

УДК 556.114.5

**Г. Н. Шихалеева, А. А. Эннан, О. Д. Чурсина, И. И. Шихалеев,
А. Н. Кирюшкина, И. С. Кузьмина**

Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека
МОН Украины и НАН Украины
ул. Преображенская, 3, г. Одесса, 65082, Украина,
e-mail: i.l.monitoring@rambler.ru

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА

Приведены результаты исследований макрокомпонентного состава воды Куяльницкого лимана за период 2002-2013 гг., отражена межгодовая динамика изменения содержания главных ионов (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) в воде и донных отложениях (ДО) лимана в исследуемый период. Установлено, что в настоящее время гидрохимия лимана определяется, главным образом, сочетанием процессов испарительного концентрирования солевого состава и осадконакопления.

Ключевые слова: Куяльницкий лиман, солевой состав, многолетняя динамика, испарительное концентрирование, осадконакопление.

Куяльницкий лиман (Кл) представляет собой уникальный по богатству природных ресурсов (целебные рапа, мулы, минеральная вода, наличие пляжей, разнообразие ландшафта) объект рекреационного назначения [1,2]. Однако в настоящее время экологическое состояние Кл можно охарактеризовать как кризисное, что обусловлено катастрофическим обмелением водоема и связанного с этим увеличением солености рапы до критических ($> 200 \%$) для жизнедеятельности биоты величин. Последние 10 лет приходная часть водного баланса лимана, формирование которой происходило, главным образом, за счет атмосферных осадков, поверхностных стоков с бассейна водосбора (подземный сток и фильтрация составляют менее 1% приходной части), оказывалась меньше расходной части – испарения с поверхности лимана. При среднем значении площади лимана за последние годы около 35 км², осадков выпадает до 14 млн. м³/год на акваторию лимана. Объем испарения с водной поверхности лимана составляет в среднем 20 млн. м³/год [3-5]. Местные реки, когда-то питавшие лиман (река Большой Куяльник, водохранилище на реке Кошково, реки Долбока и Кубанка) в настоящее время не играют существенной роли в стабилизации уровня лимана. Объем руслового поверхностного стока за последние 12 лет уменьшился с 15,6 до 1,6 млн. м³ и в летний период сток практически прекращался со всех водотоков [4]. В настоящее время Кл является практически бессточным водоемом. Колебания уровня водоема, характерные для Кл, с постоянной тенденцией в последнее десятилетие к снижению и, соответственно, уменьшению площади зеркала лимана являются существенным негативным фактором в общем процессе водоснабжения, естественного очищения и возобновления его природного ресурсного потенциала. При значительном изменении минерализации воды меняются биологическая продуктивность водоема, состав водных биогеоценозов и, следовательно, условия воспроизводства ценных сульфидных илов и их качество. При прогнозируемом в Украине до конца XXI века повышении температуры воздуха от 1 до 5 °С [6] эти процессы будут происходить

с большей интенсивностью. В связи с этим, сведения о современном химическом составе воды Кл и ее многолетних изменениях актуальны и необходимы для разработки мероприятий по восстановлению оптимального для воспроизводства сульфидных илов и сохранения их лечебных свойств гидролого-гидрохимического режима.

В настоящей работе на основании обобщения результатов гидролого-гидрохимических исследований за период 2002-2013 гг. дан анализ современного ионно-солевого состава воды и донных отложений лимана, отражена динамика межгодовых колебаний.

Материалы и методы исследования

В работе использованы результаты химических исследований проб воды и донных отложений (ДО), отобранные с февраля 2002 г. по октябрь 2013 г. в акватории Кл по сети 14 станций постоянного мониторинга, описанных нами ранее [7]. Учитывая мелководность Кл, отбор проб воды проводили с одного горизонта (~до 50 см) с помощью пластиковых емкостей, проб ДО – с поверхностных слоев (0-20 см). Пробы отбирались в основном с периодичностью 1 раз в месяц, но не реже 1 раза в сезон.

Химико-аналитическое определение проб вод и донных отложений осуществлялось по общепринятым методикам [8-11]. Концентрации натрия и калия определялись пламенно-эмиссионным методом на спектрофотометре С-115-1М; рН – потенциометрическим методом; бикарбонатов, кальция, магния, хлоридов – методом титрования; сульфатов – турбидиметрическим методом. Общую минерализацию воды (соленость – S ‰) определяли с применением портативного кондуктометра «Sension 5».

Исследования состава вод и донных отложений производилось в аттестованной испытательной лаборатории «Мониторинг» ФХИЗОСИЧ (*Свидетельство об аттестации № РО-409 / 2010 от 12.07.2010 г. и № РО-409а / 2012 от 17.05.2012 г.*) на поверенном измерительном оборудовании.

Параллельно с отбором проб осуществлялись измерения уровня воды в лимане на гидрологическом посту, расположенном в южной акватории лимана в районе курорта «Куяльник». Результаты исследований по каждой из станций наблюдений в акватории Кл хранятся в картографической электронной базе геоданных.

Анализ многолетней за период 2002-2013 гг. изменчивости содержания ионов Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , их суммы выполнен для Кл по результатам исследований ~ 600 проб воды и ~ 270 проб донных отложений.

Для оценки изменений химического состава воды Кл применяли формулу Курлова [12]. В числителе дроби указываются анионы, а в знаменателе – катионы, входящие в состав рапы лимана. Количественное содержание ионов даётся в процентах от общего количества эквивалентов катионов и анионов.

Для анализа многолетней и сезонной изменчивости гидрометеорологических параметров в районе исследований использованы как оригинальные данные, так и данные наблюдений Одесской ГМО за последние 12 лет.

Статистический анализ результатов исследований осуществлялся с применением пакета программ Microsoft Excel и R. Факторный анализ проводился с учетом рангового коэффициента корреляции по Пирсону при доверительной вероятности 0,95 [13].

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований химического состава воды Кл показали, что главную роль в ее формировании играет гидрологический режим (табл.1, рис.1), который, как отмечено нами ранее [4] связан с климатическими изменениями и в последнее десятилетие, главным образом, определяется количеством атмосферных осадков и интенсивностью процессов испарений. Все среднегодовые температуры воздуха в исследуемый период изменялись в пределах $10,1^{\circ}\text{C}$ (2003 г.) – $12,8^{\circ}\text{C}$ (2007 г.) и за исключением 2003 г. превышали климатическую норму ($10,6^{\circ}\text{C}$). Причем, средняя зимняя температура в последнее десятилетие также превышала климатическую норму, а в январе 2007 г. зафиксирована наиболее высокая за весь столетний период температура (плюс 5°C). Экстремально жарким было и лето 2010 г., температура воздуха колебалась в интервале $30-45^{\circ}\text{C}$, а среднемесячная температура воздуха в июле месяце была на уровне наиболее жаркого за столетний период лета 1936 г. ($26,4^{\circ}\text{C}$). Все это способствовало интенсификации процессов испарения с водной акватории и на фоне значительно сократившегося поверхностного руслового стока привело к существенным изменениям гидрологического и гидрохимического режимов. Максимальная амплитуда среднемесячных изменений уровня воды достигала ~ 200 см, солености – ~ 240 ‰ (рис. 1). Абсолютные значения солености воды в этот период изменялись в интервале $49,9-399$ ‰. Значительное повышение уровня воды в Кл (рис.1) произошло лишь после экстремально многоводного паводка 2003 г., когда в лиман поступило $50-60$ млн. м^3 воды, что позволило практически на протяжении 4-х лет сохранять экосистеме лимана квазистационарное состояние. В результате интенсификации испарительных процессов уже с начала 2007 г. наблюдается существенное падение уровня и увеличение концентрации солей в воде Кл. Рассчитанный коэффициент Пирсона ($-0,87$) указывает на наличие значимой отрицательной корреляции между изменениями уровня воды и соленостью.

С изменениями уровня воды в мелководном Кл происходят и масштабные изменения его морфометрических характеристик, о чем свидетельствует, построенная с использованием данных снимков Landsat 7, карта площадей зеркала воды Кл по состоянию на август месяц 2005 г. и 2012 г. (рис.2).

Как видно из приведенных на рис.2 данных, к августу 2012г. осушилось ~ 50 % его акватории. По мере снижения уровня наблюдался быстрый рост песчаных кос, который привел к обособлению и интенсивному снижению водообмена даже между центральной и южной частью Кл и практически к полному оголению дна северной мелководной части лимана. Среднегодовые морфометрические показатели лимана в этот период колебались в пределах (макс. – мин.): уровень воды – от минус 525 (2003 г.) до минус 650 (2012 г.) см БС, протяженность по осевой линии – от 26 до 17 (2012 г.) км, площадь зеркала воды – от 52(2003 г.) до 28 (2012 г.) км^2 , объем водной массы с $68,2$ (2003 г.) до $17,4$ (2012 г.) млн. м^3 . Значительный рост летних температур и интенсивный прогрев водной массы до $30-34^{\circ}\text{C}$, обусловленный малыми глубинами лимана (максимум в 2009 г. до $0,8$ м) ускоряют процессы испарения с его водной площади, последствием чего и является такое высокое концентрирование солей. Причем, как видно из данных рис. 1, рост солености имеет тенденцию к ускорению.

В соответствии с классификацией М.Г. Валяшко [14] по концентрации рассола и химическому составу (табл.1) Кл относится к соляным водоемам хлоридного типа, который характеризуется составом: NaCl , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{HCO})_2$, CaSO_4 , CaCl_2 . По химическому составу воды Кл, рассчитанному по формуле Курлова

Таблица 1

Динамика изменений химического состава воды КЛ (компоненты и сумма ионов) в период 2002-2013 гг.
(по среднегодовым данным, г/дм³)

Годы	Уровень воды, см БС*	рН	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма ионов	Формула Курлова % экв. [12]
2002	минус 638	7,22	91,62	6,30	0,31	42,21	1,90	2,26	1,20	145,42	$\frac{Cl^- 95,0SO_4^{2-} 4,8}{Na^+ 87,5Mg^{2+} 4,8Ca^{2+} 5,4}$
2003	минус 525	7,67	49,40	3,20	0,30	14,30	0,39	1,13	3,70	72,43	$\frac{Cl^- 95,1SO_4^{2-} 4,6}{Na^+ 76,8Mg^{2+} 11,9Ca^{2+} 7,1}$
2004	минус 528	7,44	53,79	4,37	0,24	22,49	0,46	1,30	5,81	88,54	$\frac{Cl^- 94,2SO_4^{2-} 5,6}{Na^+ 63,5Mg^{2+} 31,5Ca^{2+} 4,2}$
2005	минус 538	7,77	76,44	3,63	0,26	26,20	0,48	1,58	6,36	114,95	$\frac{Cl^- 96,4SO_4^{2-} 3,4}{Na^+ 64,7Mg^{2+} 30,1Ca^{2+} 4,5}$
2006	минус 554	7,22	79,43	3,82	0,22	36,03	0,79	1,77	7,10	129,09	$\frac{Cl^- 96,4SO_4^{2-} 3,4}{Na^+ 69,1Mg^{2+} 26,1Ca^{2+} 3,9}$
2007	минус 605	7,23	112,26	4,74	0,19	43,93	0,70	3,20	11,19	176,21	$\frac{Cl^- 96,9SO_4^{2-} 3,0}{Na^+ 63,2Mg^{2+} 30,8Ca^{2+} 5,3}$
2008	минус 629	7,49	128,11	10,70	0,20	51,60	1,34	1,79	6,03	199,77	$\frac{Cl^- 94,1SO_4^{2-} 5,8}{Na^+ 78,2Mg^{2+} 17,5Ca^{2+} 3,1}$
2009	минус 642	7,29	139,96	5,50	0,25	60,81	1,38	3,12	15,95	226,97	$\frac{Cl^- 97,1SO_4^{2-} 2,8}{Na^+ 63,5Mg^{2+} 31,9Ca^{2+} 3,8}$
2010	минус 638	7,41	144,00	6,01	0,24	68,05	1,02	1,88	14,41	235,61	$\frac{Cl^- 96,9SO_4^{2-} 3,0}{Na^+ 69,1Mg^{2+} 28,1Ca^{2+} 2,2}$
2011	минус 634	7,52	136,53	4,77	0,25	64,20	1,11	2,26	11,71	220,83	$\frac{Cl^- 97,4SO_4^{2-} 2,5}{Na^+ 71,4Mg^{2+} 25,0Ca^{2+} 2,9}$
2012	минус 650	7,32	167,60	4,98	0,24	61,53	1,69	2,13	14,67	252,94	$\frac{Cl^- 97,8SO_4^{2-} 2,2}{Na^+ 66,1Mg^{2+} 30,2Ca^{2+} 2,6}$
2013**	минус 648	7,61	170,01	3,58	0,21	47,40	1,58	2,21	10,86	235,94	$\frac{Cl^- 98,4SO_4^{2-} 1,5}{Na^+ 66,1Mg^{2+} 29,0Ca^{2+} 3,6}$

* Балтийская система, ** по данным усреднения за 10 месяцев

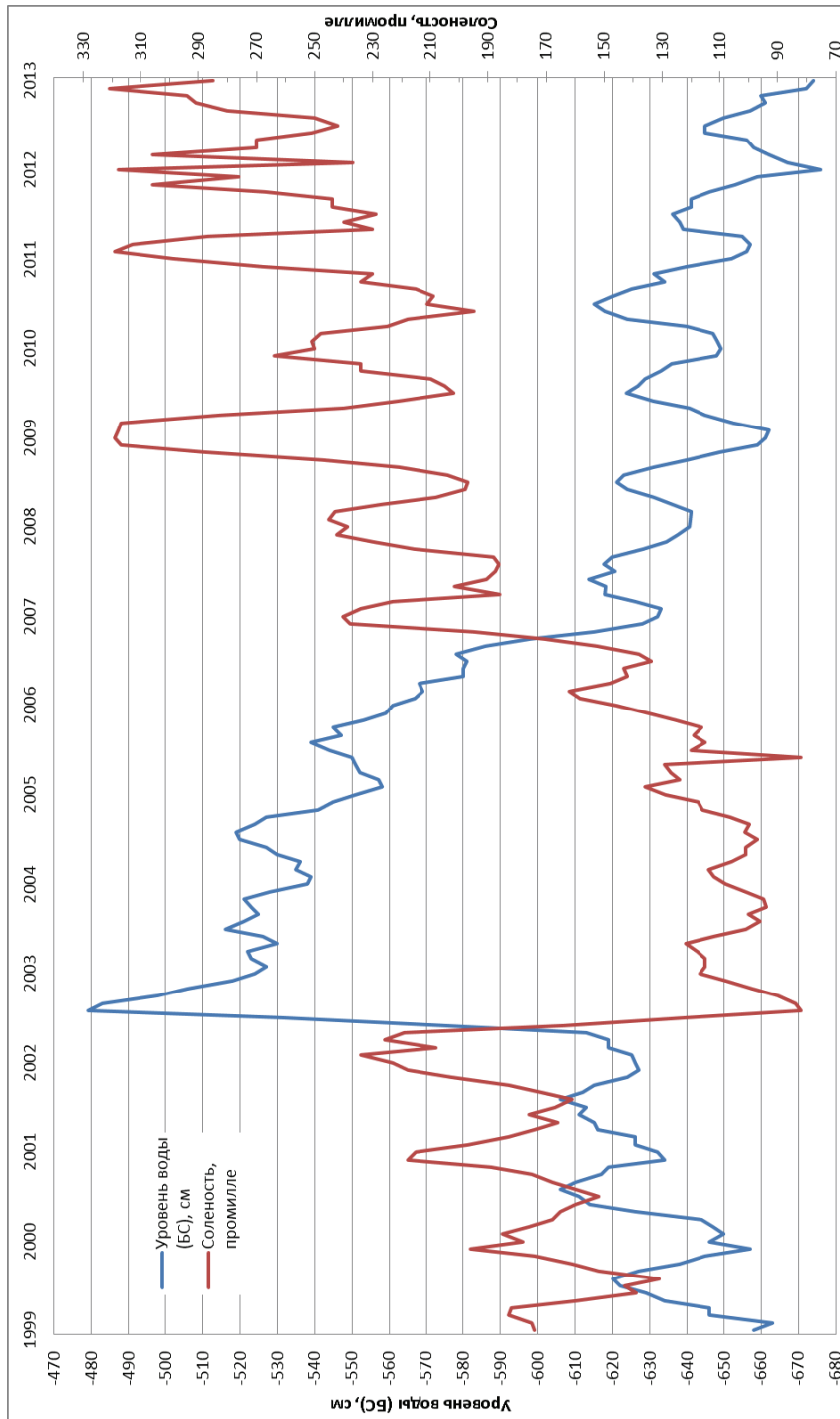


Рис. 1. Ход среднемесячных значений солёности и уровня воды в акватории Кл в 1999-2013 гг.

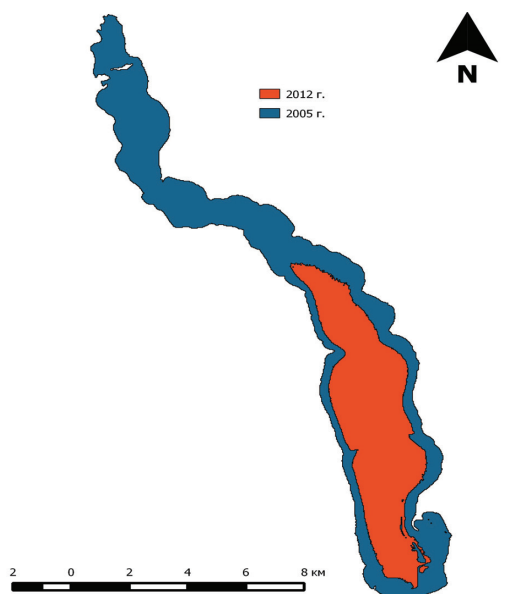


Рис. 2. Куяльницкий лиман в различные по водности годы (по данным обработки космической съемки Landsat 7 (Glovis.usgs.gov), август 2005 г. и 2012 г.)

[12], доминирующими по значимости анионами являются хлориды, катионами – натрий и магний (табл.1). Причем, доминирование указанных ионов характерно для всего периода исследований, охватывающего во времени все сезоны в период 2002-2012 гг. и интервал солёности от 49,9 до 399 ‰. По соотношению анионов согласно классификации О.А. Алекина [11] вода Кл относится к классу хлоридных вод, натриево-магниевой группы. Среднегодовая величина рН в период исследований изменялась в пределах 7,22-7,77 единиц. Изменения абсолютных концентраций (рис. 3) и отношений основных ионов к хлору с солёностью (рис. 4) в диапазоне колебаний от 100 до 399 ‰ (по данным усреднения проб летне-осенних периодов 2002-2013 гг.) свидетельствуют о потере устойчивости солевой системы лимана в этих условиях. Процесс осолонения воды Кл сопровождается метаморфизацией ионного состава, вероятнее всего за счет неоднократного последовательного выпадения из пересыщенного рассола в осадок солей в соответствии с их растворимостью и обратного растворения даже при незначительных изменениях условий среды (температуры, рН, химического состава), о чем свидетельствует скачкообразный характер изменения абсолютного содержания главных ионов и их отношений к хлорид-иону (рис.3, рис.4). Увеличение минерализации в воде Кл сопровождается ростом доли более растворимых солей натрия и магния. Доля КСl в солевом составе воды Кл невелика (табл.1). На графиках (см. рис. 3-4) прослеживаются области изменения монотонности протекающих процессов, видимо соответствующие тем пороговым концентрациям, при которых наступает насыщение куяльницкой воды очередной солью. Полученные данные согласуются с наблюдениями [15-17]. При этом в результате изменений равновесий первыми в оса-

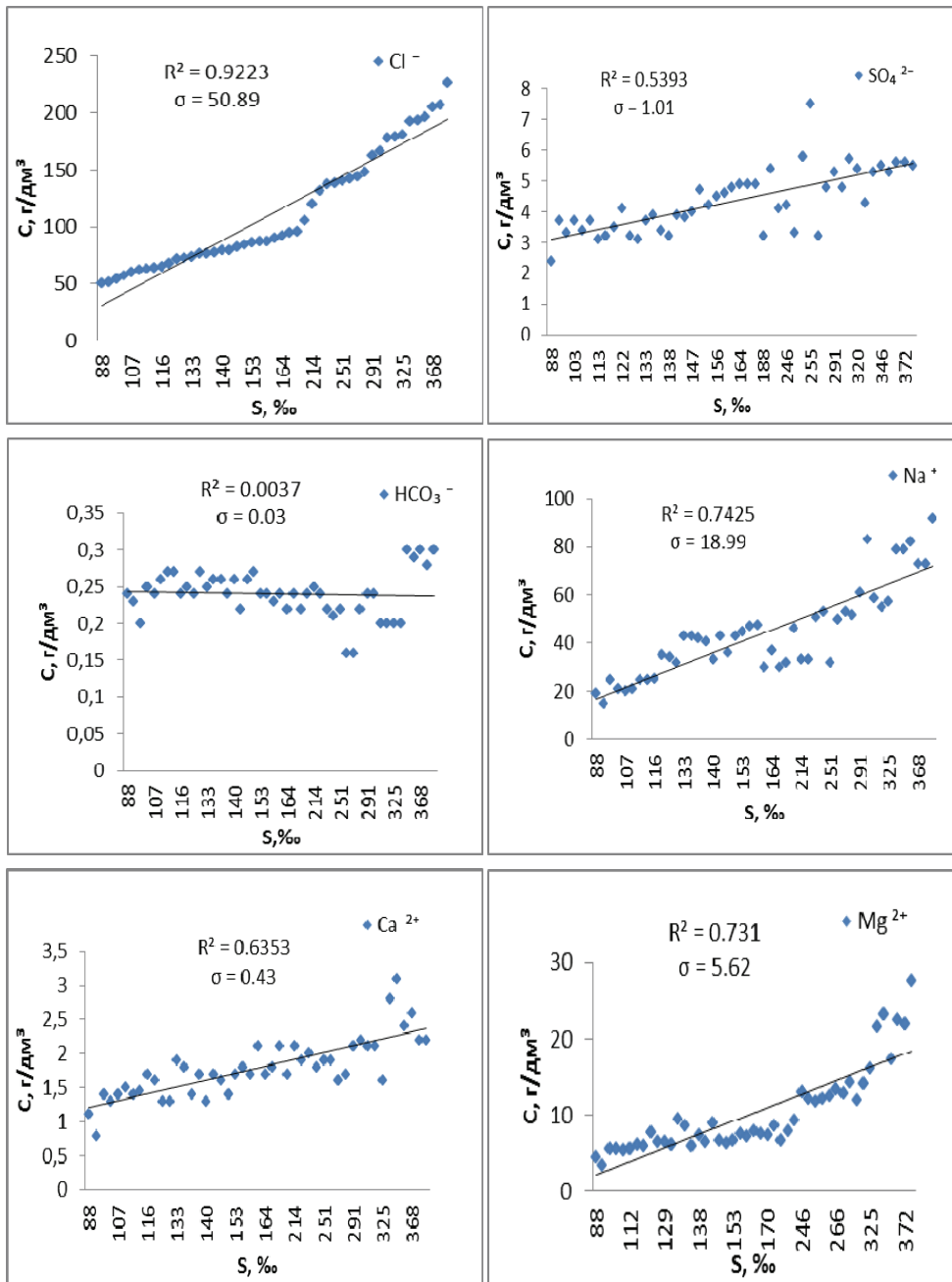


Рис. 3. Изменение содержания основных ионов с соленостью (по результатам усреднений за 2002-2012 гг.): — линия тренда, R²— коэффициент детерминации, характеризующий вклад линейного тренда в общую величину дисперсии; σ— стандартное отклонение.

док выпадают трудно растворимые соли, затем среднерастворимые и последними осаждаются легкорастворимые соли:

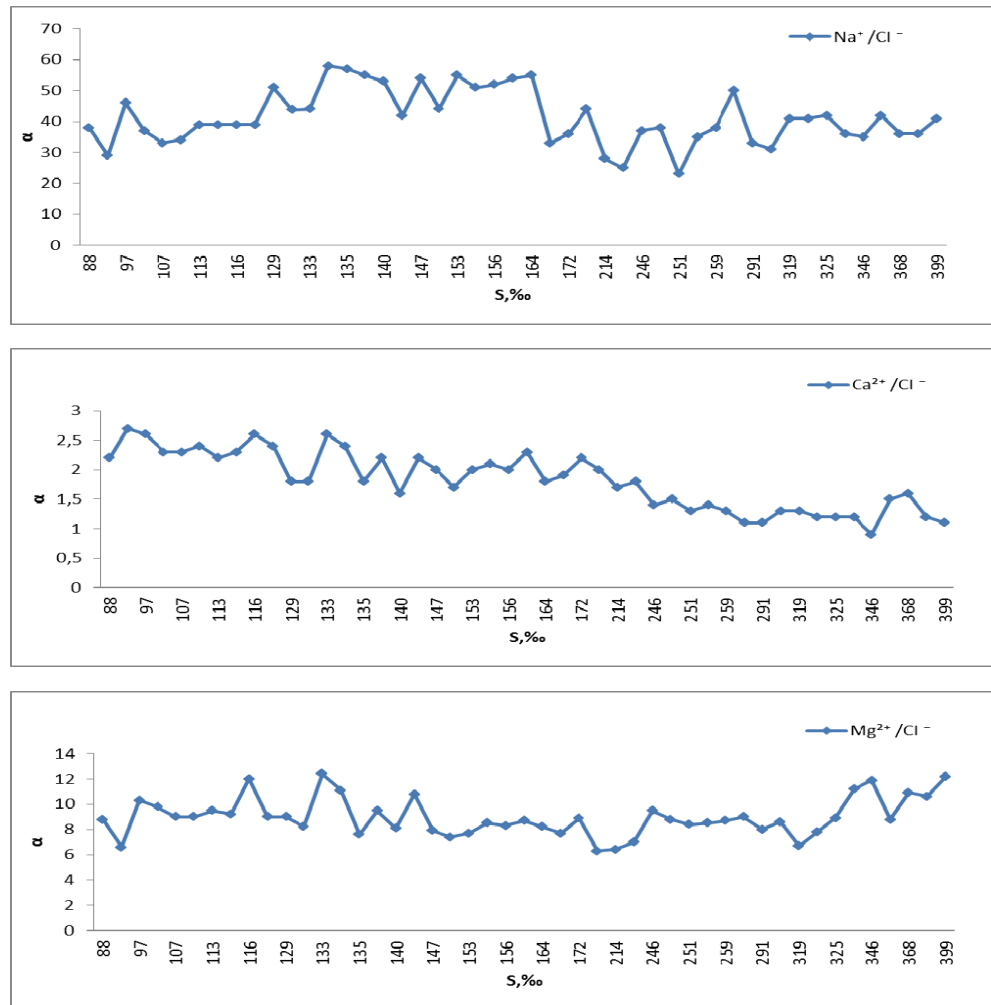
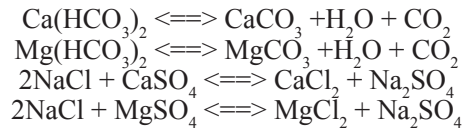


Рис. 4. Связь отношений относительных концентраций ионов к хлору с соленостью (по результатам усреднений за 2002-2012 гг.). По оси абсцисс – соленость (S‰), по оси ординат – отношение ионов к хлору в % (α).

Абсолютные значения гидрокарбонатов изменяются незначительно и скачок повышения их содержания при солёности воды, превышающей 250 ‰, вероятнее всего связан с их вымыванием из породы. Значительный рост среди анионов характерен для хлоридов, катионов – в основном натрия. Содержание калия в рапе лимана вообще незначительное и в период исследований колебалось от 0,3 до 2 г/дм³.

Представленные в табл. 1 и на рис. 3, 4 данные свидетельствуют о том, что доминирующими факторами формирования солёности являются процессы испарительного концентрирования воды, а химического состава воды Кл в условиях высокой солёности – как процессы испарений, так и вторичного минералообразования (выпадения в осадок минералов по мере насыщения по ним рапы), о чем свидетельствуют отмеченные флуктуации в изменении содержаний ионов. Причем, содержание хлорид-ионов практически синхронно увеличивается с ростом солёности воды. В тех же масштабах должны были бы накапливаться и ионы натрия, снижение которых, вероятнее всего, связано с потерями в результате участия в процессах минералообразования, о чем свидетельствуют и значения рассчитанных коэффициентов корреляции Пирсона. В интервале минерализации воды 200-399 ‰ очень высокая корреляция наблюдается между минерализацией и хлорид-ионами (0,99), высокая – минерализацией и ионами натрия (0,87) и средняя – минерализацией и ионами кальция и магния (0,74 и 0,67, соответственно).

Немаловажную роль в метаморфизации химического состава воды играют сорбционно-десорбционные процессы, протекающие в системе «вода-донные отложения» лимана, о чем свидетельствуют изменения концентраций главных ионов в воде и донных отложениях (рис. 5).

Анализ линейных трендов содержаний главных ионов за период 2002-2013 гг. при диапазоне изменений солёности 100-399 ‰, показал, что за исключением бикарбонат – ионов наблюдается тенденция к их повышению.

Естественное осаждение солей в Кл в последнее десятилетие мы наблюдали в летний период, в основном, с конца июля практически на протяжении 2010-2013 гг. Случаи выпадения самосадочной соли вследствие значительного понижения уровня лимана, отличающегося своей цикличностью, были отмечены на протяжении последних столетий неоднократно и дважды (в 1907 г. и 1926 г.), в связи с сильным обмелением, объем воды в Кл был пополнен за счет подачи морской воды [18].

Сегодня состояние Кл критическое, среднемесячные значения солёности в текущем году не опускались ниже 230 ‰, а абсолютные значения достигли наивысшей за весь более чем столетний период исследований отметки солёности в 399 ‰. Расчеты водно-солевого баланса за 30-летний период (1980-2011 гг.) показали, что содержание солей в лимане – величина практически постоянная (~7,5 млн. тонн.). По данным полевых съемок (август-сентябрь 2012 г.) на оголившемся дне лимана находилось около 0,5 млн. т самосадочной соли, так что в экстремальных условиях может произойти колоссальное засоление сельхозугодий, приусадебных участков жителей прибрежных 13 населенных пунктов в Коминтерновском, Беляевском и Ивановском районах Одесской области, а также территории г. Одесса. Экологический ущерб в случае реализации такого сценария будет огромным.

В сложившихся условиях вопрос стоит не в необходимости срочного пополнения воды в Кл, так как из изложенного выше видно, что без пополнения водой мы просто потеряем его ценные ресурсы, а технических решениях подачи воды и выбора их источников.

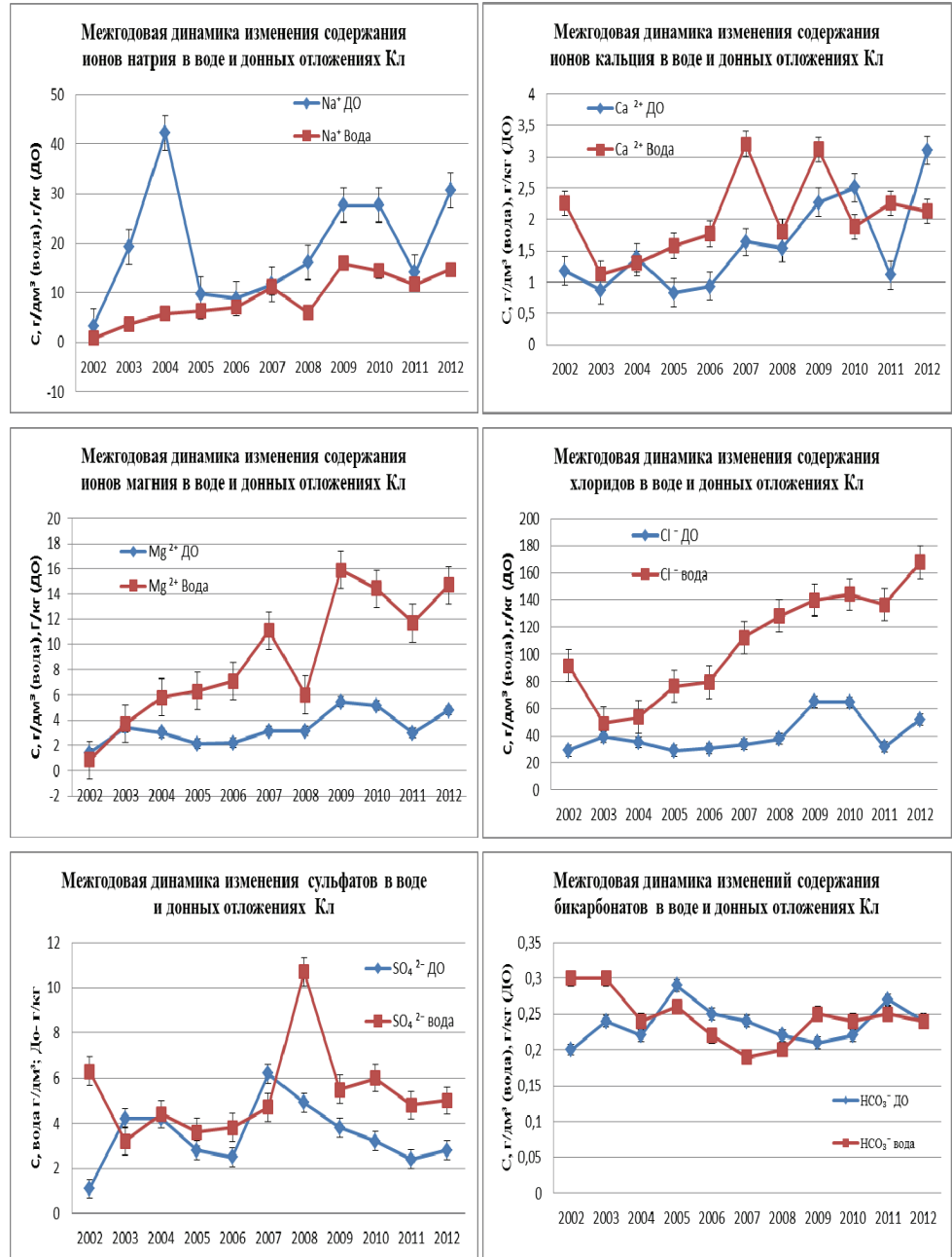


Рис. 5. Межгодовая динамика изменения содержания главных ионов (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻) в воде и донных отложениях (ДО) Кл в период 2002-2012 гг.

Работа выполнена в рамках проводимого ФХИЗОСИЧ широкомасштабного комплексного систематического мониторинга экологического состояния акватории и прибрежной территории Кл.

Литература

1. Вайсфельд Д.Н., Горчакова Г.А., Серебряна Л.А. Природные лечебные факторы Одесского курортного региона. – К.: Здоровья, 1991. – 141 с.
2. Брусиловский Е. М. Одесские лиманы и их лечебные свойства. – Одесса – М.: Изд-во журн. «Терапевтическое обозрение», 1914. – 167 с.
3. Современное гидроэкологическое состояние Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье) / А.А. Эннан, Г.Н.Шихалева, В.В.Адобовский, С.К.Бабинец, О.Д.Чурсина // Матеріали міжн. наук.-практ. конф.– Одесса, 2009. – С. 247 – 249.
4. Эннан А.А., Шихалева Г.Н. К вопросу о спасении Куяльницкого лимана // Причорноморський екологічний бюлетень. – Одеса, 2012, № 3 (45). – С. 82 – 95.
5. Гонченко Є. Д., Гриб О.М. Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління водойми/ Метеорологія і гідрологія, 2010. – Вип.51. – С. 200 – 215.
6. Изменение климата в Восточной Европе// [http/ www.zoinet.org](http://www.zoinet.org).
7. Эннан А.А., Шихалева Г.Н., Сизо А.В., Бабинец С.К. Оценка качества воды Куяльницкого лимана по комплексу гидрохимических показателей с применением геоинформационных систем // Вестник ОНУ им.И.И.Мечникова, 2010, Т.15, №13, – с.61 – 71.
8. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243-92. Санкт– Петербург: Гидрометеоздат, 1993. – 264 с.
9. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю. Ю Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
10. СЭВ «Унифицированные методы исследования качества вод», ч.1, т.1.-М.,1987. – С.353.
11. Алевкин О.А. Общая гидрохимия. – Ленинград, Гидрометеорологическое изд-во, 1948. – 208 с.
12. Посохов Е.В. Формирование хлоридных вод гидросферы.– Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 245с.
13. Дрейпер Н.Р., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. –М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.
14. Гроховский Л. М. Озерные месторождения солей, их изучение и промышленная оценка. М.: Недра, 1972. – 168 с.
15. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра,1998. – 366 с.
16. Валяшко М. Г., Петрова Е. Л., Пельш Г. К. Экспериментальное исследование процессов метаморфизации природных соляных вод. Тр. ВНИИГ, вып. X X I I I , 1952 и вып. XXIV, 1953.
17. Цыцарин А.Т., Лобов А.Л. Исследование солевого состава воды Аральского моря // Гидрохимические материалы. – 1994. – Т. 3. – С. 79–93.
18. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов одесских лиманов. – Киев: Наук. Думка, 1974. – 224 с.

Стаття надійшла до редакції 18.09.13

Г. М. Шихалєєва, А. А. Еннан, О. Д. Чурсіна, І. І. Шихалєєв,

Г. М. Кірюшкіна, І. С. Кузьміна

Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища
і людини МОН України і НАН України
вул. Преображенська, 3, м. Одеса. 65082, Україна,
e-mail: i.l.monitoring@rambler.ru

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ВОДНО-СОЛЬОВОГО РЕЖИМУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ

Резюме

За результатами досліджень макрокомпонентного складу води в Куяльницькому лимані в 2002-2013 рр. відображена міжрічна динаміка зміни вмісту головних іонів (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) у воді і донних відкладеннях лиману, показана залежність іонного складу солей від мінералізації води в лиману. Встановлено, що в даний час гідрохімія лиману визначається, головним чином, процесами випарного концентрування сольового складу і випадання з пересиченого розсолу в осад солей.

Ключові слова: Куяльницький лиман, іонний склад води, багаторічна динаміка, концентрування солей.

G. N. Shykhalyeyeva, A. A. Ennan, O. D. Chursina, I. I. Shykhalyeyev,

A. N. Kiryushkina, I. S. Kuzmina

Physical-Chemical Institute for Environment and Human Protection
3 Preobrazhenskaya St., 65082, Odessa, Ukraine
e-mail: i.l.monitoring@rambler.ru

LONG-TERM STUDIES OF WATER-SALT REGIME DYNAMICS IN KUYALNIK ESTUARY

Summary

Presented the results of water macrocomponental composition research in Kuyalnik estuary for the period of 2002-2013 years. Reflected interannual dynamics of changes in the content of the main ions (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) in water and sediments in the estuary during the study period. Found that currently hydrochemistry of the estuary is determined mainly by processes of salt composition evaporative concentration and sedimentation.

Keywords: long-term dynamics, macrocomponent composition, Kuyalnik estuary, evaporative concentration, sedimentation.