

Экспедиционные исследования, проведенные Морским гидрофизическим институтом в акватории залива Сиваш весной и осенью 2018 года

Е. Е. Совга, Е. С. Ерёмина*, А. А. Латушкин

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

Поступила в редакцию 08.10.2019 г., после доработки – 16.12.2019 г.

Цель. Рассмотрены результаты экспедиционных работ Морского гидрофизического института в акватории залива Сиваш весной и осенью 2018 г., задачей которых было продолжение комплексного изучения залива после перекрытия в 2014 г. Северо-Крымского канала. Цель работы – оценка динамики солёности, растворенного органического вещества, общего взвешенного вещества в воде в условиях изменившихся антропогенных и природно-климатических факторов. Актуальность проводимых в акватории залива исследований обусловлена необходимостью разработки и внедрения современной системы экологического мониторинга залива.

Методы и результаты. Проанализированы материалы, полученные в ходе двух экспедиций 2018 г. (весна, осень) в акватории залива Сиваш, включая современные границы водно-болотного угодья «Восточный Сиваш». Проведено определение солёности воды на 13 станциях рефрактометрическим и пикнометрическим методами, растворенного органического вещества, общего взвешенного вещества на тех же станциях с применением биофизического комплекса «Кондор».

Выводы. Делается заключение, что в связи с перекрытием Северо-Крымского канала в 2014 г. изменения солёности в заливе Сиваш продолжают и происходит перестройка его экосистемы. Наблюдаемый рост солёности проявляется неодинаково в разных частях залива. Наиболее высокие значения солёности отмечены в Южном Сиваше, 92–93‰; в 2016 г. на тех же станциях солёность составляла 55–60‰. Во время осенней съёмки при оценке сезонной динамики содержания общего взвешенного и растворенного органического вещества были отмечены их высокие концентрации. Весной при более монотонном распределении растворенного органического вещества отмечается незначительное увеличение содержания общего взвешенного вещества на станциях, расположенных в Южном Сиваше.

Ключевые слова: залив Сиваш, Восточный и Южный Сиваш, Азовское море, сезонная динамика солёности, общее взвешенное вещество, растворенное органическое вещество.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания по темам № 0827-2019-0004 «Комплексные междисциплинарные исследования океанологических процессов, определяющих функционирование и эволюцию экосистем прибрежных зон Черного и Азовского морей» и № 0827-2019-0002 «Развитие методов оперативной океанологии на основе междисциплинарных исследований процессов формирования и эволюции морской среды и математического моделирования с привлечением данных дистанционных и контактных измерений».

Для цитирования: 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

Research Expeditions Performed by Marine Hydrophysical Institute in the Sivash Bay Waters in Spring and Autumn, 2018

E. E. Sovga, E. S. Eremina*, A. A. Latushkin

Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia

**e-mail: shchurova88@gmail.com*

Purpose. The results of the expeditionary studies performed by Marine Hydrophysical Institute in the Sivash Bay waters in spring and autumn, 2018 are considered in the paper. Its aim is to continue comprehensive investigation of the bay after the North Crimean channel was closed in 2014, and to evaluate dynamics of salinity, dissolved organic and total suspended matters in its waters affected by the changed anthropogenic and natural-climatic factors. Relevance of the studies carried out in the bay water area is conditioned by urgent necessity in developing and implementing a modern system of environmental monitoring of the bay.

Methods and Results. The data obtained during two expeditions in spring and autumn, 2018 in the Sivash Bay waters including the present borders of the Eastern Sivash wetland are analyzed. At 13 stations, water salinity was determined by the refractometric and pycnometric methods, while the dissolved organic matter and the total suspended matter – by the «Kondor» biophysical complex.

Conclusions. It is concluded that due to the fact that the North Crimean channel was closed in 2014, salinity of the Sivash Bay water continues to change and its ecosystem is being rebuilt. The observed salinity increase is not the same in different parts of the bay. The highest salinity values were observed in the Southern Sivash and amounted 92–93%, whereas at the same stations in 2016, this value constituted 55–60%. During the autumn survey, assessment of seasonal dynamics of the total suspended matter and the dissolved organic matter contents yielded high values of concentrations of these two parameters in the bay. In spring when the dissolved organic matter distribution is more monotonous, the slightly increased total suspended matter content was observed at the stations in the Southern Sivash.

Keywords: Sivash Bay, Eastern and Southern Sivash, Sea of Azov, seasonal salinity dynamics, total suspended matter, dissolved organic matter.

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of the state task on the themes No. 0827-2019-0004 “Complex interdisciplinary investigations of the oceanologic processes conditioning functioning and evolution of the Black and Azov seas’ coastal zones” and No. 0827-2019-0002 “Development of the methods of operational oceanology based on the inter-disciplinary studies of the marine environment formation and evolution processes, and mathematical modeling using the data of remote and direct measurements”.

For citation: 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*, [e-journal] 27(2), pp. 161-170. doi:10.22449/1573-160X-2020-2-161-170

Введение

Задача экспедиционных работ 2018 г. – продолжение комплексного изучения залива Сиваш в соответствии с планами работ Морского гидрофизического института (МГИ) РАН по определению динамики солёности воды, общего взвешенного (ОВВ) и растворенного органического (РОВ) вещества в условиях изменившихся антропогенных (перекрытие Северо-Крымского канала, уменьшение площадей рисосеяния) и природно-климатических факторов с целью реализации созданной совместно МГИ и Севастопольским отделением Государственного океанографического института (СОГОИН) системы экологического мониторинга залива и выработки практических предложений при создании концепции природопользования в новых условиях.

Восточный и Южный Сиваш – самые крупные по площади (1650 км², или свыше 60% общей площади залива Сиваш) и более глубоководные (глубины до 1 м занимают 41% площади) участки залива. Восточный Сиваш наиболее сильно пострадал от сбросов пресной воды. Большая часть акватории соляного месторождения много лет использовалась в качестве водоема для сбросных вод с рисовых полей. Под действием днепровских сбросных и дренажных вод некоторые участки Восточного Сиваша распреснились до 23‰, увеличение пресной составляющей в водном балансе Сиваша [1] создало новые условия в среде обитания с изменением биологического разнообразия и продуктивности водоема [2]. Влияние Северо-Крымского канала на залив Сиваш описано в работах [3–5].

В 2014 г., когда Крым вошел в социально-правовое поле Российской Федерации, был перекрыт Северо-Крымский канал, соответственно резко уменьшилось поступление пресной воды в акваторию Сиваша, в заливе начался новый период трансформации экосистемы, который продолжается и в настоящее время.

В 2014 г. часть станций, расположенных на севере Арабатской стрелки, стала недоступна, кроме того, выполнять работы в приграничной зоне без специальных пропусков было невозможно, что ограничило проведение полевых исследований. Для работ в 2014–2016 гг. были выбраны следующие пункты: заливы Рогачинского, Княжевича, Балгановского, а также район севернее Шакалинского сужения, а в 2016 г. – еще и акватория Южного Сиваша. Результаты этих экспедиционных исследований представлены в работах [6, 7], в которых проанализирована динамика солености воды в Восточном и Южном Сиваше, определены ее значения во время функционирования Северо-Крымского канала (2013 г.) и с момента его перекрытия. Представленные в указанных работах данные показали, что перекрытие Северо-Крымского канала в 2014 г. способствовало значительному изменению солености главным образом в Восточном Сиваше, которое неодинаково проявилось в его различных плесах. Эти данные подтвердили необходимость дальнейших исследований, результаты которых позволят научно обосновать возможные изменения в концепции природопользования региона при соблюдении его сбалансированного экономического развития с учетом минимизации экологического ущерба.

Отличие экспедиционных исследований, проведенных МГИ в 2018 г. и в 2014–2016 гг., заключается в выборе различных схем постановки станций отбора проб рапы. В 2018 г. схема выбора полностью отвечала предложенной совместно МГИ и СОГОИН системе экологического мониторинга залива Сиваш [8], учитывающей современные границы водно-болотного угодья «Восточный Сиваш» и наиболее ценные участки его территории.

Цель настоящего исследования – проанализировать результаты экспедиционных работ МГИ в акватории залива Сиваш весной и осенью 2018 г., дать оценку динамики солености, РОВ и ОВВ в указанной акватории за прошедшие после перекрытия Северо-Крымского канала годы с учетом реализации системы экологического мониторинга залива.

Материалы и методы

Во время полевых экспедиций в район залива Сиваш на каждой из запла- нированных станций проводился отбор проб воды для последующих лабора- торных измерений солёности, концентрации общего взвешенного ($C_{ОВВ}$) и растворенного органического ($C_{РОВ}$) вещества. Измерения температуры во- ды выполнялись на месте ртутным термометром. Определение солёности (S) в пробе проводилось с помощью рефрактометра *REF 203/213*. Для его калиб- ровки использовалась бидистиллированная вода, отвечающая качеству воды ДСТУ *ISO 3696* (класс 2, электропроводность 0,1 мСм). Использовалась так- же вода стандартная нормальная (*IAPSO standart sea water, batch P152*), прак- тическая солёность 34,993‰. Пробы рассолов, измерение солёности которых выполнено пикнометрическим методом, могут быть использованы как суб- стандарты (при калибрации прибора для рефрактометрии как полевого мето- да). Все полученные данные контролировались на берегу с использованием пикнометрического метода. Подробно методика описана в работе [9].

Для определения $C_{ОВВ}$ и $C_{РОВ}$ применялись спектральный измеритель по- казателя ослабления направленного света (прозрачномер) на 660 нм и флюо- риметрический измеритель концентрации растворенного органического ве- щества (*fDOM*), включенные в состав измерительного комплекса «Кондор»* (основные характеристики прибора представлены в табл. 1 и в работах [10, 11]). В случаях, когда значения измеряемых параметров превышали диапазон чувствительности прибора, пробы воды разбавлялись свежеприготовленной бидистиллированной водой в необходимых пропорциях.

Т а б л и ц а 1
Table 1

Основные технические характеристики прибора «Кондор»*
Basic technical characteristics of the complex “Kondor”*

Измеряемые характеристики / Measured characteristics	Диапазон измерений / Range of meas- urements	Цена единицы наимень- шего разряда, не более / Value of the lowest digit unit, not more than
Глубина, м / Depth, m	0–100	0,1
Температура, °С / Temperature, °С	–2–32	0,001
Электропроводность, мСим/см / Conductivity, mS/cm	0–69	0,0105
$C_{РОВ}$, мг/л / $C_{ДОМ}$, mg/l	0,1–10	0,05
Мутность, ЕМФ / Turbidity, FTU	0,1–20	0,05

В результате выполнения экспедиционных работ была осуществлена от- работка методики экспрессной оценки солёности воды залива Сиваш с ис- пользованием биофизического зондирующего комплекса «Кондор» и рефрак- тометра *REF 203/213*.

*Комплекс гидробиофизический мультипараметрический погружной автономный «КОНДОР». URL: <http://ecodevice.com.ua/ecodevice-catalogue/multiturbidimeter-kondor> (дата обращения: 30.09.2019).

Погодные условия во время проведения экспедиций весной и осенью 2018 г.

Съемка 14–15 мая 2018 г. В период проведения весенних исследований наблюдался слабый южный ветер со скоростью, не превышающей 3 м/с. Температура воздуха 14 мая колебалась в пределах 17–21°C, 15 мая среднесуточная температура была на 2°C выше. Диапазон изменчивости температуры воды в заливе Сиваш имел достаточно широкие пределы, 19,5–26°C. Наиболее однородное распределение температуры (~1,5°C) было отмечено на станциях, расположенных в районе Арабатской стрелки, здесь зафиксирована также и наиболее холодная вода. На следующий день, ближе к обеду и до вечера, температура воды стала увеличиваться от станции к станции, что, вероятнее всего, связано с дневным прогревом вод залива.

Съемка 7–9 ноября 2018 г. Поздней осенью в районе залива Сиваш температура воздуха днем не превышала 15°C, ночью опускалась до 7°C. В дни проведения исследований преобладал слабый ветер (до 3 м/с) северо-западного направления. Максимальная температура воды в заливе составляла 14°C, минимальная – 10°C.

Результаты и обсуждение

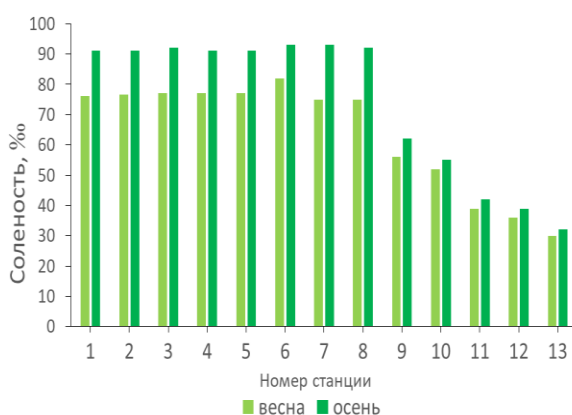
Схема станций отбора проб в заливе Сиваш в мае и ноябре 2018 г. показана на рис. 1, результаты измерения солености – на рис. 2 и в табл. 2. Как следует из данных табл. 2, на одних и тех же станциях в разные сезоны соленость продолжала увеличиваться, особенно в Южном Сиваше (ст. 1–8). Разница в значениях солености по данным двух съемок составляла 14–20‰. На всех станциях, расположенных в Южном Сиваше, в мае соленость изменялась в пределах 75–82‰, в ноябре – в пределах 91–93‰. Рост солености снижался по направлению с юга на север. На ст. 11–13, ближе всего расположенных к проливу Тонкому, концентрация солености была в два раза меньше, чем в Южном Сиваше. Соленость на указанных станциях в мае составляла 39, 36, 30‰, в ноябре – 42, 39, 32‰ соответственно. Таким образом, продолжается рост солености вод Восточного и Южного Сиваша с постепенным приближением к естественной минерализации залива, которая существовала до запуска Северо-Крымского канала. По данным экспедиционных исследований МГИ, в июле 2016 г. также отмечены высокие значения солености, >73‰, в Южном Сиваше [7].

Кроме измерений солености и температуры в полевых условиях осуществлялось определение ОВВ и РОВ. Результаты по распределению данных характеристик в водах залива Сиваш в мае и ноябре 2018 г. показаны на рис. 3, 4 и в табл. 2.

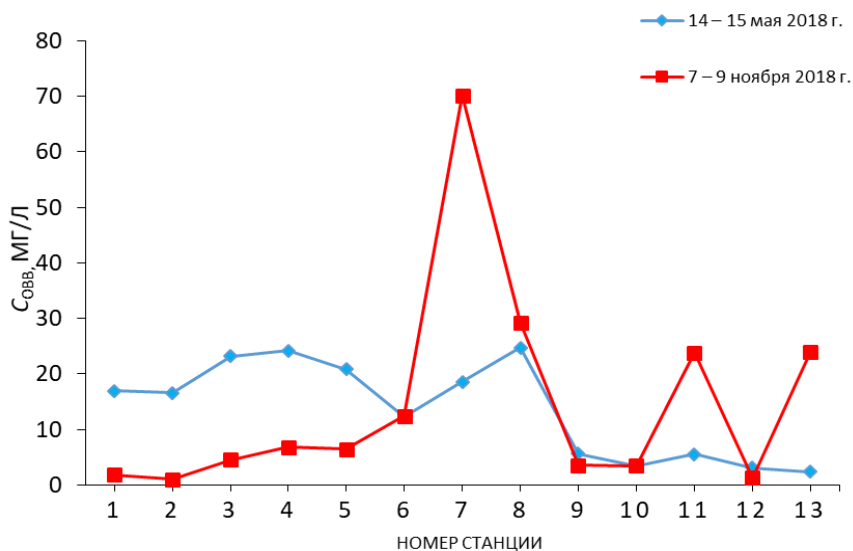
В весенний период значения $S_{ОВВ}$ на исследуемой акватории составляли 2,3–25 мг/л. В пространственном распределении ОВВ наблюдались некоторые особенности. Так, высокое содержание ОВВ (12–24 мг/л) зафиксировано на станциях, расположенных вдоль Арабатской стрелки (ст. 1–6) и в районе Южного Сиваша (ст. 7, 8). Наиболее прозрачная вода с минимальным содержанием ОВВ была сосредоточена вдоль западного берега Восточного Сиваша.



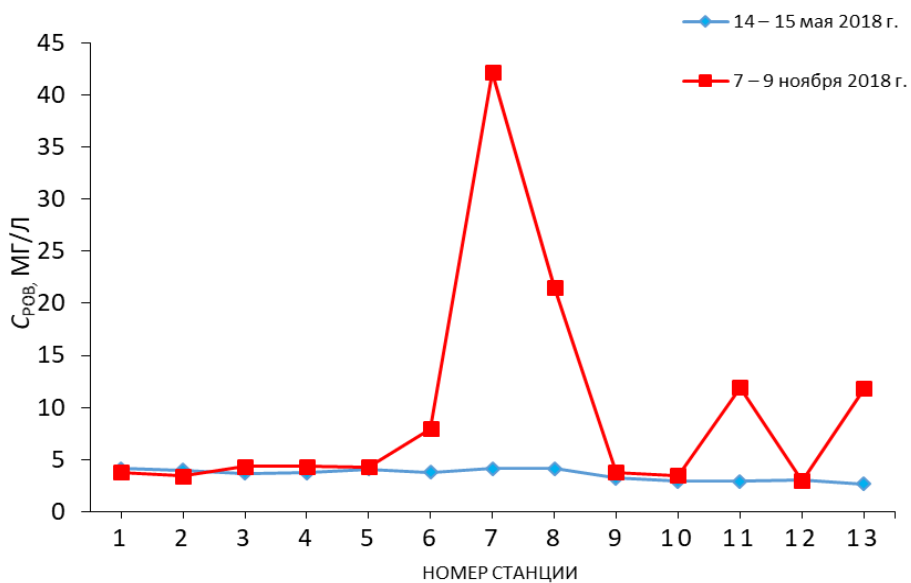
Р и с. 1. Схема станций, выполненных Морским гидрофизическим институтом в ходе проведения экспедиционных исследований в 2018 г. (красная линия – граница с Украиной)
F i g. 1. Scheme of the stations performed by Marine Hydrophysical Institute during the expeditionary studies in 2018 (red line denotes the Russian-Ukrainian boundary)



Р и с. 2. Изменчивость солености в заливе Сиваш по данным экспедиций Морского гидрофизического института в 2018 г.
F i g. 2. Salinity variability in the Sivash Bay based on the expeditionary data obtained by Marine Hydrophysical Institute in 2018



Р и с. 3. Распределение $C_{ОВВ}$ весной и осенью 2018 г.
Fig. 3. C_{TSM} distribution in spring and autumn, 2018



Р и с. 4. Распределение $C_{РОВ}$ весной и осенью 2018 г.
Fig. 4. C_{DOM} distribution in spring and autumn, 2018

Т а б л и ц а 2

Table 2

**Результаты экспедиционных исследований в заливе Сиваш в мае и ноябре 2018 г.
Results of the expeditionary studies in the Sivash Bay in May and November, 2018**

Номер станции / Station number	T, °C	S, ‰	ОВВ, мг/л / TSM, mg/l	РОВ, мг/л / DOM, mg/l				
					T, °C	S, ‰	ОВВ, мг/л / TSM, mg/l	РОВ, мг/л / DOM, mg/l
14–15 мая 2018 г. / May 14–15, 2018					7–9 ноября 2018 г. / November 7–9, 2018			
1	21,0	76,0	16,95	4,16	12	91	1,88	3,76
2	20,0	76,5	16,59	3,97	12	91	1,03	3,44
3	20,0	77,0	23,15	3,68	10	92	4,56	4,36
4	20,0	77,0	24,20	3,73	11	91	6,85	4,35
5	20,0	77,0	20,81	4,09	13	91	6,47	4,31
6	19,5	82,0	12,20	3,80	14	93	12,38	7,98
7	21,0	75,0	18,56	4,12	13	93	70,16	42,14
8	20,0	75,0	24,76	4,13	14	92	29,27	21,56
9	23,0	56,0	5,64	3,21	10	62	3,55	3,76
10	24,5	52,0	3,50	2,93	10	55	3,44	3,47
11	26,0	39,0	5,53	2,90	11	42	23,83	11,92
12	25,0	36,0	3,11	3,01	13	39	1,31	2,97
13	23,0	30,0	2,37	2,66	12	32	24,02	11,84

В осенний период диапазон изменчивости ОВВ был достаточно широк, 1,8–70 мг/л. Наиболее стабильное распределение ОВВ наблюдалось на ст. 1–5, расположенных вдоль Арабатской стрелки. В отличие от весеннего периода здесь отмечались минимальные концентрации ОВВ с тенденцией слабого увеличения по направлению с севера на юг. Максимальные концентрации ОВВ были выявлены в Южном Сиваше (ст. 6–8) с максимумом 70 мг/л на ст. 7. Район западного берега Восточного Сиваша характеризовался нестабильностью в содержании ОВВ, которая проявлялась в чередовании высоких и низких значений (рис. 3).

Наиболее слабая изменчивость в распределении РОВ зафиксирована весной, ее диапазон составлял 2,7–4,2 мг/л. Несмотря на это, наблюдалась тенденция к уменьшению содержания РОВ у западного берега Восточного Сиваша по сравнению с содержанием РОВ на станциях, расположенных вдоль Арабатской стрелки.

В осенний период распределение РОВ и ОВВ подобно, диапазон изменчивости $C_{РОВ}$ составлял 4,4–42 мг/л. Максимальное содержание РОВ, 42 мг/л, зафиксировано также на ст. 7 (рис. 4).

Таким образом, только в осенней съемке было отмечено повышенное содержание как ОВВ, так и РОВ, причем на тех же станциях (ст. 7, 8). Весной при монотонном распределении РОВ на всех станциях, независимо от места отбора

пробы, количество ОВВ колебалось в пределах 2,7–4,0 мг/л. Причины такого распределения пока не ясны. Характерная зависимость отмечена для распределения ОВВ: по сравнению с данными, полученными в мае, в ноябре зафиксировано существенное повышение $C_{ОВВ}$ на ст. 7 и 8 (70,16 и 29,27 мг/л). На указанных станциях также были определены повышенные значения $C_{РОВ}$ в ноябре (42,14 и 21,56 мг/л). Соленость на указанных станциях в этот период составила 93‰.

Повышенное содержание ОВВ осенью 2014 и 2015 гг., отмеченное в работе [12], авторы объясняют массовой гибелью различных биологических видов, например двустворчатых моллюсков, в связи с резким ростом солености. Разрушение этой мертвой органики и могло вызвать существенное увеличение $C_{ОВВ}$.

При исследовании причин распространения тростниковой растительности по берегам залива Сиваш [13] показано, что ее развитие напрямую связано с функционированием Северо-Крымского канала и выносом биогенных элементов его дренажными водами. По данным [14], после перекрытия канала прослеживается тенденция к уменьшению площади тростниковой растительности. Та же закономерность была отмечена визуально и в экспедициях МГИ в 2018 г.

Выводы

1. Перекрытие Северо-Крымского канала в 2014 г. привело к постепенному увеличению солености в акватории залива Сиваш, распределение которой в различных частях залива было неоднородным. Как показали экспедиционные исследования Морского гидрофизического института, наиболее высокие значения солености отмечались в Южном Сиваше: 92–93‰ в 2018 г., 55–60‰ в 2016 г.

2. При оценке сезонной динамики содержания ОВВ и РОВ были отмечены их высокие концентрации во время осенней съемки в заливе. Весной при более монотонном распределении РОВ для ОВВ зафиксировано незначительное увеличение содержания на станциях, расположенных в Южном Сиваше.

3. Согласно исследованиям, проведенным Морским гидрофизическим институтом в 2018 г., изменение солености в заливе Сиваш в настоящее время продолжается и происходит перестройка экосистемы залива, что требует постоянных экспедиционных наблюдений и внедрения современной системы экологического мониторинга, предложенной МГИ совместно с СОГОИН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sovga E. E., Eryemina E. S., Khmara T. V.* Water Balance in the Sivash Bay as a Result of Variability of the Natural-Climatic and Anthropogenic Factors // *Physical Oceanography*. 2018. Vol. 25, iss. 1. P. 67–76. doi:10.22449/1573-160X-2018-1-67-76
2. *Болтачев А. Р., Карпова Е. П., Саксаганский В. В.* Трансформация иктиоценоза Восточного Сиваша (Азовское море) под влиянием антропогенных факторов // *Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології : тези IV Міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції (Одеса, 7–11 вересня 2011 р.)*. Одеса : Фенікс, 2011. С. 40–43. URL: https://www.researchgate.net/publication/305319249_Cernova_NV_2011_Horologiceskaa_struktura_fauny_ryb_Arkticeskogo_regiona_Sucasni_problemi_teoreticnoi_i_practicnoi_ihtiologii_tezi_IV_Miznarodnoi_ihtiologicnoi_naukovo-practicnoi_konferencii_Odesa_7-11 (дата обращения: 30.09.2019).

3. Современное состояние Сиваша. Сборник научных статей / Ред. Г. А. Городиская. Киев : Wetlands International – АЕМЕ, 2000. 104 с.
4. 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.
5. *Марушевский Г. Б., Костюшин В. А., Сиохин В. Д.* Сиваш: природа и люди. Киев : Черноморская программа Ветландс Интернешнл, 2005. 80 с.
6. *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.
7. О методах оценки 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.
8. *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
9. 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.
10. *Chepyzhenko A. I., Chepyzhenko A. A.* Methods and device for in situ dissolved organic matter (DOM) monitoring in natural waters' environment // Proceedings SPIE, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. SPIE, 2017. Vol. 10466. 104663S. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287797>
11. *Chepyzhenko A. A., Chepyzhenko A. I.* Methods and device for in situ total suspended matter (TSM) monitoring in natural waters' environment // Proceedings SPIE, 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. SPIE, 2017. Vol. 10466. 104663G. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2287127>
12. Трансформация залива Сиваш (Азовское море) в условиях роста солености: 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. doi:10.17516/1997-1389-2016-9-4-452-466
13. *Громов В. В.* Водная и прибрежно-водная растительность северного и западного побережья Азовского моря // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2012. Т. 5, № 2. С. 121–137.
14. *Михайлов В. А.* Развитие и динамика береговых аккумулятивных форм залива Сиваш // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2019. Т. 5(15), вып. 4. С.288–297.

Об авторах:

Совга Елена Евгеньевна, ведущий научный сотрудник, отдел гидрофизики шельфа, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), доктор географических наук, **SPIN-код: 8675-2443, ResearcherID: A-9774-2018, esovga@mhi-ras.ru**

Ерёмина Екатерина Сергеевна, младший научный сотрудник, отдел гидрофизики шельфа, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **SPIN-код: 5891-9884, ORCID ID: 0000-0002-5596-2691, ResearcherID: E-8676-2018, shchurova88@gmail.com**

Латушкин Александр Александрович, младший научный сотрудник, отдел оптики и биофизики моря, ФГБУН ФИЦ МГИ (299011, Россия, г. Севастополь, ул. Капитанская, д. 2), **SPIN-код: 1239-2858, sevssalat@gmail.com**