



НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 583.232 (28.05)

В. И. Губанов, канд. геогр. наук, с. н. с., Н. И. Бобко, м. н. с.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Севастополь, Украина

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОЛЯНОГО ОЗЕРА
НА МЫСЕ ХЕРСОНЕС (СЕВАСТОПОЛЬ, КРЫМ)

Обсуждаются величины и динамика гидрологических и гидрохимических характеристик в водах озера Круглое. По минерализации озеро классифицируется как соляное, по химическому составу – хлоридно-натриевое. Для наглядного изображения химического состава вод озера рассчитаны формула Курлова и корреляционная матрица между компонентами газового состава и главными ионами.

Ключевые слова: соляные озёра, гидрохимический режим, растворённые газы, главные ионы, классификация вод.

Согласно классификации О. А. Алекина [1], к соляным озёрам относятся естественные бессточные водоёмы с минерализацией воды 25 ‰ и более. В настоящее время более общепринято называть соляными озёра, в которых минерализация превышает 35 ‰ [5 – 6]. В таких озёрах соли находятся как в жидкой (рапа), так и в твёрдой фазе (донные отложения). Концентрация солей в жидкой фазе обычно близка к насыщению. Дальнейшее увеличение содержания солей или изменение температурного режима влекут за собой их кристаллизацию (садку).

Соляные озёра считаются важными биологическими лабораториями, поскольку в них обитают уникальные растения и организмы, эволюционно связанные с циано-бактериальными сообществами докембрийского периода [2 – 4].

На примере озера Круглое, которое рассматривается как модельный объект исследований, целью настоящей работы является изучение изменчивости средовых характеристик: уровня, температуры, солёности, главных ионов, компонентов газового состава и биогенных веществ.

Некоторые авторы в своих работах применяют другое название озера – Херсонесское [10, 11]. В 1866 г. известный российский топограф И. С. Крыжин составил карту Крымского соляного бассейна, на которой показаны самосадочные соляные озёра, самородные засухи, солончаки и солонцеватые отмели. Согласно врезке на этой карте, озеро

имеет название Круглое. Аналогичное название мы встречаем и в "Ресурсах поверхностных вод СССР" [8]. На космическом снимке, выполненном 12 марта 2010 г. для программы "Google Earth", объект исследований имеет название Солёное озеро. Противоречия в топонимике оставляют право авторам настоящей работы называть это озеро как Круглое.

Озеро Круглое расположено на западной оконечности м. Херсонес Крымского п-ова (рис. 1).

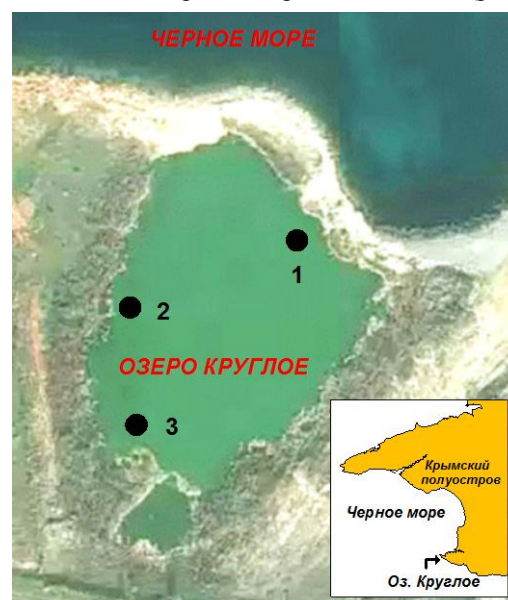


Рис. 1 Схема расположения станций в озере Круглое

Fig. 1 Location of stations in the lake of Krugloe

Площадь зеркала 0.05 км², площадь водосбора – 0.92 км². Наибольшие длина и ширина соответственно 0.32 и 0.20 км, максимальная глубина – 1 м [8]. Даже в засушливые периоды озеро не пересыхает. Это обусловлено его генезисом: озеро образовалось в устье балки, где присутствует постоянная подпитка морскими водами через узкую перемычку, сложенную валунами, галькой и песком.

Материал и методы. Комплексный гидролого-гидрохимический мониторинг в озере Круглое

проводился с мая 2004 г на трёх станциях (рис. 1). По апрель 2005 г. включительно наблюдения проводили два раза в месяц, в последующем (по июнь 2006 г.) – ежемесячно. Всего выполнена 31 натурная съёмка, отобрано и проанализировано около 1000 проб на солёность, содержание главных ионов, показатели газового состава и биогенных веществ.

Для общей характеристики озера приводим абиотические показатели, привязанные к датам наблюдения (табл. 1).

Табл. 1 Средние и экстремальные значения температуры, солёности и гидрохимических характеристик в водах озера Круглое

Table. 1 Average and extreme temperature, salinity and hydrochemical characteristics in the lake Krugloe waters

Показатель	Средние значения	Максимальные величины	Дата	Станция	Минимальные величины	Дата	Станция
T ⁰ C	14.7	29.5	02.08.04	3	-0.5	17.12.04	1
S‰	61.25	181.20	15.09.05	3	36.31	03.03.05	2
O ₂ , мл·л ⁻¹	5.21	8.03	18.05.04	1	0	16.08.05 15.09.05	1 2
O ₂ , %	102.1	202.0	16.08.05	3	0	16.08.05 15.09.05	1 2
H ₂ S, мл·л ⁻¹	0	3.51	15.09.05	2	0	обычно	1, 2, 3
pH in situ	8.67	9.73	14.06.05	2	7.73	15.09.05	2
Cl ⁻ , г·л ⁻¹	33.85	100.30	15.09.05	3	20.10	03.03.05	2
SO ₄ ²⁻ , г·л ⁻¹	5.55	14.69	15.09.05	3	2.80	01.02.05	1
HCO ₃ ⁻ , г·л ⁻¹	0.17	0.23	17.02.05	2, 3	0.10	часто	1, 2, 3
CO ₃ ²⁻ , г·л ⁻¹	0.02	0.06	01.11.04 16.11.04	3 3	0	04.04.05 03.12.04	1, 2, 3 1, 2
Na ⁺ , г·л ⁻¹	17.56	54.20	15.09.05	3	9.90	04.04.05	1, 2, 3
Ca ²⁺ , г·л ⁻¹	0.87	2.40	15.09.05	3	0.08	часто	1, 2, 3
Mg ²⁺ , г·л ⁻¹	2.71	8.40	15.09.05	3	1.40	01.02.05	1
Cl/Na	1.9	2.4	01.07.04	3	1.7	18.07.05 16.08.05	3 1
PO ₄ μM	0.77	6.18	07-2004	1	0.08	01-2006	3
SiO ₃ μM	10.5	41.1	05-2006	3	0.55	04-2005	1
NO ₃ μM	20.8	472.0	01-2005	2	0.52	08-2005	2
NO ₂ μM	0.28	1.20	05-2005	1	0.03	04-2005	1

Определение солёности, растворённого кислорода, сероводорода, водородного показателя (pH) и биогенных веществ проводили по [9]. Для определения ионов Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии на ионном хроматографе фирмы "Tekator". Анализ на анионы (Cl⁻ и SO₄²⁻) проводили с помощью колонки Anion/R, а катионов Na⁺, Ca²⁺ и Mg²⁺ – на катионной колонке Kation фирмы

"Tekator". В качестве элюентов использовали 0.004-молярный раствор гидрофталата калия для анионов и 0.002-нормальную азотную кислоту для катионов. Предварительно пробы разбавляли в 100 – 1000 раз в зависимости от солёности, а затем с помощью инжектора с петлёй на 0.1 мл вводили в хроматограф. Концентрацию ионов рассчитывали согласно предварительно полученным калибровочным кривым по стандартным растворам. Определение кар-

бонатов и гидрокарбонатов проводили потенциометрическим методом с использованием блока автоматического титрования БАТ-15 и рН-метра ЕВ-74. при этом на карбонат-ионы титрование проводили до значения рН 8.1, а гидрокарбонат-ионов – до рН 5.4.

Пробы на солёность, содержание главных ионов, компонентов газового состава и частично на биогенные вещества анализировали в стационарной лаборатории ИнБЮМ НАН Украины сразу после отбора. Определение основного объёма проб на биогенные вещества выполнено С. В. Ляшенко (Морской гидрофизический институт НАН Украины, Севастополь).

Результаты и обсуждение. В рамках комплексных гидролого-гидрохимических исследований была принята рабочая гипотеза, что незначительная площадь зеркала воды и очень

малые глубины позволяют ожидать, что состояние режима озера и его экосистема могут оказаться нестабильными.

Зеркало с августа 2004 до марта 2005 г. озера постепенно повышалось (на 25 см), затем до середины сентября 2005 г. наблюдалось непрерывное понижение уровня, который упал на 5 см ниже изначального замера, после чего в марте 2006 г. зеркало озера вновь повысилось на 25 см от первоначального уровня (рис. 2). Синхронные наблюдения за уровнем Чёрного моря в это время не проводились, но, как следует из [1, 7], для озёр аналогичного генезиса колебания их уровней с морем обычно совпадают.

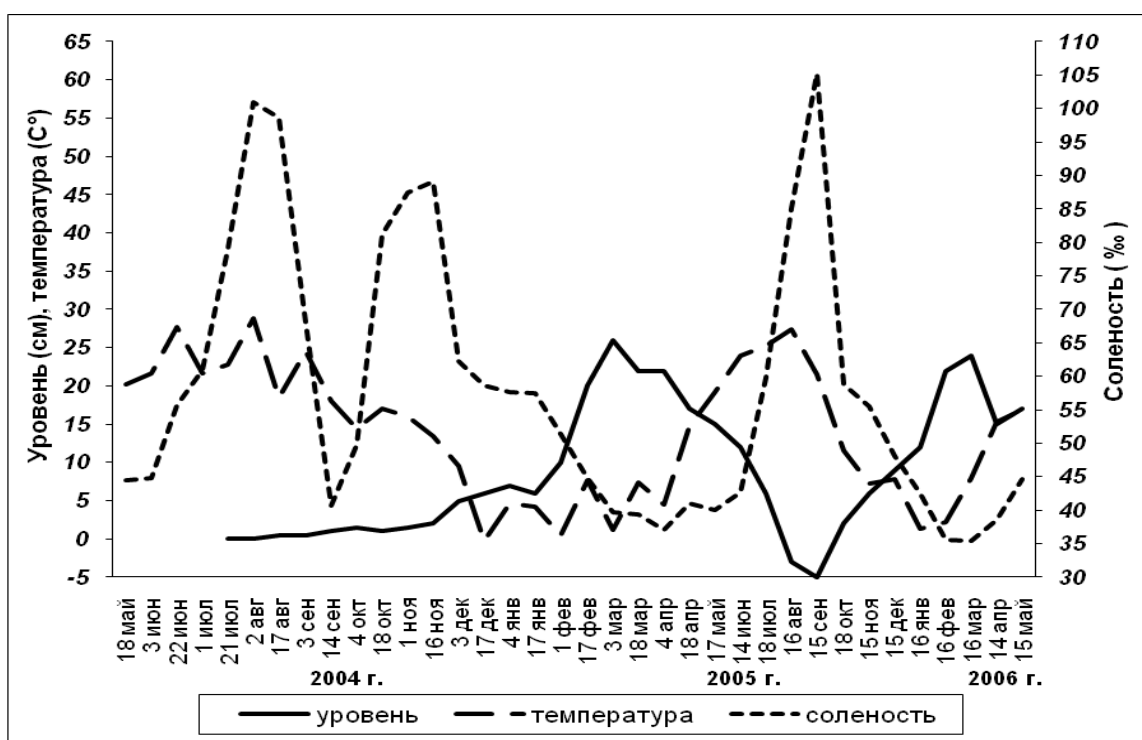


Рис. 2. Двухлетнее изменение солёности, температуры и уровня воды (в см) в озере Круглое (за 0 принят уровень зеркала на 01.08.2004).

Fig. 2. Two-year changes salinity, temperature and water level (cm) in Lake Krugloe (the mirror level of 01.08.2004 was accepted as 0).

Озеро на м. Херсонес характеризовалось заметными вариациями солёности: от минимальных значений 35 – 36 ‰ до максимальных величин – 170 – 181 ‰. На 1 и 2 станциях значения солёности обычно совпадали и со-

ставляли в среднем за первый год 51 ‰, за второй – 47 ‰; на ст. 3 соответственно 78 и 67 ‰ (рис. 2). Вариации солёности обязаны испарению и колебаниям уровня воды в озере.

Все процессы в озере так или иначе были связаны с климатическим фактором: с одной стороны, с испарением в тёплое время года, а с другой – с зимне-весенними осадками и постоянной подпиткой озера черноморскими водами у подошвы пересыпи. Инфильтрация могла усиливаться при нагонных ветрах, которые нередко наблюдаются здесь. Всё это сказывалось на средовых гидрологических и гидрохимических характеристиках вод озера.

Солёность вод озера определяется соотношением главных ионов, составляющих его водный и солевой баланс: атмосферными осадками, испарением, а также интенсивностью поступления черноморских вод путём инфильтрации через пересыпь. Как и для температуры, режим солёности характеризуется заметной изменчивостью (рис. 2). Так, средняя за период наблюдений величина солёности составляла 61 ‰, максимальная – 181 ‰ (сентябрь 2005), минимальная – 36 ‰ (март 2005). Периодическое распреснение озера нередко было связано с атмосферными осадками.

Пространственное распределение солёности в озере обнаруживает следующую закономерность. На станциях 1 и 2, расположенных соответственно вблизи пересыпи и в центральной части озера, величины солёности практически не отличались и обычно были меньше, чем на наиболее удаленной от моря мелководной ст. 3.

Важно отметить, что в период проведения наблюдений солёность озера во всех случаях превышала 35 ‰, что позволяет классифицировать озеро Круглое как соляное.

Температурный режим озера характеризуется широким диапазоном сезонных, суточных и короткопериодных колебаний температуры воды. За период исследований температура воды изменялась от – 0.5 в январе 2004 до 29.5°C в августе 2004 г. (рис. 2). Несмотря на отрицательные значения температуры, благодаря высокой солёности, образование льда в озере не наблюдались даже в период заметных морозов в январе – феврале 2006 г.

Внутригодовая изменчивость температуры воды, в целом, повторяет ход температуры воздуха. Коэффициент корреляции между этими температурными показателями высокий и по отдельным сезонам года составляет 0.90 – 0.95. Интенсивный прогрев воды наблюдался в апреле и достигал своего максимума в августе. В последующие месяцы температура воды монотонно понижалась, за исключением ст. 3. Наименьшие значения температуры характерны для конца декабря – начала марта.

Для поля температуры воды по всей площади озера свойственна однородность. Во все сезоны года вследствие незначительной глубины в вертикальном распределении температуры наблюдается гомотермия.

Содержание и динамика растворённого кислорода в озере регламентируются гидрофизическими и биохимическими факторами. К первым относятся термодинамические характеристики (температура и солёность), а также динамика вод, связанная с инфильтрацией и ветровой нагрузкой; ко вторым – фотосинтез, биохимическое и химическое потребление кислорода. За период исследований среднегодовые абсолютные концентрации растворённого кислорода в озере изменялись от 0 до 8.03 мл·л⁻¹. Диапазон относительного содержания кислорода: 0 – 202% (рис. 3).

Следует отметить, что гипоксия и аноксия в водах озера достаточно редкие явления. Так, отсутствие кислорода наблюдалось на отдельных станциях лишь дважды в августе и сентябре 2005 г.; в обоих случаях в пробах воды обнаруживался сероводород в количестве 3.12 и 3.51 мл·л⁻¹ соответственно. Образование сероводорода в этот период связано с устойчивой стратификацией вод при их прогреве в штилевых условиях и интенсификацией процессов разложения и биохимического окисления органического вещества.

В августе 2005 г. при наличии сероводорода на ст. 1 в мелководной точке 3 был зарегистрирован абсолютный максимум относительного содержания кислорода (202 %).

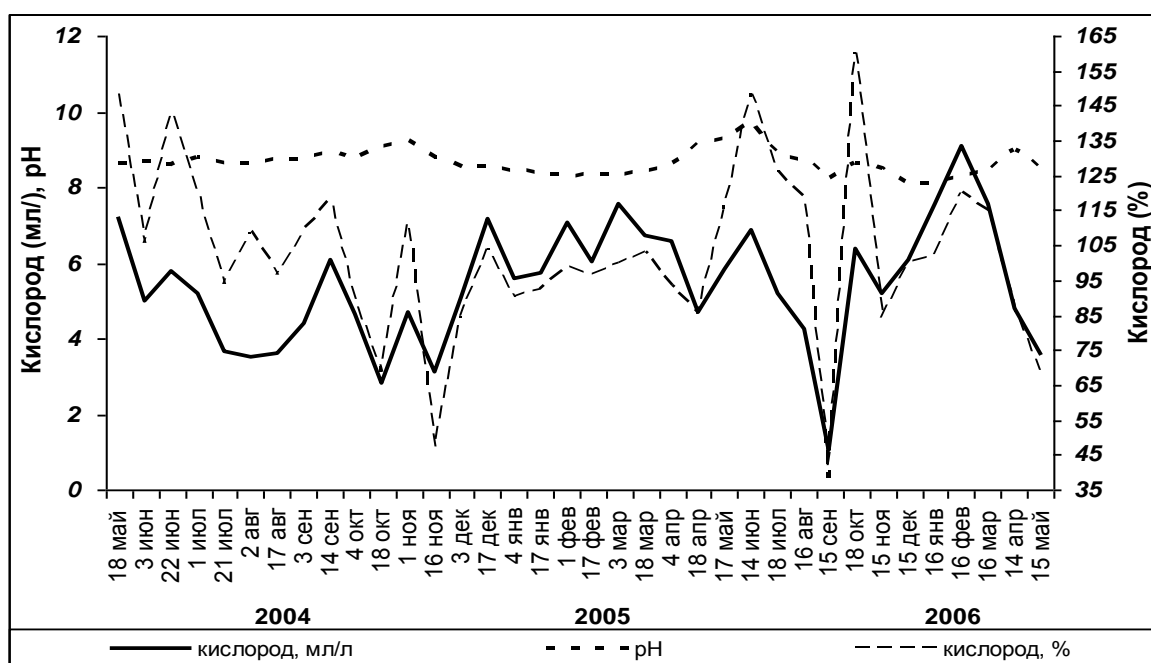


Рис. 3 Двухлетняя динамика растворенного кислорода и величины pH и в водах озера Круглое
 Fig. 3 Two-year dissolved oxygen and pH dynamics in the lake of Krugloe water

На ст. 3 озеро было почти полностью покрыто матами водорослей *Cladophora*, которые продуцировали кислород, одновременно с мелкими *Chlorella*. Ближе к морю водорослевые маты обычно отсутствовали. Этот пример убедительно свидетельствует о том, что, несмотря на малую акваторию, поле кислорода в озере характеризуется неоднородностью, особенно в тёплый период года. В остальные сроки наблюдений вода в озере была достаточно хорошо аэрирована. Средняя за период наблюдений абсолютная концентрация кислорода составляла $5.21 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$, относительная – 102 %.

Величина водородного показателя (pH) в озере обычно отклонялась от нейтральной реакции в сторону слабощелочной (рис. 3). Среднее значение величины pH в озере составляет 8.67, что несколько выше, чем в водах Чёрного моря. Минимальные значения концентраций ионов водорода в озере наблюдались в летний сезон. Абсолютный минимум pH (7.73) зарегистрирован в сентябре 2005 г. и связан с развитием процессов сульфатредукции. Несмотря на малую площадь водоёма, пространственное распределение pH по акватории озера

также характеризовалось пятнистостью. Этот факт, как и ряд других, определяет правомерность выбора малого озера как модельной системы для изучения экстремальных средовых условий существования и функционирования биоты для выполнения ретроспективного моделирования изначального развития простейших организмов в древнейшие эпохи.

Содержание в озере питательных веществ (PO_4 , SiO_3 , NO_3 , NO_2), как и солёность воды, колебалось от месяца к месяцу в широких пределах, заметно увеличиваясь с января 2005 г. Фосфаты лишь от начала наблюдений и до сентября 2004 г. показали среднее содержание от 0.9 до $3.6 \text{ }\mu\text{M}$, затем до окончания наблюдений – в пределах 0.2 – $0.9 \text{ }\mu\text{M}$. Наиболее значимым в озере оказалось содержание SiO_3 – от 1.1 до $38.7 \text{ }\mu\text{M}$ и NO_3 – от 0.6 до $36.1 \text{ }\mu\text{M}$ за тот же период, если не принимать во внимание январский (2005 г.) пик NO_3 ($472 \text{ }\mu\text{M}$) в точке 2. Это значение может быть артефактом, поскольку в двух других точках измерения NO_3 составили в это время менее $1 \text{ }\mu\text{M}$. Средние значения кремнезёма варьировали во всех точках отбора проб и к концу наблюдений

составили 36, 39 и 41 μM в каждой из них. Нитраты проявляли схожую тенденцию распределения, составив по станциям 44, 20 и 17 μM в конце мониторинга. Содержание кремния и нитратов показало в целом положительный тренд, фосфатов и нитритов – отрицательный.

Как уже отмечалось выше, по минерализации озеро Круглое относится к соляным озёрам. Помимо минерализации, природные воды классифицируются также по химическому составу. Существует десятки классификаций, основанных на различных принципах в зависимости от поставленных практических целей [1, 6, 11 и др.].

До настоящего времени универсальная классификация не разработана. Наиболее часто используется классификация О. А. Алекина [1], в основу которой положен принцип преобладающих ионов, чья концентрация выражена в процентах в пересчёте на количество вещества эквивалента. По преобладающему аниону все

природные воды подразделяются на три класса: гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный. Каждый класс по преобладающему катиону делится на три группы: кальциевую, магниевую и натриевую. Далее в зависимости от соотношения между ионами в эквивалентах каждая группа подразделяется на четыре типа, для каждого из которых соблюдаются следующие условия: $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ (первый тип), $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ (второй тип), $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ или, что то же самое, $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$ (третий тип), $\text{HCO}_3^- = 0$ (четвертый тип).

Средние и экстремальные концентрации главных ионов, определяющих классификацию по химическому составу в водах озера Круглое, представлены в табл. 1, а их динамика – на рис. 4 и 5.

Представленные данные убедительно свидетельствуют о том, что озеро относится к хлоридно-натриевому типу.

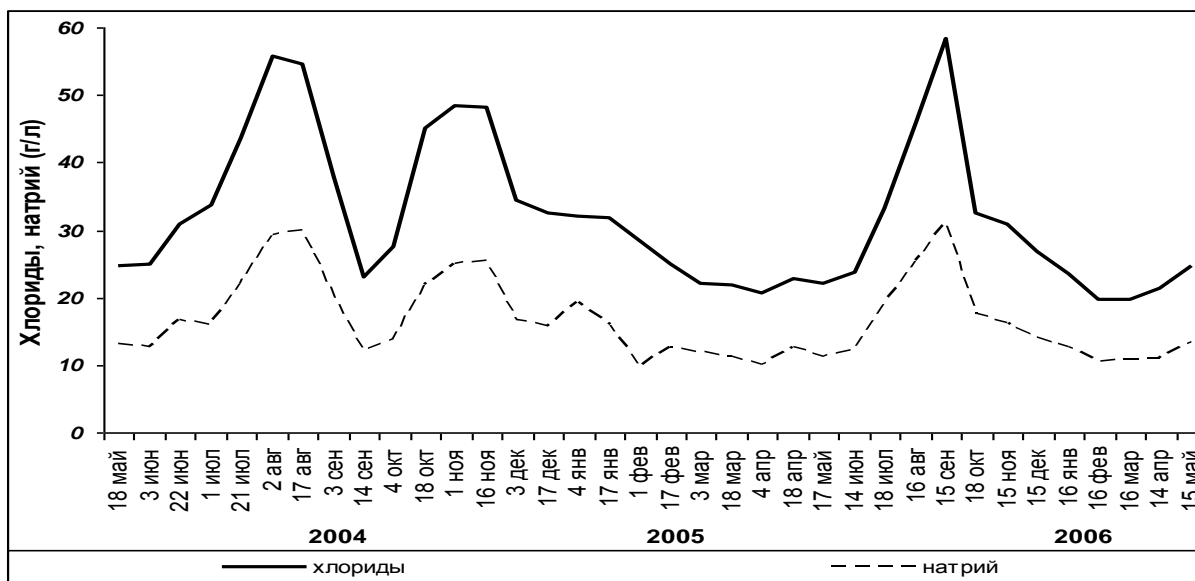


Рис. 4 Динамика хлоридов и натрия в водах озера Круглое
Fig. 4 Chloride and sodium dynamics in the lake of Krugloe water

В пересчёте на количество вещества эквивалента среди анионов преобладает Cl^- (94.00%), а среди катионов – Na^+ (85.15%). Далее в порядке убывания главные ионы располагаются в последовательности: Mg^{2+} (12.00%),

SO_4^{2-} (5.69%), Ca^{2+} (2.42%), HCO_3^- (0.27%) и CO_3^{2-} (0.03%).

Временная динамика содержания главных ионов характеризуется значительной изменчивостью.

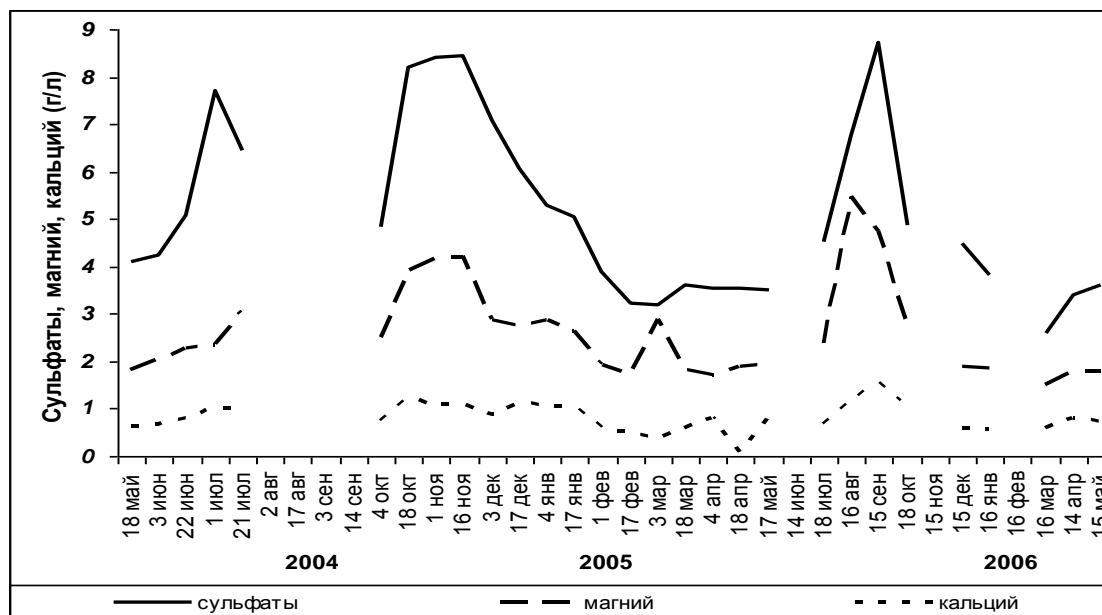


Рис. 5 Динамика сульфатов, магния и кальция в водах озера Круглое
 Fig. 5 Sulphate, magnesium and calcium dynamics in the lake of Krugloe water

В то же время соотношение между главными ионами достаточно устойчиво и, например, между натрием и хлором составляет в абсолютных концентрациях 1.9, а в пересчёте на количество вещества эквивалента – 1.1. На

всех станциях временная динамика соотношения Cl^- / Na^+ обнаруживает незначительный отрицательный тренд, уравнения которого представлены на рис. 6.

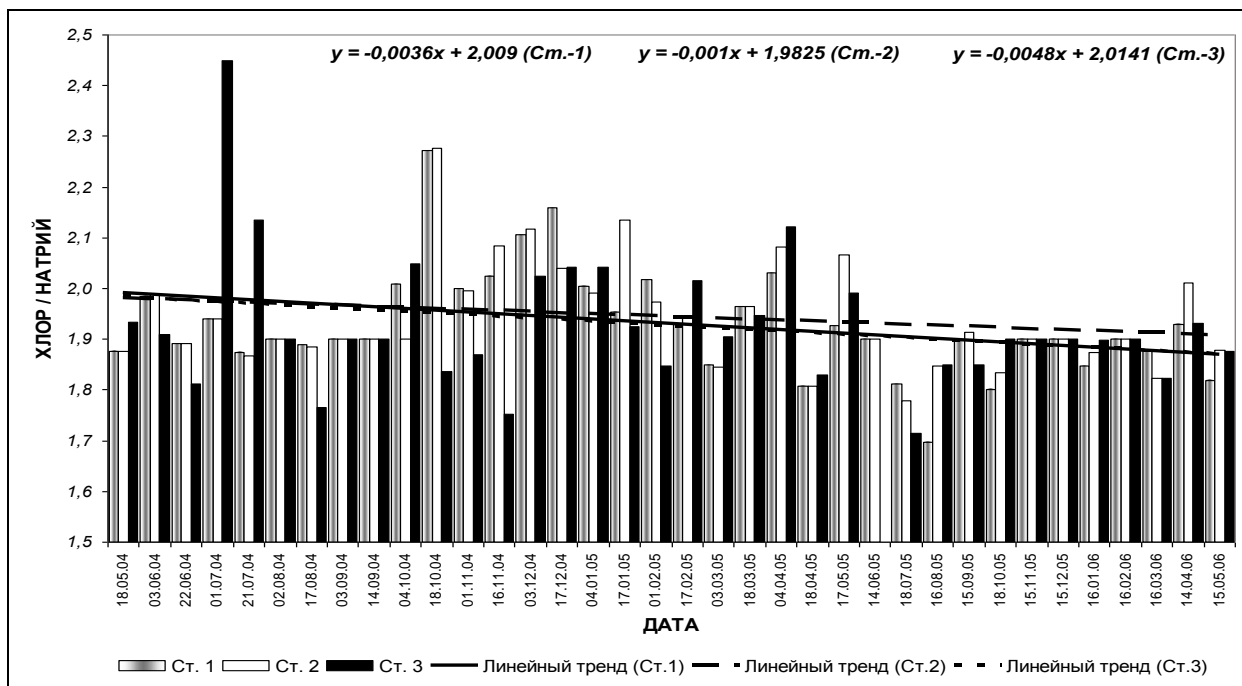


Рис. 6 Динамика отношения хлора к натрию в водах озера Круглое
 Fig. 6 Chlorinity:sodium ratio dynamics in the lake of Krugloe water

По результатам наблюдений составлена корреляционная матрица между гидрофизическими и гидрохимическими параметрами в водах озера Круглое (рис. 7), которая имеет вид квадратной матрицы размерности $M \times M$, где M – количество заданий, симметричных относи-

тельно главной диагонали. В нашем случае матрица состоит из 12 строк и столько же столбцов. Например, между 2 и 1-м заданиями, которые находятся на пересечении величины температуры и солёности, коэффициент корреляции Пирсона составляет 0.32.

Показатель	T°C	S‰	O ₂ ,ml/l	O ₂ ,%	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
T°C		0.32	-0.46	0.22	0.35	0.32	0.27	-0.61	0.55	0.34	0.18	0.25
S‰	0.32		-0.56	-0.08	-0.12	1.00	0.93	-0.29	0.40	0.99	0.82	0.96
O ₂ ,ml/l	-0.46	-0.56		0.67	0.09	-0.56	-0.51	0.18	-0.29	-0.54	-0.43	-0.53
O ₂ ,%	0.22	-0.08	0.67		0.32	-0.07	-0.08	-0.34	0.15	-0.05	-0.05	-0.11
pH	0.35	-0.12	0.09	0.32		-0.12	0.06	-0.57	0.67	-0.11	-0.06	0.06
Cl ⁻	0.32	1.00	-0.56	-0.07	-0.12		0.93	-0.28	0.39	0.99	0.83	0.96
SO ₄ ²⁻	0.27	0.93	-0.51	-0.08	0.06	0.93		-0.26	0.39	0.88	0.85	0.91
HCO ₃ ⁻	-0.61	-0.29	0.18	-0.34	-0.57	-0.28	-0.26		-0.75	-0.31	-0.20	-0.29
CO ₃ ²⁻	0.55	0.40	-0.29	0.15	0.67	0.39	0.39	-0.75		0.42	0.22	0.41
Na ⁺	0.34	0.99	-0.54	-0.05	-0.11	0.99	0.88	-0.31	0.42		0.78	0.95
Ca ²⁺	0.18	0.82	-0.43	-0.05	-0.06	0.83	0.85	-0.20	0.22	0.78		0.85
Mg ²⁺	0.25	0.96	-0.53	-0.11	0.06	0.96	0.91	-0.29	0.41	0.95	0.85	

Примечания: 1. Жирный шрифт – $r > 0.5$; 2. Курсив – обратная корреляция.

Рис. 7 Корреляционная матрица между гидрофизическими и гидрохимическими параметрами озера Круглое
Fig. 7 Correlation matrix between hydrophysical and hydrochemical characteristics of the Krugloe lake

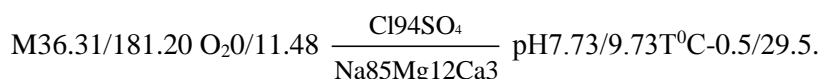
Расчёты показали, что в районе наблюдается хорошая корреляционная связь ($r = 0.5 - 1.0$) между значениями температуры и концентрациями карбонатов, гидрокарбонатов, солёностью и абсолютным содержанием кислорода, хлоридами, сульфатами, натрием, кальцием, магнием, кислородом и хлоридами, сульфатами натрием, магнием, величиной pH и карбонатами, гидрокарбонатами, хлоридами и сульфатами, натрием, кальцием, магнием, карбонатами и гидрокарбонатами, натрием и кальцием, магнием, кальцием и магнием.

Удачный приём наглядного изображения химического состава природных вод представляет собой формула, предложенная М. Г. Курловым. Формула – это псевдодробь, в числителе которой слева направо записываются анионы (в процентах по отношению количеств

ва вещества эквивалента) в порядке убывания их содержания, а в знаменатели – в аналогичном порядке катионы.

М. Г. Курлов рекомендовал записывать только те главные ионы, содержание которых более 10 %. Впоследствии формула была модернизирована и теперь в ней показываются анионы и катионы с концентрациями $> 1\%$. Слева от дроби указывается минерализация (в некоторых случаях микроэлементы и преобладающие газы в мг л^{-1}), справа – величина pH, температура и некоторые другие показатели [5].

Расчитанная нами формула М. Г. Курлова для озера Круглое имеет следующий вид:



Выводы. 1. По минерализации озеро Круглое относится к соляным озёрам. Средняя за период наблюдений (2004 – 2006 гг.) величина солёности составляла 61 ‰, максимальная – 181 ‰, минимальная – 36 ‰. Озеро относится к хлоридно-натриевому типу. В пересчёте на количество вещества эквивалента среди анионов преобладает Cl⁻ (94.00%), среди катионов – Na⁺ (85.15%). **2.** Воды озера достаточно хорошо аэрированы; гипоксия и аноксия – редкие явления. Отсутствие кислорода наблюдалось на отдельных станциях лишь дважды; в обоих случаях в пробах воды обнаруживался сероводород в количестве 3.12 и 3.51 мл·л⁻¹ соответственно. **3.** Временная динамика содержания главных ионов характеризу-

ется значительной изменчивостью, однако соотношение между главными ионами достаточно устойчиво. На всех станциях временная динамика соотношения Cl⁻:Na⁺ обнаруживает незначительный отрицательный тренд. **4.** Содержание питательных веществ (PO₄, SiO₃, NO₃, NO₂) заметно колебалось. Фосфаты от начала наблюдений и до сентября 2004 г. составляли от 0.9 до 3.6 мМ, затем изменялись в пределах 0.2 – 0.9 мМ. Наиболее значимым, особенно к концу наблюдений, оказалось содержание SiO₃ – от 1.1 до 38.7 мМ и NO₃ – от 0.6 до 36.1 мМ.

Благодарности. Авторы выражают признательность INTAS Европейской комиссии за финансовую поддержку исследований (Project INTAS № 03–51– 6541).

1. *Алексин О. А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 442 с.
2. *Заварзин Г. А.* Становление биосферы // Вестн. РАН. – 2001. – **71**, № 11. – С. 988 – 1001.
3. *Заварзин Г. А.* Становление системы биогеохимических циклов // Палеонт. журн. – 2003. – № 6. – С. 16-24.
4. *Заварзин Г. А.* Эпиконтинентальные содовые водоёмы как предполагаемые реликтовые биотопы формирования наземной биоты // Микробиология. – 1993. – **62**, № 5. – С. 789 – 800.
5. *Зенин А. А., Белоусова Н. В.* Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 239 с.
6. *Никаноров А. М., Посохов Е. В.* Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 232 с.
7. *Олиферов А. Н., Тимченко З. В.* Реки и озера Крыма. – Симферополь: Доля, 2005. – 216 с.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Крым. – **6**, № 4. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1966. – 344 с.
9. Руководство по химическому анализу морских вод (РД52.10.243-293). – С-Пб.: Гидрометеиздат, 1993. – 264 с.
10. *Павловская Т. В., Празукин А. В., Шадрин Н. В.* Сезонные явления в сообществе инфузорий гиперсолёного озера Херсонесское (Крым). // Морск. экол. журн. – 2009. – **8**, № 2. – С. 53 – 63.
11. *Празукин А. В., Бобкова А. Н., Евстигнеева И. К., Танковская И. Н., Шадрин Н. В.* Структура и сезонная динамика фитокомпоненты биокосной системы морского гиперсолёного озера на мысе Херсонес (Крым) // Морск. экол. журн. – 2008. – **7**, № 1. – С. 61 – 79.
12. *Сулин В. А.* Условия образования, основы классификации и состав природных вод. – М.: Изд-во АН СССР, 1948. – 106 с.

Поступила 17 декабря 2011 г.
После доработки 19 апреля 2012 г.

Гідролого-гідрохімічна характеристика соляного озера Кругле (Крим, мис Херсонес). В. І. Губанов, Н. І. Бобко. Обговорюються величини і динаміка гідрологічних і гідрохімічних характеристик у водах озера Кругле. По мінералізації озеро класифікується як соляне, по хімічному складу – хлоридно-натрієве. Для наочного зображення хімічного складу вод озера розраховані формула Курлова і кореляційна матриця між компонентами газового складу і головних іонів.

Ключові слова: соляне озеро Кругле, гідрохімічний режим, розчинені гази, головні іони, класифікація вод

Hydrological and hydrochemical characteristics in the hypersalt Lake Krugloe (Crimea, cape Hersones). V. I. Gubanov, N. I. Bobko. The values and dynamics of the hydrological and hydrochemical characteristics in the Lake Krugloe are discussed. On mineralization the lake is classified as hypersaline, on chemical structure – as chlorine-sodium. The Kurlov's formula and correlation matrix between gas structure components and main ions are designed for an evident image of the chemical structure of the lake.

Key words: salt Lake Krugloe, hydrochemical conditions, dissolved gases, main ions, water classification.