

Восстановление солёности в заливе Сиваш до естественного уровня после перекрытия Северо-Крымского канала

Е. С. Ерёмкина

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
e-mail: shchurova88@gmail.com*

Поступила 12.07.2021 г.; принята к публикации 12.08.2021 г.; опубликована 25.09.2021 г.

На основе данных экспедиционных исследований, выполненных МГИ РАН в 2014–2020 гг., анализируется динамика солёности в заливе Сиваш после перекрытия Северо-Крымского канала. Современные натурные данные сопоставляются с литературными, полученными в период до ввода в эксплуатацию Северо-Крымского канала. Определения солёности в пробах воды, отобранных в ходе 18 экспедиций в Восточный и Южный Сиваш более чем на 100 станциях, были выполнены рефрактометрическим методом. Показано, что после перекрытия Северо-Крымского канала в 2014 г. наблюдается резкий рост солёности в Восточном и Южном Сиваше. Определено, что в акватории залива Сиваш халинное поле изменяется неоднородно. Анализ данных показал, что солёность возрастает с севера на юг (от Восточного Сиваша к Южному), при этом в Южном Сиваше значения солёности могут в несколько раз превосходить солёность вод Восточного Сиваша. Весной 2014 г. солёность в Восточном Сиваше менялась от 27 до 33 ‰, а уже в 2020 г., спустя 6 лет после перекрытия канала, солёность значительно выросла на всех станциях, достигая 60–70 ‰. Эти значения сопоставимы с данными 1950-х гг., полученными до начала работы канала. Наиболее высокие значения солёности наблюдались в Южном Сиваше: в 2013 г. она составляла 54 ‰, а летом 2020 г. впервые после начала работы Северо-Крымского канала возросла до 110 ‰, что почти соответствует солёности, наблюдаемой в 1969 г.

Ключевые слова: залив Сиваш, Восточный Сиваш, Южный Сиваш, Азовское море, динамика солёности, Северо-Крымский канал.

Благодарности: автор выражает благодарности д.г.н., в.н.с. отдела гидрофизики шельфа Елене Евгеньевне Совге за поставленную цель исследования, формулирование задач, научное руководство и консультации в работе, а также м.н.с. отдела оптики и биофизики моря А. А. Латушкину за организацию экспедиционных исследований и помощь в отборе проб. Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0555-2021-0005.

© Ерёмкина Е. С., 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

Для цитирования: Ерёмкина Е. С. Восстановление солёности в заливе Сиваш до естественного уровня после перекрытия Северо-Крымского канала // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2021. № 3. С. 84–93. doi:10.22449/2413-5577-2021-3-84-93

Restoration of Salinity in the Sivash Bay to Natural Levels after the Closure of the North Crimean Canal

E. S. Eremina

*Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia
e-mail: shchurova88@gmail.com*

Submitted 12.07.2021; revised 12.08.2021; published 25.09.2021

The paper analyzes the salinity dynamics in the Sivash Bay after the closure of the North-Crimean based on the data from field research carried out by MHI RAS in 2014–2020. Recent field data are compared with the literature data obtained in the period before the commissioning of the North Crimean Canal. Salinity in water samples taken during 18 expeditions to the Eastern and Southern Sivash at over 100 stations was determined using the refractometric method. It was shown that after the closure of the North Crimean Canal in 2014, there was a steep increase in salinity in the Eastern and Southern Sivash. It was determined that in the area of the Sivash Bay, the haline field changes non-uniformly. The data analysis showed that salinity increases from north to south (from the Eastern to Southern Sivash), moreover salinity values in the Southern Sivash can be several times higher than those in the Eastern Sivash. In spring 2014, salinity in the Eastern Sivash varied from 27 to 33 ‰, and in 2020, 6 years after the closure of the Canal, salinity increased significantly at all stations reaching 60–70 ‰. These values are comparable to those obtained before the start of the Canal in the 1950s. The highest salinity values were observed in the South Sivash: in 2013, it was 54 ‰ and in summer 2020, for the first time since the North Crimean Canal became operational, it reached 110 ‰, which almost corresponds to the salinity level observed in 1969.

Keywords: Sivash Bay, Eastern Sivash, Southern Sivash, Sea of Azov, salinity dynamics, North-Crimean Canal.

Acknowledgements: the author is grateful to Elena E. Sovga, Dr.Sci. (Geogr.), Leading Research Associate of the Shelf Hydrophysics Department, for setting the research objective and tasks, scientific supervising and work consulting, as well as to Aleksandr A. Latushkin, Junior Research Associate of the Marine Optics and Biophysics Department, for field research organization and assistance with sampling. The work is performed under state task on topic no. 0555-2021-0005.

For citation: Eremina, E.S., 2021. Restoration of Salinity in the Sivash Bay to Natural Levels after the Closure of the North Crimean Canal. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (3), pp. 84–93. doi:10.22449/2413-5577-2021-3-84-93 (in Russian).

Введение

Залив Сиваш Азовского моря (морской залив лагунного типа) является восстанавливаемым месторождением минеральных солей и отличается высоким биоразнообразием. В 1978 г. залив был внесен в перечень водно-болотных угодий международного значения (Рамсарский список).

Водно-солевой режим залива Сиваш претерпевает существенные изменения в результате человеческой деятельности. Вместе с развитием агропромышленного комплекса в Северном Крыму в Западном и Среднем Сиваше были возведены дамбы, ограничивающие водообмен в заливе. Введение в эксплуатацию Северо-Крымского канала (СКК) в 1970-е гг. кардинально повлияло на водный баланс Восточного и Южного Сиваша. До начала работы СКК через пролив Тонкий в залив Сиваш поступало в среднем $0.81 \text{ км}^3/\text{год}$ азовоморских вод, которые приносили около 8 млн т солей. С началом работы канала и поступлением больших объемов пресных вод с сельскохозяйственных угодий ($0.6 \text{ км}^3/\text{год}$) уровень моря в заливе значительно вырос, а перепад уровней между Азовским морем и Сивашом сократился в среднем на 10 см. Высокая изменчивость уровня моря, сокращение перепада между заливом и морем повлияли на ход водообмена в проливе: сократился приток вод из Азовского моря и увеличился отток сивашских вод. Суммарный сток (с учетом оттока из залива Сиваш) составлял $0.3 \text{ км}^3/\text{год}$, это в два раза ниже значения стока до начала работы канала [1]. Структурные изменения в водном балансе залива вызвали резкое понижение солености в Восточном и Южном Сиваше [2].

Перекрытие СКК в 2014 г. привело не только к значительным изменениям в водно-солевом режиме залива Сиваш, но и к глобальной перестройке всей его экосистемы [3–6]. Сокращение пресноводной составляющей водного баланса залива вызывало резкий рост солености, который был подтвержден в ходе экспедиционных исследований МГИ РАН в 2014–2020 гг. [7–9]. Проблематике происходящих глобальных изменений в океанографических характеристиках залива Сиваш посвящено не так много научных работ [8–11]. Целью настоящей работы является анализ динамики солености в заливе Сиваш по данным экспедиционных исследований за 2013–2020 гг. и литературным данным 1950–60-х гг.

Материалы и методы

Автор определял соленость воды в акваториях Восточного и Южного Сиваша в 2013 г – в последний год функционирования Северо-Крымского канала, а также в 2014–2020 гг. после перекрытия канала. Всего было проведено 18 экспедиций в районы Восточного и Южного Сиваша, в результате которых более чем на 100 станциях были отобраны пробы воды. Соленость определялась с помощью рефрактометра *REF 203/213*. Данные натурных наблюдений, полученные в ходе экспедиционных исследований МГИ РАН, сравниваются с данными, полученными в исследуемых акваториях за 1935–1988 гг.^{1, 2)}

Результаты

Халинное поле залива Сиваш неоднородно: в западной части Сиваша соленость может составлять 200–250 ‰, в восточной – 30–40 ‰. По уровню солености и особенностям гидрологического и гидрохимического режимов

¹⁾ Гидрологический справочник морей СССР. Том 3: Азовское море, Вып. 3 / Под ред. Н. М. Книповича, Г. Р. Брегмана. Л. : Гидрометеиздат, 1937. 853 с.

²⁾ *Понизовский А. М.* Соляные ресурсы Крыма. Симферополь : Изд-во «Крым», 1965. 163 с.

залив Сиваш условно делят ²⁾ на четыре части (гидрологические зоны): Западный, Средний, Восточный и Южный. Западный и Средний водоемы изолированы дамбами, и высокая соленость поддерживается в них искусственно. Далее в работе анализируется динамика солености в Восточном и Южном Сиваше.

Восточный Сиваш

По данным 2013 г., соленость возрастала с севера на юг: от пролива Тонкого к Шакалинскому сужению. Анализ полученных данных и сравнение их с результатами прошлых лет показали, что соленость в заливе Сиваш в 2013 г. почти на всех станциях была выше, чем в 1980-е годы, однако оставалась существенно ниже солености, которая наблюдалась до постройки канала. Это говорит о том, что постепенный рост солености начался еще во время работы Северо-Крымского канала, что, вероятно, было связано с сокращением поступления объемов пресных вод в начале 2000-х гг. и увеличением поступления азовоморских вод через пролив Тонкий, а также с уменьшением объема выпадающих атмосферных осадков [1–2].

На станции, расположенной вблизи пролива Тонкого, было определено минимальное значение солености во всем заливе, которое составило 10 ‰. Азовоморские воды, поступающие через пролив, обеспечивают постоянство низкой солености в этом районе.

Изменчивость водно-солевого режима к северу от Шакалинского сужения в большей мере зависит от природно-климатических факторов: интенсивности летнего испарения и динамики атмосферных осадков. Это связано с тем, что акватория этого участка не замкнута, гидродинамические процессы и водообмен с азовскими водами, поступающими через пролив Тонкий, здесь более интенсивны. В Восточном Сиваше (ст. 9, рис. 1) в 2013 г. соленость составила 32 ‰. Из литературных данных нам известно [2], что до начала работы канала (1950–60-е гг.) соленость в этом районе варьировала в широких пределах от 54 до 85 ‰. Во время его интенсивной работы в 1980-е гг. соленость здесь снизилась до 40 ‰, а по некоторым данным – до 20 ‰ [2].

С 2014 г. ст. 9 стала недоступна для экспедиционных исследований, в Восточном Сиваше измерения проводились на станциях 1–4 (рис. 1). Изменчивость солености на трех из четырех станций носила только сезонный характер. Если весной 2014 г. с севера на юг в Восточном Сиваше на четырех станциях соленость менялась от 27 до 33 ‰, то в октябре на тех же станциях – от 26 до 38 ‰. Таким образом, размах сезонного хода солености на одних и тех же станциях может составлять от 2 до 8 ‰ [7–8]. В районе Шакалинского сужения (ст. 4, рис. 1) одновременно с выраженной сезонной изменчивостью солености наблюдался ее межгодовой рост: с 2014 по 2018 г. соленость выросла с 46 до 55 ‰ (по данным осенних съемок).

Результаты экспедиции 2020 г., спустя шесть лет после перекрытия канала, показали, что соленость значительно выросла на всех станциях: на ст. 1 соленость впервые превысила отметку 40 ‰, на всех остальных станциях – 60 ‰, а на ст. 2 и 4 (Восточный Сиваш) впервые с 1952 г. соленость достигла 70 ‰. Резкий скачок солености на ст. 2, вероятно, связан еще и с тем, что гидродинамика этого района изменилась вследствие роста дистального конца аккумулятивной формы, затруднившей водообмен Князевского залива

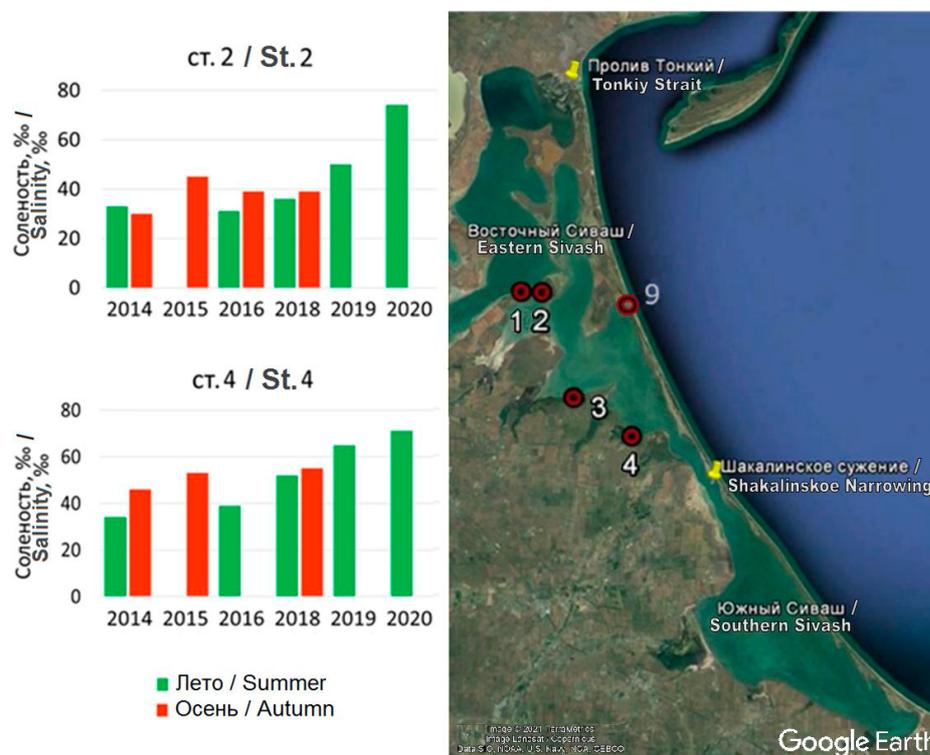


Рис. 1. Межгодовая и сезонная изменчивость солености на станциях в Восточном Сиваше за 2014–2020 гг.

Fig. 1. Interannual and seasonal salinity variability at stations in the Eastern Sivash for 2014–2020

с акваторией Восточного Сиваша [12]. Полученные в 2020 г. значения солености сопоставимы со значениями солености вод Восточного Сиваша, которые наблюдались до начала работы СКК: в 1930-е гг. соленость в районе станций 1–2 менялась в диапазоне 40–50 ‰, а на станциях 3 и 4 – от 50 до 70 ‰¹⁾. Это означает, что за шесть лет перекрытия СКК соленость в Восточном Сиваше почти полностью восстановилась до значений, наблюдаемых до антропогенного вмешательства, и, вероятно, продолжит расти (рис. 2).

Южный Сиваш

Максимальные значения солености в 2013 г. были определены в Южном Сиваше на участках, наиболее удаленных от пролива Тонкого. Этот параметр менялся от 38 ‰ на северных участках до 54 ‰ на самой южной станции (ст. 6, рис. 3). До начала работы канала в Южном Сиваше отмечалась соленость 125–150 ‰. По имеющимся данным 1935–1969 гг., в среднем она составила 140 ‰. После начала работы канала произошел резкий спад солености до 100 ‰ в 1970 г. (рис. 2), после чего она снижалась экспоненциально до 40 ‰ в 1981 г., а уже в 1988 г. в Южном Сиваше по данным [2] составила 20 ‰.

Прекращение работы СКК в 2014 г. и искусственное уменьшение стока р. Салгир привело к обнаруженному в экспедиционных исследованиях росту

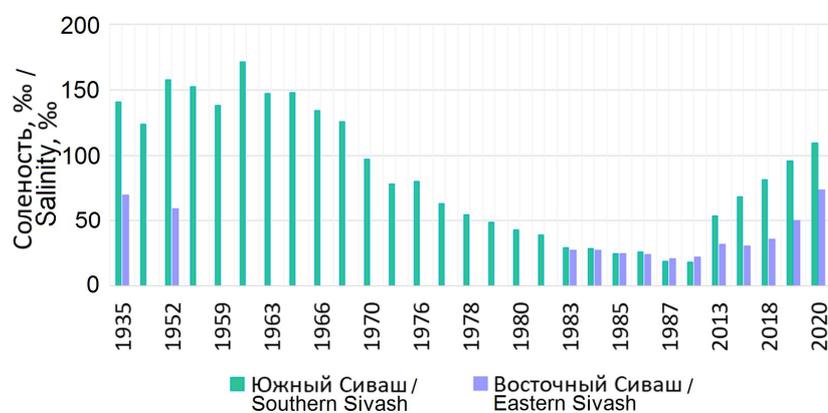


Рис. 2. Многолетняя динамика солености в Восточном и Южном Сиваше

Fig. 2. Long-term salinity dynamics in the Eastern and Southern Sivash

солености в Южном Сиваше. В июне 2016 г. на тех же участках, что и в 2013 г., соленость возросла с 67 до 75 ‰ соответственно. Как показали результаты экспедиционных исследований МГИ, проведенных в мае и в ноябре 2018 г., соленость воды в Южном Сиваше на восьми из девяти станций варьировала от 75 до 82 ‰ [9]. Максимальные значения были определены на самой южной станции (ст. 6, рис. 3). После летнего сезона на восьми станциях соленость возросла на 11–17 ‰ и изменялась от 89 до 92 ‰. В Восточном Сиваше такой значительный сезонный рост этого параметра не наблюдался. В 2020 г., впервые с момента запуска СКК, почти на всех станциях Южного Сиваша соленость превысила 100 ‰. Такие значения последний раз были определены в Южном Сиваше в 1969 г. (рис. 2).

Анализируя все данные о солености в заливе Сиваш, можно сделать вывод, что перекрытие СКК в 2014 г. не в одинаковой мере отразилось на изменении солености воды разных его частей. В Восточном Сиваше рост рассматриваемого параметра отмечен в большей степени на станциях 3 и 4 (рис. 1): в районах, расположенных дальше от пролива Тонкого. Наиболее высокие значения солености были определены в Южном Сиваше, где в 2013 г. она составляла 54 ‰, уже осенью 2018 г. на этой же станции – 93 ‰, а в 2020 г. – 110 ‰. Таким образом, минерализация залива постепенно приближается к естественной, какой она была до введения в эксплуатацию СКК.

Наблюдаемый рост солености, с одной стороны, повышает ресурсный потенциал Восточного и Южного Сиваша и делает эти районы перспективными для галургического производства. С другой стороны, это приводит к трансформации всей экосистемы залива, который является водно-болотным угодьем международного значения. Изменение гидрологического и гидрохимического режимов в результате воздействия антропогенного фактора требует дальнейшего мониторинга и пересмотра концепции природопользования в этой акватории. Представляется совершенно необходимым восстановить работу морских гидрометеопостов: Чонгарский мост и Соляное,

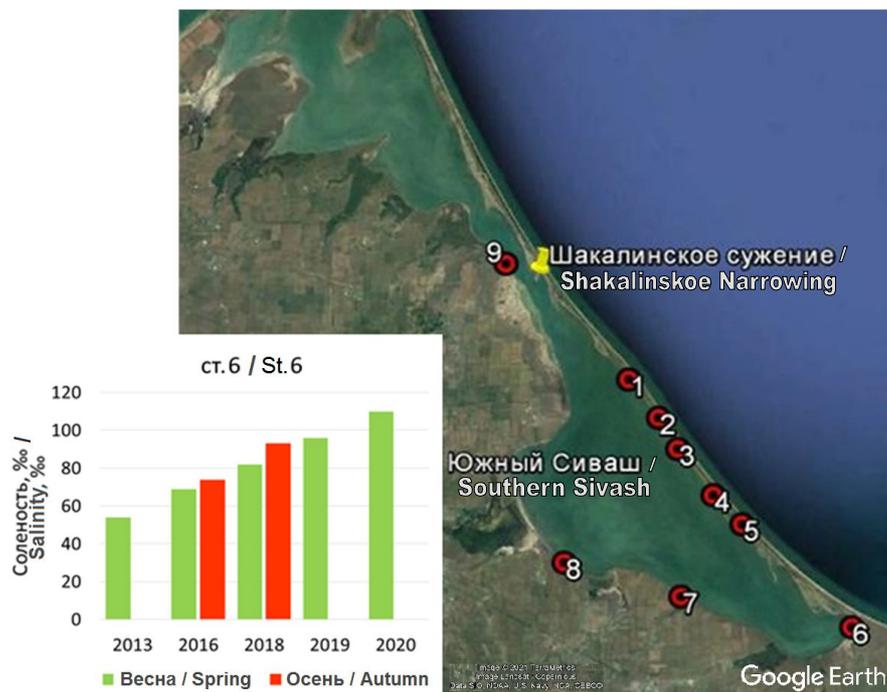


Рис. 3. Межгодовая и сезонная изменчивость солености на самой южной станции в Южном Сиваше

Fig. 3. Interannual and seasonal salinity variability at the most southern station in the Southern Sivash

где почти 80 лет велись регулярные береговые наблюдения за соленостью, температурой воды и воздуха, уровнем моря. На сегодняшний день в заливе Сиваш на территории РФ не работает ни один гидрометеопост.

Выводы

Залив Сиваш является трансграничным водоемом, водно-болотным угодьем международного значения с огромным ресурсным потенциалом. В результате антропогенного воздействия и сокращения поступления пресных вод в залив, существенно возросла соленость воды, что было отмечено в ходе экспедиционных исследований в 2014–2020 гг. Сравнение полученных в ходе полевых работ данных показало, что перекрытие СКК не в одинаковой мере отразилось на изменении солености воды разных частей залива Сиваш. Соленость возрастала с севера на юг, по мере отдаления от пролива Тонкого. В Восточном Сиваше весной 2014 г. соленость менялась от 27 до 33 ‰, а уже в 2020 г., спустя 6 лет после перекрытия канала, этот параметр значительно вырос на всех станциях, достигая 60–70 ‰. Наиболее высокие значения солености были определены в Южном Сиваше, где в 2013 г. она составляла 54 ‰, а летом 2020 г. на этой же станции впервые после начала работы СКК соленость возросла до 110 ‰, что почти соответствует уровню 1969 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ерёмина 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
2. Сивашский регион: краткая социально-экономическая характеристика / Под общ. ред. В. А. Костюшина, Г. В. Фесенко ; Black Sea Programme of Wetlands International. Киев : Черноморская программа Ветландс Интернешнл, 2007. 178 с.
3. Трансформация залива Сиваш (Азовское море) в условиях роста солёности: изменения мейобентоса и других компонент экосистемы (2013–2015 гг.) / Н. В. Шадрин [и др.] // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2016. Т. 9, № 4. С. 452–466. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-2016-9-4-452-466>
4. Ecological State of the Southeastern Part of Sivash Bay (Sea of Azov) under Conditions of Changing Salinity / O. V. Soloveva [et al.] // *Contemporary Problems of Ecology*. 2019. Vol. 12, iss. 2. P. 179–188. <https://doi.org/10.1134/S1995425519020070>
5. Динамика площади тростниковых зарослей в заливе Сиваш (Азовское море) по спутниковым данным / Е. С. Ерёмина [и др.] // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря*. 2020. № 4. С. 54–65. doi:10.22449/2413-5577-2020-4-54-65
6. Macrostructure of benthos along a salinity gradient: The case of Sivash Bay (the Sea of Azov), the largest hypersaline lagoon worldwide / N. Shadrin [et al.] // *Journal of Sea Research*. 2019. Vol. 154. 101811. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.101811>
7. Экспедиционные исследования МГИ 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.
8. *Ломакин П. Д.* Океанологическая характеристика прибрежной зоны залива Сиваш (Азовское море) // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2020. Т. 6. Вып. 4. С. 170–180.
9. *Совга Е. Е., Ерёмина 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
10. *Krivoguz D., Borovskaya R.* Evaluating surface water salinity using remote sensing data with simple and multiple linear regression for hypersaline waterbodies. 2020. 13 p. (Preprint). doi:10.13140/RG.2.2.13836.54402
11. 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
12. *Михайлов В. А.* Береговые аккумулятивные формы залива Сиваш // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология*. 2019. Т. 5, № 2. С. 80–88.

Об авторе:

Ерёмина Екатерина Сергеевна, младший научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН (299011, Россия, Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **SPIN-код: 5891-9884**, **ORCID ID: 0000-0002-5596-2691**, **ResearcherID: E-8676-2018**, *shchurova88@gmail.com*

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. 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
2. Kostyushina, V.A. and Fesenko, G.V., eds., 2007. *Sivash Region: a Brief Socio-Economic Overview*. Kiev: Wetlands International Black Sea Progr., 178 p. (in Russian).
3. Shadrin, N.V., Sergeeva, N.G., Latushkin, A.A., Kolesnikova, E.A., Kipriyanova, L.M., Anufrieva, E.V. and Chepyzhenko, A.A., 2016. Transformation of Gulf Sivash (the Sea of Azov) in Conditions of Growing Salinity: Changes of Meiobenthos and other Ecosystem Components (2013–2015). *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 9(4), pp. 452–466. <https://doi.org/10.17516/1997-1389-2016-9-4-452-466> (in Russian).
4. Soloveva, O.V., Tikhonova, E.A., Alemov, S.V., Burdiyan, N.V., Viter, T.V., Guseva, E.V., Kotelyanets, E.A. and Bogdanova, T.A., 2019. Ecological State of the Southeastern Part of Sivash Bay (Sea of Azov) under Conditions of Changing Salinity. *Contemporary Problems of Ecology*, 12(2), pp. 179–188. <https://doi.org/10.1134/S1995425519020070>
5. Eremina, E.S., Sovga, E.E., Stanichny, S.V. and Mikhailov, V.A., 2020. Dynamics of Reed Vegetation Area in the Sivash Gulf (Sea of Azov) according to Satellite Data. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (4), pp. 54–65. doi:10.22449/2413-5577-2020-4-54-65 (in Russian).
6. Shadrin, N., Kolesnikova, E., Revkova, T., Latushkin, A., Chepyzhenko, A., Dyakov, N. and Anufrieva, E., 2019. Macrostructure of Benthos along a Salinity Gradient: The Case of Sivash Bay (the Sea of Azov), the Largest Hypersaline Lagoon Worldwide. *Journal of Sea Research*, 154, 101811. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.101811>
7. 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).
8. Lomakin, P.D., 2020. Oceanological Characteristic of the Coastal Zone of Sivash Gulf (Azov Sea). *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*, 6(4), pp. 170–180 (in Russian).
9. 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

10. Krivoguz, D. and Borovskaya, R., 2020. *Evaluating Surface Water Salinity Using Remote Sensing Data with Simple and Multiple Linear Regression for Hypersaline Waterbodies*. Preprint. 13 p. doi:10.13140/RG.2.2.13836.54402
11. 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).
12. Mykhailov, V.A., 2019. Coastal Accumulative Forms of Sivash Bay. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 5(2), pp. 80–88 (in Russian).

About the author:

Ekaterina S. Eremina, Junior Research Associate, Marine Hydrophysical Institute of RAS (2 Kapitanskaya St., Sevastopol, 299011, Russian Federation), **SPIN-code: 5891-9884**, **ORCID ID: 0000-0002-5596-2691**, **ResearcherID: E-8676-2018**, *shchurova88@gmail.com*

The author has read and approved the final manuscript.