

УДК 577.115.3 +577.359

DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-1-218-228

СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНОГО И ЗАПАДНОГО БАССЕЙНОВ САКСКОГО ОЗЕРА (РЕСПУБЛИКА КРЫМ)

Чабан В. В.¹, Руднева И. И.², Гуськова Н. В.¹, Шайда В. Г.²

¹*ГУНПП РК «Крымская ГГРЭС», Саки, Республика Крым, Россия.*

²*Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия*

E-mail: vic_84@list.ru

Сравнительный анализ катионов и анионов рапы Сакского озера, проведенный в августе 2019 г, показал существенные различия в их содержании. рН, соленость, удельный вес и окислительно-восстановительный потенциал рапы Восточного бассейна озера был существенно ниже по сравнению с соответствующими значениями Западного бассейна, тогда как уровень растворенного кислорода выше. В рапе Восточного бассейна Сакского озера в августе 2019 г. присутствовали все стадии артемии, в рапе Западного бассейна только цисты. Полученные данные могут отражать специфику процессов, происходящих в экосистемах двух водоемов и их зависимость от антропогенного воздействия.

Ключевые слова: гидрохимические показатели, соленость, катионы, анионы, рН.

ВВЕДЕНИЕ

Сакское озеро — одно из наиболее изученных крупных соленых озер Крымского полуострова (рис.1). В экосистеме озера под воздействием специфических гидрометеорологических, гидрогеологических, гидрохимических и биологических условий происходило формирование донных отложений, которые являются природными лечебными ресурсами. В настоящее время Сакское озеро разделено на семь изолированных друг от друга бассейнов, два из которых лечебные, а остальные выполняют защитную функцию от попадания паводковых и сточных вод. Для стабильного функционирования экосистемы озера в условиях интенсивного техногенеза организована сложная гидротехническая система (ГТС) защиты, состоящая из разделительных дамб, обводных каналов, насосных станций и вододелителей. С помощью этих конструкций осуществляется отведение от лечебных бассейнов пресных вод из защитных водоемов и расположенных поблизости подтопляемых территорий. Для компенсации интенсивного испарения рапы в жаркое время года посредством ГТС из Каламитского залива Черного моря происходит подача морской воды, гидрохимические параметры которой имеют сходство с рапой лечебных водоемов. Таким образом искусственно регулируется водно-солевой баланс, что, в свою очередь, обеспечивает поддержание физико-химических параметров гидроминеральных ресурсов в пределах установленных кондиций, а также поддерживает благоприятные условия для развития гидробионтов [1, 2].

На протяжении последних пятидесяти лет Восточный бассейн Сакского озера, являющийся участком добычи пелоидов (лечебных иловых сульфидных грязей) и озерной рапы, почти полностью был исключен из естественной системы питания поверхностными и грунтовыми водами и привносимыми ими продуктами почвенной эрозии. В этих условиях водоем практически трансформировался в грязевой бассейн, в котором геохимическая функция литосферы оказывает незначительное влияние на процесс формирования донных отложений. В результате в последние годы наблюдается некоторое приостановление естественного грязеобразования [3, 4].

Восточный бассейн является участком промышленной добычи природных лечебных гидроминеральных ресурсов: лечебных грязей и рапы. Площадь водного зеркала составляет 1,27 км². Максимальные глубины зафиксированы в восточной части бассейна, в районе добычи лечебных грязей, где они составляют 0,7–2,0 м. Среднемноголетний уровень водоема -1,02 м.абс. При регулировании водного баланса Восточного бассейна необходимо стремиться к поддержанию оптимального уровня рапы в диапазоне от -0,8 до 1,05 м.абс.

Западный бассейн – самый крупный из водоемов Сакского озера, его площадь составляет 3,8 км², а диапазон глубин изменяется от 0,5 м до 1,0 м. Добыча минеральных ресурсов в акватории Западного бассейна не проводится.

В настоящее время прилегающие к озеру территории претерпевают повышенную антропогенную нагрузку в связи с интенсивным ведением строительных работ (реконструкция набережных и коммуникационных сетей города), что создает необходимость оценить экологическое состояние лечебных водоемов, в частности, содержание различных ионов, в том числе таких элементов как Sr⁺², As⁺⁵, Zn⁺², Cu⁺², Cd⁺², Co⁺², Ni⁺² и Pb⁺², избыточные концентрации которых в водных объектах могут нанести существенный вред экосистеме и биоте, а также здоровью человека, использующего водные ресурсы [5].

В связи с этим целью настоящей работы явился сравнительный анализ характерных физико-химических параметров рапы Восточного и Западного бассейнов Сакского озера, проведенный в период интенсивной застройки его берегов летом 2019 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы рапы отбирали в августе 2019 г в двух контрольных участках Западного и Восточного бассейнов Сакского озера. Содержание ионов и катионов определяли титриметрическим методом с использованием лабораторных весов типа ВТУ210 и HR-150AZ, фотоколориметрическим методом с применением спектрофотометра SPEKOL-11 и колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2, а также атомно-абсорбционным методом на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-1, как было описано ранее [6]. Указанные лабораторные исследования проведены на базе Центральной испытательной лаборатории ГУНПП РК «Крымская ГПРЭС» по типовым методикам в соответствии с действующими нормативными документами.

Показатели рН, окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и содержания кислорода оценивали в лабораторных условиях при помощи анализатора Expert-001 («Ecopix-Expert Моеха CoLtd.», Россия) с использованием соответствующих селективных электродов фирмы «Вольта» (Россия). Соленость воды измеряли с помощью рефрактометра PAL-06S LTA GO (Япония) и выражали в промилле (‰). Перед определением всех параметров образцы воды выдерживали в холодильнике при +4° С в течение 4–6 часов после отбора проб. Все измерения проводили в лаборатории Экотоксикологии ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского РАН. Измерения проводили в трех повторностях, вычисляли среднее значение.

Анализ жизненных стадий популяций артемии из двух водоемов проводили путем отбора проб рапы с помощью специального устройства объемом рабочей части 5 л. Пробы концентрировали с использованием мелкоячеистого фильтра и подсчитывали различные жизненные стадии рачка под бинокулярным микроскопом МБС-10, показатели выражали в экземпляр/л [7].



Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб в лечебных бассейнах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований физико-химических показателей рапы Восточного и Западного бассейнов Сакского озера приведены в Табл. 1.

Таблица 1.
Физико-химические показатели рапы Восточного и Западного бассейнов
Сакского озера

Показатели		Места отбора проб	
		Восточный бассейн	Западный бассейн
Органолептические показатели		прозрачная, бесцветная, без запаха	сильноопалесцирующая, светло-розового цвета, без запаха
рН	ед. рН	7,75	7,44
Удельный вес	г/см ³	1,14	1,21
Содержание кислорода	мг/л	4,56	3,80
Соленость	‰	266	334
Eh	мВ	-37,7	-11,8

Из приведенных данных видно, что физико-химические показатели рапы в двух бассейнах различаются: соленость и удельный вес выше в рапе Западного бассейна, тогда как остальные параметры снижены по сравнению с соответствующими значениями рапы Восточного бассейна. Более существенные различия отмечены для содержания катионов в воде двух исследуемых водоемов (табл. 2).

Как можно видеть, в отличие от рапы Восточного бассейна, ионы аммония в Западном бассейне не обнаружены. Содержание катионов лития, калия, натрия, магния, кальция и стронция в рапе Восточного водоема почти в 1,5–2 раза меньше, чем в рапе Западного бассейна. Существенно снижена концентрация ионов Fe⁺², Fe⁺³ и Cd⁺², тогда как содержание Zn⁺² выше. Ионы кобальта, мышьяка, меди и свинца обнаружены в следовых количествах, и их концентрация не отличается в двух водоемах. Таким образом, суммарное содержание катионов в рапе Западного бассейна превышает соответствующие показатели рапы Восточного бассейна в 1,5 раза, что согласуется с данными о солености и величине удельного веса, приведенных в табл. 1.

Содержание анионов в рапе двух тестируемых бассейнов представлено в табл. 3. Анион PO₄⁻⁵ не обнаружен в рапе обоих бассейнов, CO₃⁻² идентифицирован только в воде Восточного бассейна, а NO₂⁻ в рапе Западного бассейна. Концентрация нитратов и фторидов выше в Восточном бассейне, а остальных тестируемых анионов – в Западном. Таким образом, общая сумма анионов, так же как и катионов, в 1,5 раза выше в рапе Западного бассейна по сравнению с соответствующими значениями рапы Восточного бассейна. Аналогичная закономерность установлена и для общей суммы анионов, которая в 1,5 раза превышает этот показатель в Западном бассейне по сравнению с Восточным (301,54 против 196,67 соответственно).

Содержание недиссоциированных ионов и некоторых других показателей в рапе Восточного и Западного бассейнов Сакского озера приведено в таблице 4. Концентрация метакремниевой кислоты, перманганатная окисляемость и сухой

остаток значительно выше в рапе Западного бассейна, сероводород не обнаружен, а содержание ортоборной кислоты одинаково.

Таблица 2.
Содержание катионов в рапе Восточного и Западного бассейнов Сакского озера

Место отбора проб		Восточный бассейн			Западный бассейн		
Компоненты	Ион	г/дм ³	мг/экв	% мг/экв	г/дм ³	мг/экв	% мг/экв
Аммоний	NH ₄ ⁺	0,00001	-	-	не обн.	-	-
Литий	Li ⁺	0,001	0,14	-	0,002	0,29	-
Калий	K ⁺	2,20	56,41	1,66	3,20	81,84	1,58
Натрий	Na ⁺	59,73	2596,81	76,64	90,95	3954,45	76,23
Магний	Mg ⁺²	8,44	694,14	20,48	13,68	1125,03	21,69
Кальций	Ca ⁺²	0,81	40,43	1,19	0,47	23,66	0,46
Стронций	Sr ⁺²	0,04	0,90	0,02	0,10	2,28	0,04
Железо (окисное)	Fe ⁺²	0,00007	-	-	0,0007	0,02	-
Железо (заокисное)	Fe ⁺³	0,000002	-	-	0,0001	-	-
Марганец	Mn ⁺²	0,0001	-	-	0,0001	-	-
Мышьяк	As ⁺⁵	< 0,00001	-	-	< 0,00001	-	-
Цинк	Zn ⁺²	0,00001	-	-	0,000005	-	-
Медь	Cu ⁺²	0,000005	-	-	0,000006	-	-
Кадмий	Cd ⁺²	< 0,000001	-	-	< 0,00001	-	-
Кобальт	Co ⁺²	< 0,00001	-	-	< 0,00001	-	-
Никель	Ni ⁺²	< 0,00001	-	-	< 0,00001	-	-
Свинец	Pb ⁺²	< 0,00001	-	-	< 0,00001	-	-
Сумма катионов		71,22	3388,83	100	108,40	5187,57	100

Поскольку гидроминеральные ресурсы соленых водоемов зависят в том числе от деятельности гидробионтов, выполняющих фильтрационную функцию, было проведено сравнение состояния популяции артемии в Западном и Восточном бассейнах Сакского озера. Сравнительный анализ численности различных жизненных стадий артемии позволил установить, что в Западном бассейне присутствовали только цисты рачка на фоне большого количества взвешенного органического вещества и мелких частиц, тогда как в Восточном бассейне были также обнаружены цисты в количестве 10–70 (в среднем 40 яиц в 1 л), небольшое число науплиев (в среднем 0,2 в 1 л), а количество взрослых половозрелых самок колебалось в пределах 1–7 (в среднем 4 экземпляра в 1 л).

Таблица 3.
Содержание анионов в рапе Восточного и Западного бассейнов Сакского озера

Место отбора проб		Восточный бассейн			Западный бассейн		
		г/дм ³	мг/экв	% мг/экв	г/дм ³	мг/экв	% мг/экв
Фторид	F ⁻	0,0003	0,02	-	0,0001	0,01	-
Хлорид	Cl ⁻	105,92	2987,53	88,16	158,89	4481,52	86,39
Сульфат	SO ₄ ⁻²	18,78	391,00	11,54	33,16	690,40	13,31
Карбонат	CO ₃ ⁻²	0,012	0,40	0,01	отс.	-	-
Гидрокарбонат	HCO ₃	0,308	5,05	0,15	0,50	8,25	0,16
Бромид	Br ⁻	0,386	4,83	0,14	0,59	7,38	0,14
Иодид	I ⁻	0,0008	-	-	0,001	0,01	-
Гидрофосфат	PO ₄ ⁻⁵	не обн.	-	-	не обн.	-	-
Нитрит	NO ₂ ⁻	не обн.	-	-	0,00002	-	-
Нитрат	NO ₃ ⁻	0,0004	-	-	0,0002	-	-
Сумма анионов		125,41	3388,83	100,00	193,14	5187,57	100

Таблица 4.
Содержание недиссоциированных ионов и других показателей в рапе Восточного и Западного бассейнов Сакского озера

Показатели	Место отбора проб	
	Восточный бассейн	Западный бассейн
Метакремниевая кислота	3,04	5,98
Ортоборная кислота	228,8	228,8
Сероводород общий	не обн.	не обн.
Сероводород свободный	не обн.	не обн.
Перманганатная окисляемость	49,2	132,0
Сухой остаток	196,4	303,2
Формула химического состава	M ₁₉₇ $\frac{Cl_{88}}{Na_{77} Mg_{20}}$ pH 7,75	M ₃₀₂ $\frac{Cl_{86}}{Na_{76} Mg_{22}}$ pH 7,44

Таким образом, на основании проведенных исследований были выявлены существенные различия гидрохимических параметров двух водоемов, составе и соотношении ионов, что отразилось и на состоянии популяций артемии. При этом следует отметить, что токсичные катионы металлов (свинец, кадмий, мышьяк, цинк, медь, никель) присутствовали в обоих водоемах в достаточно низких концентрациях, не превышающих ПДК. В то же время для большинства исследуемых катионов концентрация была выше в Западном бассейне по сравнению с Восточным, что обусловило как различие величин pH, так и показателей

солености и значений окислительно-восстановительного потенциала, которые были существенно выше в рапе Западного бассейна.

Повышенное содержание большинства исследуемых анионов отмечено в рапе Западного бассейна. Кроме этого, здесь же выявлены нитриты и нитраты в концентрациях значительно ниже ПДК, тогда как в Восточном бассейне идентифицированы нитраты и ион аммония, концентрации которых не превышали нормативных уровней. Незначительное содержание нитратов и нитритов в рапе отмечали и в предыдущие годы [8], поэтому наличие этих компонентов в экосистеме нельзя связать с ведущимися на берегах строительными работами. В то же время наличие азотсодержащих соединений в рапе двух водоемов может быть обусловлено как естественными природными процессами, характерными для этой части Крыма и приморских территорий [9], так и антропогенной активностью в зоне расположения Сакского озера и других крымских соляных озер, что неминуемо приводит к изменению их экологического состояния [10]

На основании проведенного анализа можно заключить, что химические процессы, протекающие в экосистемах обоих водоемов, различаются, что подтверждается также большим количеством взвешенного органического вещества, величиной перманганатной окисляемости и сухого остатка в Западном бассейне в исследуемый период времени.

Установленная разница гидрохимического состава изучаемых водоемов обусловлена различными гидрогеологическими условиями формирования водной массы: Восточный бассейн практически полностью исключен из природной системы водообмена, компенсация дефицита рапы происходит за счет искусственной подачи морских вод [11, 12]. Метеорные и грунтовые воды не оказывают значительного влияния на приходную составляющую водного баланса. На формирование гидрохимического режима Западного бассейна значительное влияние оказывают грунтовые воды, преимущественно сульфатно-хлоридно-натриевого и кальцево-натриево-магниевое состава, а также фильтрующиеся через песчаную пересыпь воды моря.

Совершенно очевидно, что химический состав рапы повлиял и на состояние популяции артемии в двух исследуемых водоемах. В Восточном бассейне экологические условия для артемии оказались лучшими по сравнению с таковыми в Западном, и популяция была представлена всеми жизненными стадиями рачка, тогда как в Западном водоеме были обнаружены только цисты, которые способны переносить экстремальные условия среды обитания [13]. В то же время следует отметить, что качество рапы и количественные показатели ионов, также как соотношение жизненных стадий артемии в двух исследуемых водоемов могут существенно варьировать в различные сезоны, что требует самостоятельного изучения и мониторинга двух бассейнов Сакского озера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. рН, соленость, удельный вес и окислительно-восстановительный потенциал рапы Восточного бассейна Сакского озера был существенно ниже по сравнению

- с соответствующими значениями Западного бассейна, тогда как уровень растворенного кислорода выше.
2. Концентрация ионов рапы Западного бассейна выше, чем в Восточном бассейне, что связано с различными гидрогеологическими условиями формирования водной массы водоемов.
 3. Происходящие на прилегающих к озеру территориях антропогенные процессы, связанные с ведением масштабных строительных работ, не оказывают негативного влияния на экосистему озера.
 4. В рапе Восточного бассейна Сакского озера в августе 2019 г. присутствовали все стадии артемии, в рапе Западного бассейна были обнаружены только цисты.

Работа частично выполнена в соответствии с темой государственного задания ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН «Функциональные, метаболические и токсикологические аспекты существования гидробионтов и их популяций в биотопах с различным физико-химическим режимом» номер гос. регистрации АААА-А18-118021490093-4.

Список литературы

1. Тютюник Е. В. Практическое значение биологических исследований на Сакском грязевом месторождении / Тютюник Е. В., Хохлов В. А. // Сборник статей специалистов ДП «Сакская ГГРЭС» 1995–2007 гг. Саки: ДП «Сакская ГГРЭС». – 2007. – С. 53–58.
2. Чабан В. В. Влияние техногенных изменений геологической среды на экологическое состояние Сакского соленого озера / Чабан В. В. // Вестник Днепропетровского национального университета. Серия «Геология. География». – 2013. – Т. 2, Вып. 16. – С. 77–84.
3. Хохлов В. А. Геоэкологическое изучение, режим, эксплуатация и горно-санитарная охрана месторождений гидроминеральных ресурсов Республики Крым в зоне действия ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС» / Хохлов В. А., Васенко В. И., Чабан В. В. и др. // Отчет о научно-практической работе за 2017 г. Саки: ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС». – 2018. – 255 с.
4. Хохлов В. А. Геоэкологическое изучение, режим, эксплуатация и горно-санитарная охрана месторождений гидроминеральных ресурсов Республики Крым в зоне действия ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС». / Хохлов В. А., Васенко В. И., Чабан В. В. и др. // Отчет о научно-практической работе за 2018 г. Саки: ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС». – 2019. – 251 с.
5. Gerringa L. J. A. Dissolved Trace Metals in the Ross Sea. / Gerringa L. J. A., Alderkamp A.-C., van Dijken G., Laan P., Middag R., Arrigo K. R. // *Frontiers in Marine Science*. – 2020. – V.7. – Article 577098.
6. Иваницкий В. А. Геоэкологическое изучение, режим, эксплуатация и горно-санитарная охрана месторождений гидроминеральных ресурсов Республики Крым в зоне действия ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС». / Иваницкий В. А., Васенко В. И., Чабан В. В. и др. // Отчет о научно-практической работе за 2019 г. Саки: ГУ НПП РК «Крымская ГГРЭС». – 2020. – 213 с.
7. Руднева И. И. Сезонная динамика гиперсоленого озера Ойбург (Крым) как модель для изучения последствий изменения климата / Руднева И. И., Шайда В. Г. // *Водные ресурсы*. – 2020. – Т. 47, № 4. – С. 426–437.
8. Чабан В. В. Исследование сезонного изменения экологической обстановки Сакского соленого озера. / Чабан В. В., Сурова Н. А. // *Вестник «Крымское качество»*. – 2007. – № 1 (9). – С. 56–60.
9. Горячкин Ю. И. Межгодовая изменчивость береговой линии участка аккумулятивного берега Западного Крыма (мыс Евпаторийский – озеро Донузлав) / Горячкин Ю. И. // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны*. – 2019. – Вып. 3. – С. 25–36.
10. Гулов О. А. Экоцид крымских соляных озер / Гулов О. А. // *Теория и практика восстановления внутренних водоемов*. – Санкт-Петербург: Лема, 2007. – С. 60–78.

11. Шкловский О. А. Технологическая схема разработки рапы озерной Сакского месторождения, курорт Саки, Республика Крым. / Шкловский О. А. – М: ООО «Геоминвод», 2016. – 158 с.
12. Васенко В. И. Геоэкологическое изучение, режим, эксплуатация и горно-санитарная охрана месторождений гидроминеральных ресурсов Республики Крым в зоне действия ГУНПП РК «Крымская ГГРЭС». / Васенко В. И., Чабан В. В. // Отчет о научно-практической работе за 2018 г. Саки: ГУНПП РК «Крымская ГГРЭС», 2019. – 213 с.
13. Руднева И. И. Артемия: перспективы использования в народном хозяйстве / Руднева И. И. – Киев: Наукова думка, 1991. – 138 с.

ECOSYSTEMS STATE OF EASTERN AND WESTERN BASINS OF SAKSKOE LAKE (CRIMEAN REPUBLIC)

Chaban V. V.¹, Rudneva I. I.², Guskova N. V.¹, Shaida V. G.²

¹*GUP NPP RK "Crimean GGRES", Saky, Crimea, Russia*

²*A. O. Kovalovsky Institute of the Biology of the Southern Seas RAS, Sevastopol, Russia*

E-mail: vic_84@list.ru

Sakskoe Lake is the most thoroughly studied water body in Crimea. Its therapeutic mud and brine are exploited by balneological treatment methods. During the two centuries, when the lake was used by humans, it was subdivided into seven water bodies by dams, with two of these bodies (Eastern and Western) being now utilized for medical purposes, and the other five being protective. The Eastern (currently exploited) basin is now used to produce therapeutic mud and brine. The bottoms of the saline basins are covered by sediments: an upper layer of black silt, which is underlain by gray, steel-gray, occasionally bluish silt, which is used as therapeutic mud. The lake is fed by surface and groundwaters. Retaining dams and flood embankments erected in nearby ravines preclude desalination of the lake with flood and rain waters. Seawater is pumped to the lake through channels to preclude its drying. A quay is now actively constructed around the lake and will likely notably affect its hydrological and ecological conditions. The aim of the present study was the comparative analysis of the chemical and physical characteristics of the Eastern and Western basins of the Sakskoe Lake at the period of intensive building activity on their coasts at the summer period of 2019. Brine samples were collected at two tested sites in each of the lakes. Water salinity was measured by a PAL-06S LTA GO (Japan) refractometer and was expressed in ‰. The pH and Eh of the waters and oxygen dissolved in them were determined in the laboratory by an Expert-001 (Econix-Expert Moexa CoLtd, Russia) analyzer, with the use of appropriate Volta (Russia) selective electrodes. Ions concentration was determined spectrophotometrically and by atomic absorption method. Various living stages of *Artemia* populations in two water bodies were studied according the standard microscopic methods. The obtained results demonstrated, that the total content of the cations in the brine of the Western basin was in 1,5-fold higher as compared with the data of the brine in the Eastern basin (108,4 and 71,2 g/l respectively). The values were directly correlated with the high salinity of the Western basin brine. The identical trend was shown for the anions concentration, which was significantly greatly in the Western basin related to Eastern one (193,14 and 125,41

g/l correspondingly), which was connected with the different hydrogeological conditions of the formation of the ecosystems of the tested water bodies. At the other hand, pH, salinity and Eh of the brine in the Eastern basin were lower than in the brine of the Western basin, while the concentration of dissolved oxygen was higher. In the brine of the Eastern basin of the lake all living stages of *Artemia*, including cysts, nauplia and adults were found, while in the Western basin only cysts were shown. Therefore, according the obtained results we could suggest, that anthropogenic processes which were taken place on the coasts of the Sakscoe Lake accompanied with the intensive building activity did not influence on the lake ecosystem. The further monitoring studies including the testing of the ions concentrations in the brine of two basins, *Artemia* populations state are required for the understanding the changes of the both ecosystems and the possible reasons of their changes. It is important for development of the optimization of the management of Sakscoe lake and its resources exploitation.

Keywords: hydrochemical parameters, salinity, cations, anions, pH.

References

1. Tutunik E. V., Hohlov V. A. *Practical significance of the biological studies of Sakscoe mud sources*, Sbornik statei specialistov DP «Saks kaya GGRES» 1995–2007 (The proceedings of the specialists of DP «Saks kaya GGRES» 1995–2007, 53 (Saky: DP “Saks kaya GGRES”, 2007) (in Rus.)
2. Chban V. V. Influence of technic alterations of geological environment on the ecological state of Sakscoe salt Lake, *Vestnik Dnepropetrovskogo nacionalnogo universiteta (Journal of the Dnepropetrovsk National University. Part Geology and Geography)*, **2, 16**, 77 (2013) (in Rus.)
3. Hohlov V. A. Vasenko V. I., Chaban V. V. *Geoecological studies, regime, exploitation and mounting-sanitary preservation of the deposits of the hydromineral resources in Crimean Republic in the region of the activity of DP «Crimean GGRES»*. Geoecologicheskoe izuchenie, rejim, expluataciaya i gorno-sanitarnaya ohrana mestorojdeniy hydromineralnyh resursov Respubliki Krym v zone aktivnosti GU NPP RC «Krymskaya GGRES» Scientific Report of 2017, 255 p. (Saki: GU NPP «Krymskaya GGRES», 2018) (in Rus.)
4. Hohlov V. A. Vasenko V. I., Chaban V. V. *Geoecological studies, regime, exploitation and mounting-sanitary preservation of the deposits of the hydromineral resources in Crimean Republic in the region of the activity of DP «Crimean GGRES»* (Geoecologicheskoe izuchenie, rejim, expluataciaya i gorno-sanitarnaya ohrana mestorojdeniy hydromineralnyh resursov Respubliki Krym v zone aktivnosti GU NPP RC «Krymskaya GGRES»). Scientific Report of 2017, 251 p. (Saki: GU NPP «Krymskaya GGRES», 2019) (in Rus.)
5. Gerringa L. J. A., Alderkamp A-C., van Dijken G., Laan P., Middag R., Arrigo K. R. Dissolved Trace Metals in the Ross Sea, *Frontiers in Marine Science*, **7**, Article 577098 (2020).
6. Ivanitskii V. A., Vasenko V. I., Caban V. V. et al. *Geoecological studies, regime, exploitation and mounting-sanitary preservation of the deposits of the hydromineral resources in Crimean Republic in the region of the activity of DP «Krymskaya GGRES»* (Geoecologicheskoe izuchenie, rejim, expluataciaya i gorno-sanitarnaya ohrana mestorojdeniy hydromineralnyh resursov Respubliki Krym v zone aktivnosti GU NPP RC «Krymskaya GGRES»), Scientific Report of 2019, 213 p. (Saki: GU NPP «Krymskaya GGRES», 2020). (in Rus.)
7. Rudneva I. I., Shaida V. G. Seasonal dynamics of the gypersaline Lake Oiburg (Crimea) as a model for the studying of the consequences of the climate changes, *Wodnye resursy (Water Resources)*, **47, 4**, 426 (2020) (in Rus.)
8. Chaban V. V., Surova N. A. Study of the ecological state changes of Sakscoe salt Lake (Issldovanie sezonnogo izmeneniya ecologicheskoi obstanovki Saks kogo solenogo ozera), *Krymskoe kachestvo (Journal of Crimean Quality)*, **1 (9)**, 56 (2007) (in Rus.)

9. Goraychkin Yu. I. Annual changes of the coastal line of accumulative site (cape Evpatoriiskii – lake Donuzlav), *Ecologicheskaya bezopasnost pribrejnoi I shelfovoi zony (Ecological security of the coastal and shelf zone)*, **3**, 25 (2019) (in Rus.)
10. Gulov O. A *Ecocid of Crimean salt lakes. Teoriya I practica vosstanovlenoiay vnutrennih vodoemov (Theory and practice of the restoration of the indoor water bodies)*, 60 (Snt-Petersburg: Lema, 2007) (in Rus.)
11. Shklovskii O. A. *Technological scheme of the brine production of Sakscoe Lake in Sakscoe deposit, recreation zone Saki, Crimean Republic (Tehnogennaya shema razrabotki rapy ozerno Saksokogo mestorojdeniya, kurort Saki, Respublika Krym)*, 158 p. (M: ООО «Geominvod», 2016) (in Rus.)
12. Vasenko V. I., Chaban V. V. *Geoecological studies, regime, exploitation and mounting-sanitary preservation of the deposits of the hydromineral resources in Crimean Republic in the region of the activity of DP “Krimian GGRES» (Geoecologicheskoe izuchenie, rejim, expluataciaya i gorno-sanitarnaya ohrana mestorojdeniy hydromineralnyh resursov Respubliki Krym v zone aktivnosti GU NPP RC «Crymskaya GGRES»)*. Scientific Report of 2018, 213 p. (Saki: GU NPP «Crymskaya GGRES», 2019).
13. Rudneva I. I. *Artemia: perspectives of the use in public economy. (Artemia: perspektivy ispolzovaniay v narodnom hozyaistve)*, 138 p. (Kiev: Naukova Dumka, 1991). (in Rus.)