность – XI и XIII баллов. Течение преимущественно ветровое, переменных направлений. Степень волнения I–II балла, максимальная высота волны 0.40–0.50 м. Пространственное распределение гидрологических параметров представлено на рис. 2.

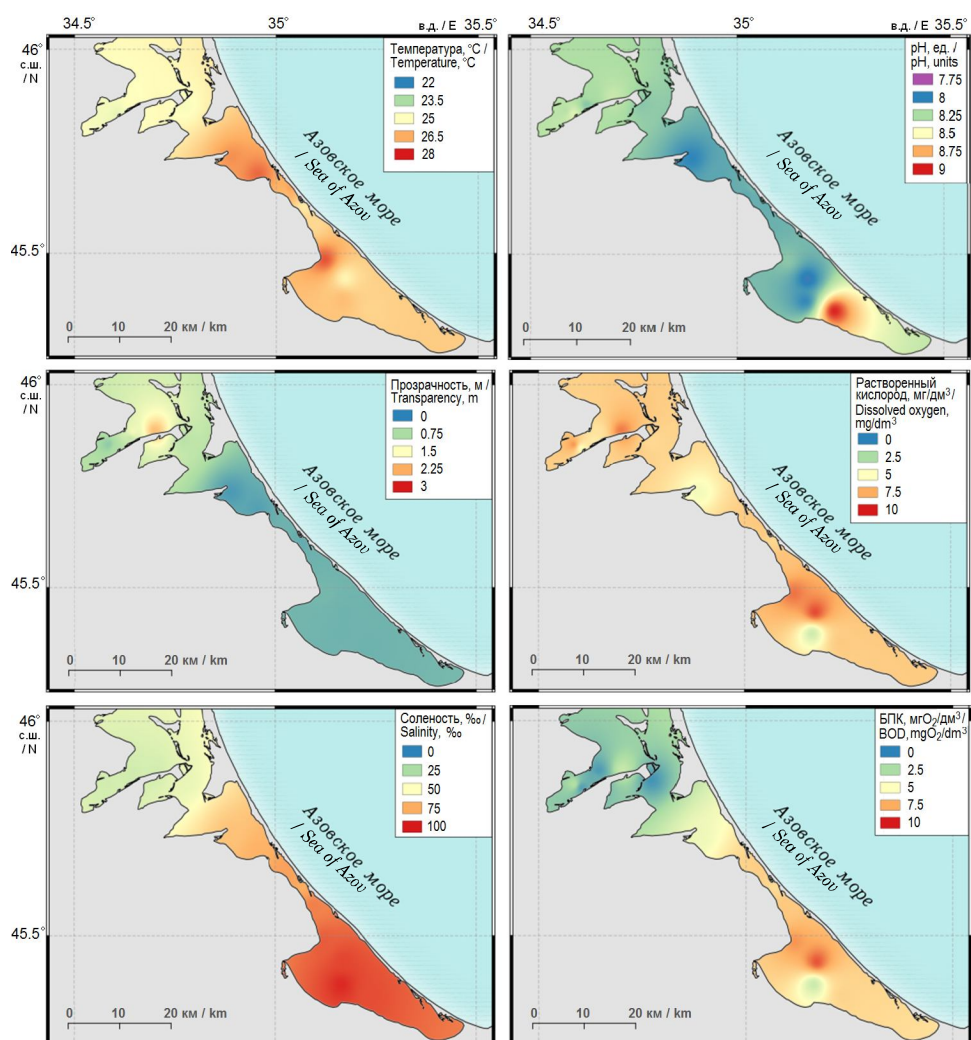


Рис. 2. Пространственное распределение гидролого-гидрохимических параметров

Fig. 2. Spatial distribution of hydrological and hydrochemical parameters

Концентрация растворенного кислорода изменялась в широком диапазоне 3.63–9.13 мг/дм³ (рис. 2) и только на единственной станции была ниже нормируемого уровня (6 мг/дм³). Такой разброс значений может быть следствием резкой смены метеорологических условий, наблюдавшихся в период исследования данного участка 11–14 июня. Достаточно высоким было содержание лабильного органического вещества, нормируемое значение БПК₅ было превышено на участке в 1.7–4.3 раза. Концентрация ионов аммония не превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов (2.9 мг/дм³) и в основном была на уровне 0.4 мг/дм³. Только на единственной станции, ближайшей к участку II, она составила 1.5 мг/дм³ (рис. 3).

Участок II. Погода 14 июня была теплой (температура воздуха 24.6–25.2 °С), малооблачной (4 балла). Ветер восточного-юго-восточного направления скоростью 6–8 м/с при порывах до 10–12 м/с. Глубины 0.95–1.10 м. Температура воды составляла 26.3–27.2 °С, наибольшие показатели отмечались по периферии на границе с участком III. Соленость изменялась в незначительных пределах – от 73.54 до 77.32 ‰. Максимальные ее значения прослеживались в самой узкой части пролива Южного, минимальные – на акватории максимальных температур. На участке II прозрачность воды находилась в прямой зависимости от скорости ветра, понижаясь в результате штормового перемешивания (степень волнения II балла, высота волны 0.4–0.5 м) (рис. 2). Цвет воды XIII–XIV баллов. Течение западного-северо-западного направления.

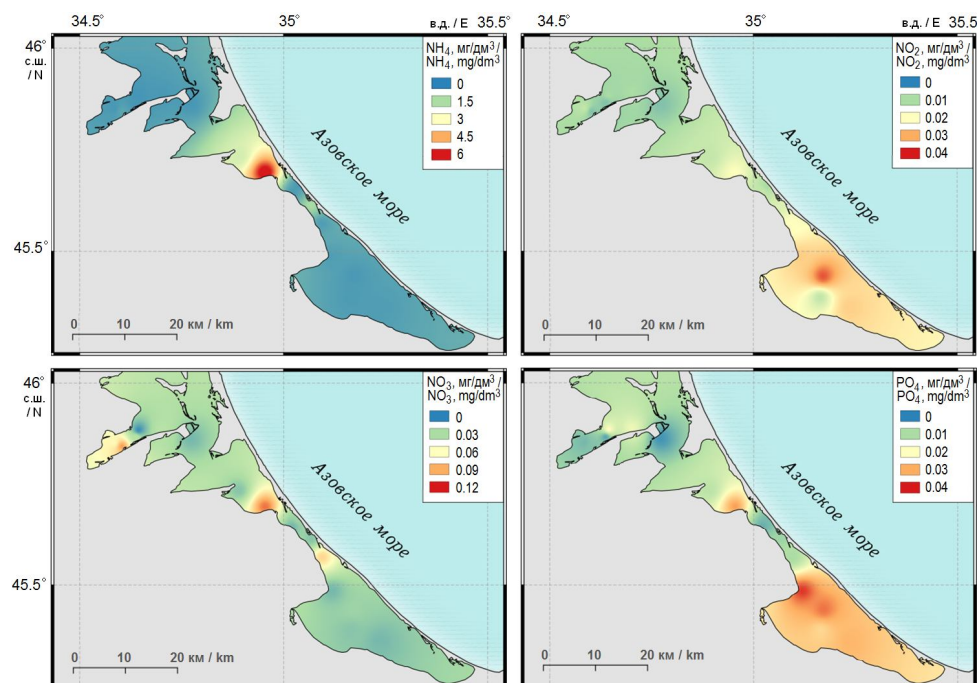


Рис. 3. Пространственное распределение гидрохимических параметров

Fig. 3. Spatial distribution of hydrochemical parameters

Концентрация растворенного кислорода изменялась в небольшом диапазоне – от 6.46 до 6.88 мг/дм³; величина БПК₅ превышала норму в 3.0–3.2 раза; концентрация аммония солевого находилась, как правило, на уровне 0.4 мг/дм³, лишь на одной станции (в прибрежных водах близ заказника «Присивашский») отмечено аномально высокое его содержание – 2.3 ПДК, что может быть связано с антропогенными источниками загрязнения (рис. 3).

Участок III. Включает две станции, периферийные относительно участков II и IV. Погода была относительно теплой: 24.1–25.1 °С. В районе ст. 5 дул ветер восточного-юго-восточного направления. Средняя скорость ветра составляла 8.0 м/с порывами до 12.0 м/с. В районе ст. 10 наблюдался слабый ветер (0.6 м/с, порывы до 2.2 м/с) юго-западного направления. Облачность 6 и 9 баллов соответственно. Глубины 0.82–1.10 м. Широкий диапазон значений отмечен для всех гидрологических параметров (рис. 2). Диапазон температуры воды составлял 24.9–26.8 °С, солености 43.18–68.90 ‰, прозрачности 0.20–0.90 м, цвет VI и XVIII, степень волнения I–II балла (0.1–0.50 м).

Содержание растворенного кислорода в центре исследуемой акватории составило 4.68 мг/дм³, здесь же отмечено превышение ПДК биохимического потребления кислорода в 2.2 раза и высокое содержание аммония – 2.235 мг/дм³, тем не менее данный показатель был ниже нормируемого. На станции, прилегающей к участку IV, кислородный режим исследуемой части акватории был удовлетворительным для жизнедеятельности гидробионтов, превышений нормируемых величин не отмечено.

Значения рН, содержание нитратов, нитритов и фосфатов не превышали ПДК, установленных для рыбохозяйственных водоемов на всей акватории исследования (рис. 2, 3).

Участок IV. Работы выполнены 12 июня. Погода была прохладной. (21.8–23.4 °С с понижением во второй половине дня) и ветреной (порывы до 11.4–13.4 м/с). Облачность 9–10 баллов, периодически выпадали осадки разной интенсивности вплоть до ливневых. Ветер западных румбов. Глубины 1.0–2.1 м. Диапазон значений температуры воды составлял 24.6–25.1 °С; солености 36.44–37.28 ‰. Для участка IV характерны наименьшие показатели солености (см. рис. 2), а также наименьший диапазон изменения как температуры, так и солености воды. Прозрачность и цвет воды изменялись в широких пределах: 0.6–2.1 м и VI–IX соответственно. Преобладало течение восточных румбов. Степень волнения II балла (0.25–0.50 м).

В водной среде участка содержание растворенного кислорода находилось в пределах 5.05–7.87 мг/дм³, однако в целом степень насыщенности кислородом вод данной акватории составила более 100 % (данный параметр можно было определить только для этого участка, поскольку соленость вод не превышала 40 ‰). Незначительное превышение БПК₅ (в 1.3–1.7 раза) наблюдалось на 40 % исследуемой акватории (см. рис. 2). Концентрации аммония солевого были в диапазоне 0.3–0.5 мг/дм³ (рис. 3).

Средние значения гидрологических и гидрохимических параметров представлены в табл. 1–2.

Таким образом, наибольшие показатели температуры и солености отмечались на участках I и II и в восточной половине участка III исследуемой акватории, прозрачности – на участке IV залива. Степень волнения

Таблица 1. Средние значения гидрологических параметров водной среды Восточного Сиваша по результатам экспедиционных исследований в июне 2020 г.

Table 1. Average values of hydrological parameters of the Eastern Sivash aquatic environment according to the results of expeditionary surveys in June, 2020

Номер участка / Site no.	Глубина, м / Depth, m	Температура, °С / Temperature, °C	Соленость, ‰ / Salinity, ‰	Прозрачность, м / Transparency, m	Цвет, баллы / Colour, scores
I	1.50	25.95	87.98	0.40	XI, XIII
II	1.00	26.70	75.99	0.35	XIII, XIV
III	0.96	25.85	56.04	0.55	VI, XVIII
IV	1.62	24.90	36.77	1.18	VI–IX

Таблица 2. Средние значения гидрохимических параметров водной среды Восточного Сиваша по результатам экспедиционных исследований в июне 2020 г.

Table 2. Average values of hydrochemical parameters of the Eastern Sivash aquatic environment according to the results of expeditionary surveys in June, 2020

Номер участка / Site no.	Глубина, м / Depth, m	Растворенный кислород, мг/дм ³ / Dissolved oxygen, mg/dm ³	БПК, мгО ₂ /дм ³ / BOD, mgO ₂ /dm ³	рН, ед. / pH, units	Концентрация биогенных веществ, мг/дм ³ / Nutrient concentration, mg/dm ³			
					NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
I	1.50	6.83	6.59	8.23	0.60	0.02	0.03	0.02
II	1.00	6.64	6.50	8.12	2.46	0.01	0.05	0.01
III	0.96	5.44	2.53	8.10	1.29	0.01	0.02	0.01
IV	1.62	6.55	1.76	8.30	0.39	0.01	0.05	0.01

составляла преимущественно II балла. Цвет воды на участке IV был больше всего приближен к морской. По сравнению с началом июня 2019 г., когда была выполнена аналогичная съемка, на участке IV температура воды была значительно ниже – на 1.9–2.7 °С. Соленость, по сравнению с раннелетним сезоном предыдущего 2019 г., повысилась на 4.36–16.69 ‰ с максимумом на участке II (11.51–16.69 ‰) и восточной половине участка IV (13.22 ‰). В меньшей степени (на 4.36–6.26 ‰) повышение солености отмечалось на участке IV и в западной половине (5.27 ‰) участка III.

Диапазон концентраций растворенного кислорода был довольно широк – от 3.63 до 9.13 мг/дм³, что может объясняться резкой сменой метеорологических условий, наблюдавшихся в период отбора проб. Аномально высокие концентрации аммония, зафиксированные на двух станциях (сопредельные участки II и III), не характерны для природных вод и, вероятно, связаны с антропогенным источником загрязнения. Значения рН и содержание нитратов, нитритов и фосфатов не превышали ПДК, установленные для рыбохозяйственных водоемов на всей акватории исследования.

Результаты ихтиопланктонных исследований

В пробах присутствовали почти исключительно личинки атерины, лишь в пробе на ст. 11 обнаружена единичная личинка бычка-кругляка. Личинок пиленгаса, кефалей и других видов рыб обнаружено не было. Икра рыб в пробах не отмечалась. Пространственное распределение плотности личинок атерины в зоне учета представлено на рис. 4.

Максимальные уловы личинок атерины отмечены на станциях с высокой соленостью воды – в южной части Сиваша на участке I (район с. Дмитровка, 1020 шт. в пробе) и в средней части залива на участке II, на границе с участком III (в районе с. Любимовка, 858 шт. в пробе). В наименее соленой части района съемки, у с. Мысового и пос. Чайкино (участки III и IV), уловы личинок не превышали 250 экз. на сеть.

Среднее количество личинок атерины в съемке составляло 172 экз. на сеть. Размерный состав личинок атерины представлен в табл. 3.

В пробах, собранных в средней части Сиваша в июне 2019 г. в районе впадения р. Салгир (с. Любимовка), максимальное количество личинок в пробе доходило до 531 экз. на сеть. В северо-западной части Сиваша (пос. Чайкино) максимальные уловы достигали 49 экз. на сеть, в южной части уловы молоди отсутствовали или были очень низкими.

При сравнении данных июньских съемок за два года ясно, что видовой состав ихтиопланктона сходен (доминирование атерины, отсутствие пиленгаса и аборигенных кефалей), а показатели плотности распределения личинок рыб в ихтиопланктонном сообществе были сопоставимы. Икрометание взрослых рыб и затем нагул личинок атерины в большей степени наблюдается в районе устья р. Салгир.

Нерестовый период у атерины растянут с мая по август, а температура воды, при которой происходит нерест, развитие икры и личинок, колеблется

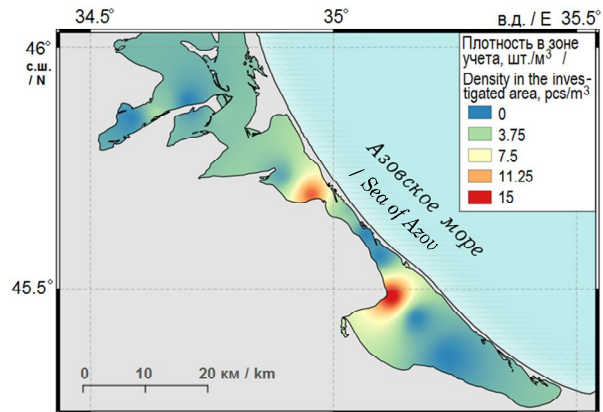


Рис. 4. Плотность личинок атерины в зоне учета

Fig. 4. Density of big-scale sand smelt in the investigated area

Таблица 3. Размерный состав личинок атерины в уловах икорной сети

Table 3. Length composition of big-scale sand smelt larvae in the egg net catches

Длина, мм / Length, mm	0–5	6–10	11–15	16–20
Доля личинок данного размера во всех уловах, % / Larva ratio of given size in all catches, %	13.9	32.9	36.1	17.1

в значительных пределах. Как указывает В. П. Воробьев¹⁾, исследовавший залив Сиваш в 1940-е гг., молодь атерины приспособлена к обитанию в воде с высокой соленостью и низким содержанием кислорода. В те годы она встречалась в массовых количествах на участках Сиваша, где соленость достигала 72 ‰. По результатам июньской съемки 2020 г. можно констатировать, что верхняя граница солености, при которой происходит воспроизводство атерины, выше и лежит в диапазоне 75–90 ‰.

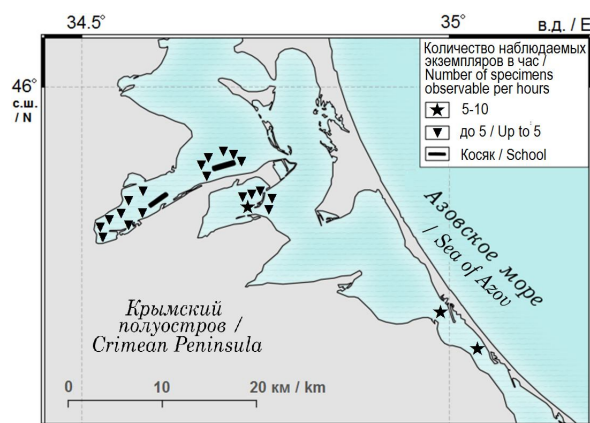


Рис. 5. Распределение пиленгаса в мае 2019 г. на обследованном участке Сиваша по данным визуальных наблюдений

Fig. 5. So-iuyu mullet distribution in May 2019 in the investigated area of the Sivash according to the observational data

в мае – июне 2019–2020 гг., то есть в период пика его нереста в Азово-Черноморском бассейне, не позволяет говорить о какой-либо значимости российской акватории Восточного Сиваша как района воспроизводства этой рыбы. В майской съемке 2019 г., помимо лова ихтиопланктонной сетью, производились постановки сетей с ячеей 50–60 мм, в уловах которых присутствовал взрослый пиленгас. Половина выловленных особей находилась в преднерестовом и нерестовом состоянии, другая – в посленерестовом.

Отсутствие развивающейся икры и личинок пиленгаса в наших ихтиопланктонных пробах 2019–2020 гг. можно интерпретировать как потерю способности пиленгаса к эффективному воспроизводству при солености воды 32.0–33.5 ‰ (как в нативном дальневосточном ареале), тем более при повышенной солености, поскольку он адаптировался к размножению в воде с соленостью Азовского моря.

Заключение

При сопоставлении результатов съемок раннелетнего сезона 2019 и 2020 гг. можно констатировать дальнейшее продолжение процесса осолонения Сиваша: в 2019 г. минимальная соленость находилась в диапазоне 32–38 ‰, максимальная – 83–86 ‰, в 2020 г. 36–43 ‰ и 91–97 ‰ соответственно. По гидролого-гидрохимическим показателям в середине июня 2020 г. воды западной половины участка III можно было бы отнести к участку IV, а воды восточной половины этой же акватории – к участку II.

Погодные условия во время июньской съемки 2020 г. не позволили провести визуальные наблюдения за распределением пиленгаса, который на шум лодочного мотора реагирует вскидыванием. По данным таких наблюдений, проведенных 16–27 мая 2019 г. при ихтиологической съемке Сиваша, пиленгас наиболее плотно распределялся на акватории участков III (западная оконечность) и IV (рис. 5), где соленость вод была наименьшей.

Отсутствие икры и молоди пиленгаса при солености воды выше 32–36 ‰

Наиболее благоприятные условия среды (температура, соленость и содержание растворенного в воде кислорода) для жизнедеятельности пиленгаса сложились на участке IV.

Отмечено сокращение площадей с оптимальными для воспроизводства и нагула пиленгаса, аборигенных кефалей и глоссы значениями солености морской воды (не более 40–45 ‰). У крымского побережья Восточного Сиваша такая соленость в июне 2020 г. сохранилась только на участках, прилегающих к побережью Джанкойского района.

Единственным объектом рыболовства, сохранившим способность к эффективному воспроизводству на большей части акватории Сиваша, остается атерина. Верхняя граница солености, при которой происходит ее воспроизводство, лежит в диапазоне 75–90 ‰.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков Н. Н., Липченко А. Е., Рябинин А. И. Современные гидрометеорологические условия в Черном и Азовском морях // Труды ГОИН. Обнинск : Изд-во Артифлекс, 2016. Вып. 217. С. 222–240.
2. Совга Е. Е., Еремина Е. С., Латушкин А. А. Экспедиционные исследования, проведенные Морским гидрофизическим институтом в акватории залива Сиваш весной и осенью 2018 года // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36, № 2. С. 176–185. doi:10.22449/0233-7584-2020-2-176-185
3. Экспедиционные исследования Морского гидрофизического института в Восточном Сиваше весной и осенью 2014 года / П. Д. Ломакин [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. Вып. 28. С. 138–145.
4. Дьяков Н. Н., Белогудов А. А., Тимошенко Т. Ю. Оценка составляющих водного баланса залива Сиваш // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. Вып. 27. С. 439–445.
5. Совга Е. Е., Еремина Е. С., Хмара Т. В. Водный баланс залива Сиваш в условиях изменчивости природно-климатических и антропогенных факторов // Морской гидрофизический журнал. Т. 34, № 1. С. 71–81. doi:10.22449/0233-7584-2018-1-71-81
6. Еремина Е. С., Евстигнеев В. П. Межгодовая изменчивость водообмена между Азовским морем и заливом Сиваш через пролив Тонкий // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36, № 5. С. 532–544. doi:10.22449/0233-7584-2020-5-532-544
7. Евстигнеев В. П., Еремина Е. С. Расчет количества осадков, выпадающих на поверхность залива Сиваш // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2019. Вып. 2. С. 19–29. doi:10.22449/2413-5577-2019-2-19-29
8. Изменения ресурсного потенциала залива Сиваш (Азовское море) после перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 году / Е. С. Щурова [и др.] // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования: сборник материалов III Всероссийской конференции. Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2016. С. 296–307.
9. Совга Е. Е., Щурова Е. С. Ресурсный потенциал озера Сиваш и современное экологическое состояние его акватории // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2013. Вып. 27. С. 276–284.

10. О методах оценки современного состояния акватории залива Сиваш в условиях перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 году / Е. А. Позаченюк [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Вып. 4. С. 41–49.
11. *Совга Е. Е., Еремина Е. С., Дьяков Н. Н.* Система экологического мониторинга залива Сиваш в современных условиях // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018. Вып. 2. С. 22–38. doi:10.22449/2413-5577-2018-2-22-38
12. *Щурова Е. С., Станичная Р. Р., Станичный С. В.* Использование спутниковых данных для исследования современного состояния залива Сиваш // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Вып. 3. С. 61–64.
13. *Еремина Е. С., Харитоновна Л. В., Станичный С. В.* Оценки влияния перекрытия Северо-Крымского канала на изменчивость морфометрических характеристик залива Сиваш по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15, № 7. С. 175–183. doi:10.21046/2070-7401-2018-15-7-175-183
14. Рыбохозяйственные исследования России в Азово-Черноморском бассейне (к 90-летию ФГБНУ «АзНИИРХ») / В. Н. Белоусов [и др.] // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, № 1. С. 11–31. doi:10.47921/2619-1024_2018_1_1_11

Об авторах:

Боровская Раиса Васильевна, заведующий сектором промысловой океанографии, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ) (344002, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, д. 21в), кандидат географических наук, старший научный сотрудник, **ORCID ID: 0000-0003-1068-631X**, **SPIN-код: 3254-5003**, *borovskaya_r_v@azniirkh.ru*

Жугайло Светлана Станиславовна, заведующий сектором гидрохимии и оценки воздействия хозяйственной деятельности, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ) (344002, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, д. 21в), **ORCID ID: 0000-0001-9102-3619**, **SPIN-код: 5918-0804**, **Researcher ID: G-3303-2014**, *zhugaylo_s_s@azniirkh.ru*

Кривогуз Денис Олегович, главный специалист, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ) (344002, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, д. 21в), кандидат географических наук, **ORCID ID: 0000-0002-7368-3303**, **SPIN-код: 7454-9446**, *krivoguz_d_o@azniirkh.ru*

Шляхов Владислав Алексеевич, заведующий лабораторией водных биологических ресурсов, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (АзНИИРХ) (344002, Россия, Ростов-на-Дону, ул. Береговая, д. 21в), кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, **ORCID ID: 0000-0002-9658-7250**, **SPIN-код: 9785-6939**, *shlyahov_v_a@azniirkh.ru*

Заявленный вклад авторов:

Боровская Раиса Васильевна – участие в экспедиции; обработка, анализ и интерпретация гидрологических материалов наблюдений, подготовка текста; существенный вклад в концепцию статьи, идею, подготовку и оформление рукописи

Жугайло Светлана Станиславовна – анализ и интерпретация материалов наблюдений, существенный вклад в подготовку текста статьи по гидрохимическим исследованиям

Кривогуз Денис Олегович – разработка методик и проведение экспериментальных исследований, существенный вклад в оформление рукописи

Шляхов Владислав Алексеевич – анализ и интерпретация материалов наблюдений, подготовка текста статьи по ихтиопланктонным исследованиям, весомые правки при просмотре статьи

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Dyakov, N.N., Lipchenko, A.E. and Ryabinin, A.I., 2016. Modern Hydrometeorological Conditions in the Black and Azov Seas. In: E. V. Borisov, ed., 2016. *Proceedings of N.N. Zubov State Oceanographic Institute*. Obninsk: Izd-vo Artifeks. Iss. 217, pp. 222–240 (in Russian).
2. Sovga, E.E., Eremina, E.S. and Latushkin, A.A., 2020. Research Expeditions Performed by Marine Hydrophysical Institute in the Sivash Bay Waters in Spring and Autumn, 2018. *Physical Oceanography*, 27(2), pp. 161–170. doi:10.22449/1573-160X-2020-2-161-170
3. Lomakin, P.D., Sovga, E.E., Shchurova, E.S. and Ovsyany, E.I., 2014. [MHI Field Research in the East Sivash in Spring and Autumn 2014]. In: MHI, 2014. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 28, pp. 138–145 (in Russian).
4. Dyakov, N.N., Belogradov, A.A. and Timoshenko, T.Yu., 2013. [Assessment of the Water Budget Components in the Sivash Bay]. In: MHI, 2013. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 27, pp. 439–445 (in Russian).
5. Sovga, E.E., Eryemina, E.S. and Khmara, T.V., 2018. Water Balance in the Sivash Bay as a Result of Variability of the Natural-climatic and Anthropogenic Factors. *Physical Oceanography*, 25(1), pp. 67–76. doi:10.22449/1573-160X-2018-1-67-76
6. Eremina, E.S. and Evstigneev, V.P., 2020. Inter-Annual Variability of Water Exchange between the Azov Sea and the Sivash Bay through the Tonky Strait. *Physical Oceanography*, 27(5), pp. 489–500. doi:10.22449/1573-160X-2020-5-489-500
7. Evstigneev, V.P. and Eremina, E.S., 2019. Calculation of Precipitation over the Sivash Bay. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 19–20. doi:10.22449/2413-5577-2019-2-19-29 (in Russian).
8. Shchurova, E.S., Sovga, E.E., Khmara, T.V. and Lomakin, P.D., 2016. Adjustment of the Resource Potential of the Sivash Bay (the Sea of Azov) after the North-Crimean Canal Damming in 2014]. In: SFedU, 2016. [*Ecology. Economy. Informatics. The Sea of Azov, the Kerch Strait and Near-Strait Zones in the Black Sea: the Problems of Management of Coastal Territories to Ensure Ecological Safety and Sustainable Nature Exploitation. Collection of Proceedings of the 3rd All-Russian Conference*]. Rostov-on-Don: SFedU Publ., pp. 296–307 (in Russian).
9. Sovga, E.E. and Scshurova, E.S., 2013. [Resource Potential of the Sivash Lake and Current Ecological State of its Waters]. In: MHI, 2013. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 27, pp. 276–284 (in Russian).
10. Pozachenyuk, E.A., Sovga, E.E., Khmara, T.V., Kharitonova, L.V. and Shchurova, E.S., 2016. Methods of Assessment of the Sivash Lagoon State under the North Crimean Canal Overlap in 2014. In: MHI, 2016. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shel'fa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 4, pp. 41–49 (in Russian).

11. Sovga, E.E., Eremina, E.S. and D'yakov, N.N., 2018. System of the Ecological Monitoring in the Sivash Bay in the Modern Conditions. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 22–38. doi:10.22449/2413-5577-2018-2-22-38 (in Russian).
12. Shchurova, E.S., Stanichnaya, R.R. and Stanichnyy, S.V., 2016. Satellite Data for Investigation of Recent State in the Sivash Bay. In: MHI, 2016. *Ekologicheskaya Bezopasnost' Pribrezhnykh i Shel'fovykh Zon i Kompleksnoe Ispol'zovanie Resursov Shelfa* [Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones and Comprehensive Use of Shelf Resources]. Sevastopol: ECOSI-Gidrofizika. Iss. 3, pp. 61–64 (in Russian).
13. Eremina, E.S., Kharitonova, L.V. and Stanichny, S.V., 2018. Estimates of the North-Crimean Canal Cut-Off Effect on the Variability of the Sivash Bay Morphometric Characteristics on Satellite Data. *Sovremennyye Problemy Distsionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa = Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 15(7), pp. 175–183. doi:10.21046/2070-7401-2018-15-7-175-183 (in Russian).
14. Belousov, V.N., Bragina, T.M., Bugaev, L.A. and Rekov, Yu.I., 2018. 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”). *Aquatic Bioresources & Environment*, 1(1), pp. 1–31. doi:10.47921/2619-1024_2018_1_1_11 (in Russian).

About the authors:

Raisa V. Borovskaya, Head of Sector of Fisheries Oceanography, Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) (21v Beregovaya St., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation), Ph.D. (Geogr.), Senior Research Associate, **ORCID ID: 0000-0003-1068-631X**, **SPIN-code: 3254-5003**, *borovskaya_r_v@azniirkh.ru*

Svetlana S. Zhugaylo, Head of Sector of Hydrochemistry and Assessment of the Impact of Economic Activity, Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) (21v Beregovaya St., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation), **ORCID ID: 0000-0001-9102-3619**, **SPIN-code: 5918-0804**, **ResearcherID: G-3303-2014**, *zhugaylo_s_s@azniirkh.ru*

Denis O. Krivoguz, Chief Specialist, Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) (21v Beregovaya St., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation), Ph.D. (Geogr.), **ORCID ID: 0000-0002-7368-3303**, **SPIN-code: 7454-9446**, *krivoguz_d_o@azniirkh.ru*

Vladislav A. Shlyakhov, Head of Laboratory of Aquatic Biological Resources, Azov-Black Sea Branch of the FSBSI “VNIRO” (“AzNIIRKH”) (21v Beregovaya St., Rostov-on-Don, 344002, Russian Federation), Ph.D. (Biol.), Senior Research Associate, **ORCID ID: 0000-0002-9658-7250**, **SPIN-code: 9785-6939**, *shlyahov_v_a@azniirkh.ru*

Contribution of the authors:

Raisa V. Borovskaya – participation in the expedition, processing, analysis and interpretation of the data collected during hydrological observations; a significant contribution to the article conception; writing, preparation and execution of the manuscript

Svetlana S. Zhugaylo – analysis and interpretation of the data collected during observations; considerable contribution to the article text concerning hydrochemical studies

Denis O. Krivoguz – development of methods and conduction of experiments; considerable contribution to execution of the manuscript

Vladislav A. Shlyakhov – analysis and interpretation of the data collected during observations; writing and preparation of the text concerning ichthyoplankton research, considerable revisions of the article during its editing

All the authors have read and approved the final manuscript.