

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР /  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ / AGRICULTURAL SCIENCES

DOI 10.54596/2958-0048-2023-3-109-115

УДК 556.18

МРНТИ 37.27.51

ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СОЛЕННЫХ ОЗЕР  
АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Долгополова С.Ю.<sup>1\*</sup> Мұқатай А.А.<sup>1</sup>, Бектуров Д.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства»,  
Алматы, Республика Казахстан

<sup>\*</sup>E-mail: s.dolgopolova@fishrpc.kz

Аннотация

В научной статье представлены данные о гидрологических особенностях озер – Тузколь и Райской системы озер (оз. Райское №1, оз. Райское №2, оз. Райское №3 и оз. Райское №4), расположенных в Алматинской области. Кроме того, приведены результаты изученного химического состава воды указанных озер за 2022 год. Определение химических и физических показателей в полевых условиях (рН, растворенный кислород и температура воды) выполнялось электрометрическим методом. Лабораторные анализы проводились фотометрическими (биогенные вещества) и титриметрическими (солевой состав воды) методами. В результате анализа установлено, что биогенные соединения в исследуемой воде не превышают допустимых нормативных показателей. Общая минерализация воды озер относится к гипергалинным водам.

Исследования финансируется Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Грант №BR10264205).

**Ключевые слова:** солёные озёра, гидрохимический режим, минерализация воды, биогенные соединения, растворенные газы, перманганатная окисляемость.

АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНЫҢ ТҰЗДЫ КӨЛДЕРІНІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ  
ЖАҒДАЙЫ

Долгополова С.Ю.<sup>1\*</sup> Мұқатай А.А.<sup>1</sup>, Бектуров Д.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС,  
Алматы, Қазақстан Республикасы

<sup>\*</sup>E-mail: s.dolgopolova@fishrpc.kz

Аңдатпа

Ғылыми мақалада Алматы облысында орналасқан Тұзкөл көлі мен Рай көлдер жүйесінің (№1 Рай көлі, №2 Рай көлі, №3 Рай көлі және №4 Рай көлі) гидрологиялық ерекшеліктері туралы мәліметтер келтірілген. Сонымен қатар, аталған көлдердің 2022 жылғы зерттелген химиялық талдау нәтижелері берілді. Далалық жағдайда химиялық және физикалық көрсеткіштерді (рН, еріген оттегі және судың температурасы) анықтау электрометриялық әдіспен жүргізілді. Зертханалық талдаулар фотометриялық (биогендік заттар) және титриметриялық (судың тұз құрамы) әдістермен жүзеге асырылды. Талдау нәтижесінде зерттелген судағы биогендік қосылыстар рұқсат етілген нормативтік көрсеткіштерден аспайтыны анықталды. Көлдердің суының жалпы минералдануы гипергалинді суларға жатады.

Зерттеуді Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі қаржыландырады (грант №ар09058158).

**Түйін сөздер:** тұзды көлдер, гидрохимиялық режим, судың минералдануы, биогендік қосылыстар, еріген газдар, перманганаттың тотығуы.

## HYDROCHEMICAL STATE OF SALT LAKES IN ALMATY REGION

Dolgopola S.Yu.<sup>1\*</sup>, Mukatay A.A.<sup>1</sup>, Bekturov D.S.<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>LLP «Scientific - Fisheries Production Centre», Almaty, Republic of Kazakhstan

\*E-mail: s.dolgopola@fishrpc.kz

### Abstract

The scientific article presents data on the hydrological features of the lakes - Tuzkol and the Paradise system of lakes (Lake Paradise №1, Lake Paradise №2, Lake Paradise №3 and Lake Paradise №4), located in the Almaty region. In addition, the results of the studied chemical analysis of the water of these lakes for 2022 are presented. Chemical and physical parameters in the field (pH, dissolved oxygen and water temperature) were determined by electrometric method. Laboratory tests were performed by photometric (biogenic substances) and titrimetric (salt composition of water) methods. As a result of the analysis, it was established that the biogenic compounds in the test water do not exceed the permissible regulatory parameters. The general mineralization of lake water refers to hypergaline waters.

The study is funded by the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (Grant № BR10264205).

The research is funded by the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (Grant № BR10264205).

**Keywords:** Salt lakes, hydrochemical regime, water mineralization, biogenic compounds, dissolved gases, permanganate oxidability.

### Введение

Озерные котловины – это отрицательные формы земной поверхности. В период возникновения морфология котловины зависит главным образом от происхождения и специфики протекания геолого-геоморфологических процессов в данном регионе.

Соленые озера – это чаще всего бессточные водоемы, уровень воды в них зависит от баланса притока и испарения. В последние десятилетия, учёные уделяют большое внимание солёным природным объектам. Они представляют некоторую информацию о ретроспективе климата и могут служить источником естественных эволюционных изменений Земли [1, с. 1].

Территория Казахстана богата водоемами с очень высокой соленостью, в которых в большинстве случаев встречается только один вид – жаброногий рачок «Arthemias». Рачок артемия и его яйца – ценные биоресурсы гипергалиновых водоемов Казахстана [2, с. 266]. Изучение гидрохимических показателей, необходимо для оценки экологического состояния природных вод, ионно – солевого состава и степени загрязнения. Эти показатели, играют важную роль для жизнедеятельности и функционирования водных организмов.

**Цель исследования** заключалась в оценке современного состояния водоемов Алматинской области по гидрохимическим показателям.

### Методы исследования

Материалом для анализа послужили результаты гидрохимических исследований озер – Тузколь и Райской системы озер (оз. Райское №1, оз. Райское №2, оз. Райское №3, оз. Райское №4), проведенных в весенне-летний период 2022 г. с учетом географических, гидрохимических и других особенностей акватории.

Основными задачами гидрохимических исследований, являлось определение газового режима, физико-химических свойств воды, ионного состава и биогенных веществ. Определения физико-химических свойств, гидрохимических показателей, биогенных веществ и солевого состава, выполнены в соответствии с общепринятыми ГОСТами и методиками [3, с.775; 4, с. 541, 5, с. 376; 6, с. 45], для классификации вод

использована схема О.А. Алекина [7, с. 444]. Отбор проб производили на литоральных и центральных зонах изучаемых водных объектах, одновременно измеряя температуру, солёность и прозрачность воды. Величины водородного показателя и растворенного кислорода определяли на месте отбора с применением приборов Mark-901 и Mark-302. Определение концентрации биогенных веществ ( $\text{NH}_4^{+}$ ,  $\text{NO}_2^{-}$ ,  $\text{NO}_3^{-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), осуществляли спектрофотометром Nach DR – 2400. В полевых условиях проводили определение органического вещества по перманганатной окисляемости. Содержание главных ионов (кальций, магний, гидрокарбонат, сульфат, хлорид) определяли титрованием.

### Результаты исследования

Исследуемые водоемы значительно различаются по основным гидрохимическим параметрам среды, что связано с особенностями гидрогеологических условий.

Оз. Тузколь – горько-солёное горное озеро в Казахстане, находится на левобережье верховий реки Чарын (Шалкудысу в Райымбекском районе на юго-востоке Алматинской области. Питание осуществляется только за счёт подземных вод. Относится к бассейну реки Иле (рисунок 1).

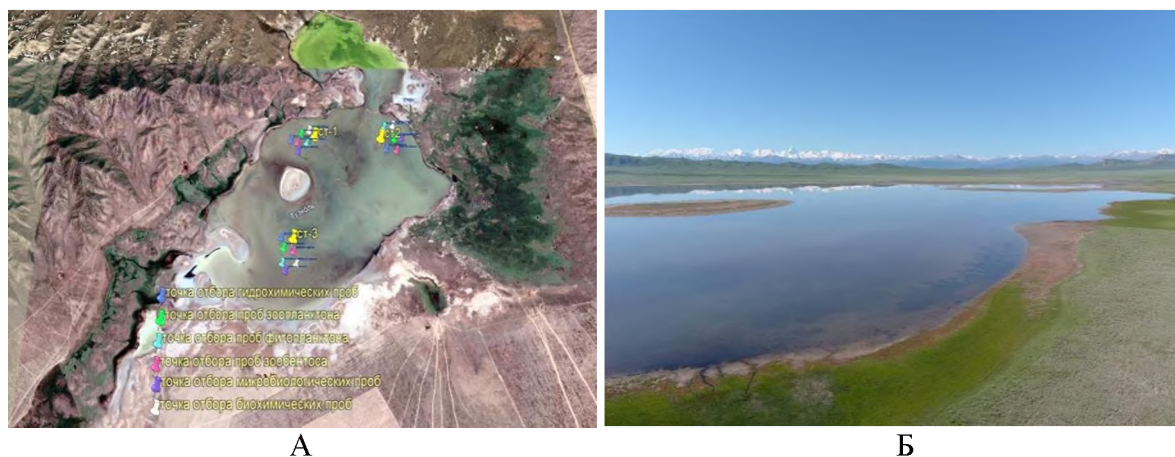


Рисунок 1. Оз. Тузколь и точки отбора материала для исследования:  
А – точки отбора проб, Б – аэрофотосъемка озера.

Во время исследовательских работ (весна и лето 2022 г.), температура в водоеме варьировала от 13,3 до 24,7°C. Реакция водной среды оз. Тузколь, имеет слабощелочной характер, с величиной рН – 7,66-8,01. Результаты проведенных исследований показали, что вода в озере, как весной, так и летом. Весенне-летний период характеризовался сравнительно низким содержанием кислорода. Весной в водоеме наличие кислорода находилось в пределах от 3,78 до 4,1 мг/дм<sup>3</sup>, а летом наблюдалось значительное уменьшение данного показателя – 2,33-2,74 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 1).

Минерализация воды в летний период имеет более низкие показатели, чем в весенний. Этот процесс связан с гидрохимическими особенностями водотока, а также с влиянием как природных, так и антропогенных факторов. По солесодержанию вода озера относится к рассолам, с величиной минерализации 73,7–104,9 г/дм<sup>3</sup>.

Перманганатная окисляемость имеет высокие показатели на всех исследуемых участках и уменьшается весной на 19%, летом на 20%. Увеличенное количество органических веществ в изучаемых акваториях образуется при торможении процессов распада органики, в озерах с недостатком кислорода.

Таблица 1. Гидрохимические показатели воды оз.Тузколь, за весенне-летний период, 2022 г.

Название водоема	Точка отбора проб	pH	Растворенные газы, мг/дм <sup>3</sup>		Биогенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>				Органическое (ОВ), мгО/дм <sup>3</sup>	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>
			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>		
Весна										
оз.Тузколь	№1	7,91	-	3,78	0,14	0,100	7,3	0,57	17,6	104,9
	№2	7,90	-	3,96	0,14	0,009	6,7	1,33	16,3	99,3
	№3	7,91	-	4,10	0,12	0,005	7,3	0,66	18,1	102,0
Лето										
оз.Тузколь	№1	7,87	-	2,65	0,26	0,040	3,2	0,64	14,8	73,7
	№2	7,76	-	2,33	0,33	0,042	3,9	0,87	15,1	75,7
	№3	8.01	-	2.74	0.22	0.038	4.0	0.71	15.1	74.3

*Райская система озёр* (оз. Райское №1, оз. Райское №2, оз. Райское №3, оз.Райское №4). Это группа солёных озёр, образовавшихся в обширной долине к югу от Балхаша между реками Каратал и Аксу.

*Оз. Райское №1.* Во время исследовательских работ температура водной среды варьировала от 20,1-27,2°C. (рисунок 2). Исследуемый водоем характеризуется сравнительно нестабильным газовым режимом. Содержание кислорода в июне высокое – 13,1 мг/дм<sup>3</sup>, что соответствует 148,3% насыщения, а в августе имеет более низкий показатель – 7,0 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем – 94,2%. Активная среда воды – щелочная и колеблется в пределах 8,24–9,22 (pH).

Содержание органического вещества (ОВ) в начале и конце лета высокое, в среднем перманганатная окисляемость составляет 16,4 -16,6 мгО/дм<sup>3</sup>.

В количественном отношении среди биогенных веществ лидируют нитраты (NO<sub>3</sub>). Распределение аммония по всей акватории озера сравнительно равномерное. В целом, в исследуемый период концентрация биогенных элементов не превышала допустимые значения для рыбохозяйственных водоемов [8, с 1]. Исключением является станция №2, где содержание минерального фосфора (PO<sub>4</sub>) в начале лета превышает стандарты качества весной почти в 1,7 раз (при PO<sub>4</sub> ≤ 0,7) (таблица 2).

Таблица 2. Гидрохимические показатели воды Райских озёр, за летний период 2022 г.

Название водоема	Точка отбора проб	pH	Растворенные газы, мг/дм <sup>3</sup>		Биогенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>				ОВ, мгО/дм <sup>3</sup>	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>
			CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>		
Июнь										
Райское №1	Литораль	8,24	-	13,2	0,21	0,003	9,0	0,09	15,8	98,07
	Центр	8,31	-	13,1	0,16	0,001	8,8	0,09	17,4	99,84
Райское №2	Литораль	8,56	-	3,28	0,23	0,002	12,4	0,18	16,2	132,74
	Центр	8,56	-	3,24	0,22	0,004	16,8	1,18	16,8	159,61
Райское №3	Центр	8,67	-	4,77	0,20	0,10	10,1	0,01	18,1	35,02
Райское №4	Литораль	8,86	-	5,16	0,28	0,02	8,4	0,05	15,7	26,77
	Центр	8,74	-	4,86	0,43	0,02	9,5	0,22	16,2	35,59
Август										
Райское №1	Литораль	8,91	-	6,92	0,03	0,004	12,2	0,48	16,3	147,47
	Центр	8,91	-	7,13	0,05	0,001	10,7	0,59	16,9	134,19

Райское №2	Литораль	8,31	-	8,69	0,07	0,009	24,2	0,02	16,7	159,35
	Центр	8,43	-	8,56	0,06	0,004	25,4	0,26	16,6	194,91
Райское №3	Центр	8,87	-	7,81	0,09	0,003	25,1	0,34	18,4	60,47
Райское №4	Литораль	8,38	-	11,9	0,03	0,001	26,2	0,68	15,9	46,02
	Центр	9,22	-	12,2	0,03	0,006	26,0	0,35	16,4	41,68

Согласно классификации качество вод озера Райское №1 относится к «рассолам». Общая минерализация варьирует в пределах 98,01-147,5 г/дм<sup>3</sup>.

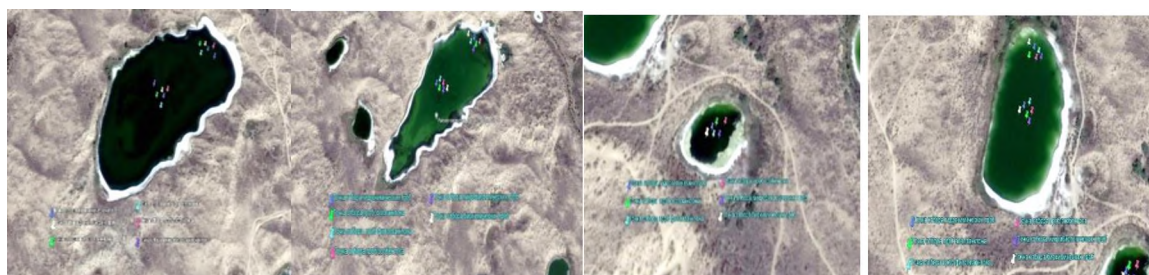


Рисунок 2.

Рисунок 3.

Рисунок 4.

Рисунок 5.

Рисунок 2, 3, 4, 5. Райская система озера (оз. Райское №1, 2, 3, 4) и точки отбора материала для исследования.

*Оз. Райское №2 (берег, центр).* В период исследований температура водных масс в начале и конце лета составляла в среднем 22,2-27,4°C (рисунок 3). Реакция водной среды щелочная, водородный показатель варьирует в пределах 8,31-8,56 (pH). Растворенный кислород в водоеме обнаружен в количестве 3,26 мг/дм<sup>3</sup> - 8,63 мг/дм<sup>3</sup>.

Среди множества компонентов химического состава природных вод особое место занимают биогенные и органические вещества. Изучение их динамики особенно важно вследствие взаимопревращений элементов биолого-биохимического комплекса в водоемах. В результате исследований, в «центре», отмечено увеличение содержания минерального фосфора почти в 2,5 раза (1,81 мг/дм<sup>3</sup>), по остальным показателям превышение концентраций по биогенным элементам не наблюдалось. Количество органики в воде, как в начале июня, так и в конце августа, в среднем составило 16,7 мгО/дм<sup>3</sup>.

Общая минерализация воды варьирует от 132,74 до 194,91 г/дм<sup>3</sup>. По значению минерализации, согласно полученным данным, вода наблюдаемого участка, принадлежит к категории «рассолы».

*Оз. Райское №3 (центр).* Температура поверхностного слоя воды в начале и конце лета варьировала в пределах 20,2-27,6°C. Содержание кислорода с июня до августа месяца поднялось почти в 1,5 раза (от 4,77 до 7,81 мг/дм<sup>3</sup>), при насыщении воды 41,8 и 101,2%. Количество органического вещества в воде в (июнь-август) отмечалось в среднем – 18,3 мгО/дм<sup>3</sup>. Характеристика вод, по перманганатной окисляемости, считается как «высокая».

По значениям общей минерализации в начале лета воды оз.Райское №3 можно отнести к категории «солёные» (35,02 г/дм<sup>3</sup>), а в конце лета к «рассолам» (60,47 г/дм<sup>3</sup>).

Концентрация биогенных элементов изменялась в различных пределах, но не превышала допустимых нормативных показателей для рыбохозяйственных водоемов. Нитраты варьировали в пределах 10,1–25,1 мг/дм<sup>3</sup>. Количество фосфора (0,01–0,34

мг/дм<sup>3</sup>) и солевого аммония (0,09–0,20 мг/дм<sup>3</sup>) в озерной воде отличалось высокой вариабельностью. Нитриты – химически неустойчивые соединения, в аэробных условиях при нитрификации легко переходят в нитраты, поэтому концентрации незначительны.

*Оз. Райское №4 (берег, центр).* В июне-августе среднее значение температуры водной среды находилось в диапазоне 22,1–26,6°C. Показатель уровня pH указывал на щелочной характер среды. (рисунок 5). Содержание кислорода в оз. Райское - 4, в сезонном аспекте имеет высокую вариабельность (4,86–12,2 мг/дм<sup>3</sup>). Среднее значение органики по перманганатной окисляемости в начале и конце лета составляет – 16,05 мгО/дм<sup>3</sup>.

Биогенные элементы в оз. Тузколь, Райское №3, 4, варьировали в различных пределах и не превышали пределов допустимой концентрации для водных объектов.

По значениям общей минерализации в июне месяце оз. Райское № 4 (берег) имеет самое низкое значение (26,77 мг/дм<sup>3</sup>), когда как в августе значение минерализации увеличилось почти в 2 раза (46,02 мг/дм<sup>3</sup>), данные воды можно отнести к категории вод «солёные».

По доминирующим ионам вода по всем акваториям оз. Тузколь и оз. Райское №1, 2, 3, 4 принадлежит к хлоридному классу, по катионному составу к натриевой группе, первому и третьему типу [7, с. 444].

### Обсуждение

Анализ сезонной динамики гидрохимического режима озёр Алматинской области (оз. Райское №1, 2, 3, 4 и оз. Тузколь) показывает, что вода относится к категории «солёной» и «рассолам», с величиной минерализации от 26,77–194,91 г/дм<sup>3</sup>. В ионно-солевом составе преобладают хлориды и ионы натрия.

Биогенные вещества по всем изучаемым озерам имеют высокую вариабельность, но не превышают допустимых нормативных показателей. Исключение составляет минеральный фосфор, содержание которого в 1,7 раза превышало допустимое значение в центре оз. Райское №2 в летний период.

Исследуемые водоемы характеризуются широким диапазоном содержания кислорода, которое варьирует в пределах от 2,3 до 13,2 мг/дм<sup>3</sup>. Активная среда воды менялась от слабощелочной до щелочной, с величиной pH от 7,76 до 9,22.

По результатам исследований 2022 г. можно констатировать, что величина минерализации воды увеличилась в оз. Райское №2, оз. Райское №3 и оз. Тузколь, в среднем почти в 2 раза с аналогичными показателями 2017 г. [9, с. 72–74]. Исключением является оз. Райское №1, где солёность озера в 2022 г. уменьшилось в 1,1 раз, в сравнении с результатами данных 2017 года.

Таким образом гидрохимический режим озёр Райское №1, 2 и оз. Тузколь благоприятен для функционирования жизненных процессов артемии. В озерах Райское №3, 4 сумма солей имеет более низкие показатели, что ухудшает условия жизнедеятельности артемии.

### Заключение

Так как территория Казахстана богата водоемами с очень высокой солёностью, то в большинстве случаев жаброногий рачок артемия (галобионт), является обычным и порой единственным компонентом зоопланктона, непосредственно обитающий только в высокоминерализованных водоемах. Озера Алматинской области, наиболее минерализованные водоемы (до 194,91 г/дм<sup>3</sup>), являются уникальными объектами по физико-химическим свойствам и в целом, представляют большой научный,

практический интерес, как одни из самых продуктивных артемиевых водоемов [28,32] Казахстана.

**Литература:**

1. Десять самых известных соленых озер. [Электронный ресурс]. - 2017. - URL: <https://nauka.tass.ru/sci/6821134> (дата обращения 09.11.2017).
2. Мукатай А.А., Минат А., Долгополова С.Ю. Современное гидрохимическое исследование озер Северо-Казахстанской области. - А.: изд МНП. «Высшая школа Казахстана» №4, 2021 г. – 266 с.
3. Государственный контроль качества воды. Справочник технического комитета по стандартизации. – М.: ИПК издательство стандартов, 2003. – 775 с.
4. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.
5. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
6. ГОСТ 27065-86 «Качество вод». - М.: Изд-во стандартов, 1986. - 45 с.
7. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л., 1970. – 444 с.
8. Единая система классификации качества воды в водных объектах. Приказ Председателя Комитета по водным ресурсам МСХ РК от 9 ноября 2016 года № 151. [Электронный ресурс]. - 2016. - URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513/> (дата обращения 10.10.2022).
9. Л.И. Шарапова, О.А. Шарипова, Т.Т. Трошина, Б.К. Кенжебеков, Ш.Б. Нуриева. Популяции артемии в современных условиях соляных озер Юго-Востока Казахстана. - Изд-во Вестник АГТУ. № 1. 2019 г. С. 72-74.

**References:**

1. The ten most famous salt lakes. [Electronic resource]. - 2017. - URL: <https://nauka.tass.ru/sci/6821134> (accessed date 09.11.2017).
2. Mukatai A.A., Minat A., Dolgoplova S.Yu. Modern hydrochemical study of lakes of North Kazakhstan region». - A: ed.ISP «Higher School of Kazakhstan, №. 4, 2021. –266 p.
3. State water quality control. Reference Book of the Technical Committee for Standardization. - M.: IPK Publishing House of Standards, 2003. - 775 p.
4. Guidelines for Chemical Analysis of Land Surface Water. - L.: Hydrometeoizdat, 1977. - 541 p.
5. Unified Methods of Water Analysis / Ed. Yu. Lurie. - M.: Chemistry, 1973. - 376 p.
6. GOST 27065-86 «Water Quality». - M.: Publishing House of Standards, 1986. - 45 p.
7. Alekin O.A. Fundamentals of hydrochemistry. - L., 1970. - 444 p.
8. Unified water quality classification system in water bodies. Order of the Chairman of the Committee on Water Resources of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated November 9, 2016, № 151. [Electronic resource]. - 2016. - URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513/> (accessed date 10.10.2022).
9. L.I. Sharapova, O.A. Sharipova, T.T. Troshina, B.K. Kenzhebekov, S.B. Nurieva. Populations of artemia in modern conditions of salt lakes of the South-East of Kazakhstan. - Publishing house Vestnik ASTU. № 1. 2019. P. 72-74.