

УДК 549+556.5+614.7(477.63)

**Г. Н. Шихалеева, А. А. Эннан, С. К. Бабинец, О. Д. Чурсина**Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека  
МОН и НАН Украины,  
ул. Преображенская, 3, Одесса, 65082, Украина**МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ СВИНЦА В ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ  
КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА**

В работе обобщены материалы по содержанию свинца в основных компонентах водной экосистемы Куяльницкого лимана (вода, донные отложения, водоросли-макрофиты) за 2000–2008 гг., отражена динамика пространственных и сезонных колебаний свинца в исследуемых компонентах водной экосистемы. Рассчитаны коэффициенты донной аккумуляции и биологического накопления, учитывающие способность свинца накапливаться в донных отложениях, водорослях — макрофитах.

**Ключевые слова:** лиман, свинец, миграция, аккумуляция, взвешенные частицы, донные отложения, водоросли-макрофиты.

В условиях наблюдающегося сегодня увеличения антропогенного воздействия на природную среду, особенно актуальна проблема металлического загрязнения водных экосистем. Учитывая, что Куяльницкий лиман (КЛ) относится к водоемам рекреационного назначения, обладающим лечебными свойствами, качество воды является важнейшим показателем, определяющим возможность использования его в целях рекреации.

В настоящее время происходит катастрофическое обмеление лимана, увеличение солености рапы, что влечет за собой усложнение технологии добычи лечебной грязи и общее ухудшение экологической обстановки, как в результате загрязнения прибрежной зоны лимана, сброса промышленных, бытовых сточных и ливневых вод с территории водосбора, так и осаждения загрязняющих веществ из атмосферы [1–3]. Вследствие чего, в акваторию лимана продолжают поступать значительные количества тяжелых металлов, среди которых наибольшей токсичностью обладает свинец. Содержание свинца в воздушном аэрозоле района исследований изменялось в интервале 0,008–0,18 мкг/м<sup>3</sup> (ПДК<sub>м.р.</sub> = 0,3 мкг/м<sup>3</sup>), в атмосферных осадках от 2,13 до 8,72 мкг/дм<sup>3</sup> [3].

Исходя из вышеизложенного, нами была сделана попытка оценить миграцию и накопление свинца в абиотических (вода, донные отложения) и биотических (доминантных для КЛ водорослях — макрофитах) компонентах водной экосистемы КЛ.

Работа выполнялась в рамках проводимого ФХИЗОСич широкомасштабного комплексного систематического мониторинга экологического состояния акватории и прибрежной территории КЛ.

## Материалы и методики исследования

Материалом исследований были вода, почва и доминантные виды водорослей-макрофитов. Пробы отбирались по постоянной сетке станций наблюдений (рис.1), расположенных вдоль прибрежной акватории лимана на расстоянии примерно до 100 м от уреза воды, а также методом маршрутных выборочных отборов в различные сезоны 2000–2008 гг.

Пробы воды отбирали, в основном, в поверхностном горизонте с помощью пластиковых емкостей, поверхностных слоев (0–20 см) донных отложений (ДО) — с помощью ковша, по вертикальному профилю (0–90 см) — с помощью грунтовой трубки типа ГОИН. Анализ глубинных проб проводили послойно с шагом 10–15 см.

Параллельно с отбором проб воды и ДО осуществляли отбор проб водорослей. Обработку собранных материалов проводили в лабораторных условиях по общепринятым методикам [4].

Определение свинца в пробах природных компонентов осуществляли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией проб на спектрофотометре «Сатурн — 3-П» с графитовой приставкой «Графит-2» [5]. Контроль точности определения свинца в исследуемых объектах проводили методом стандартных добавок.

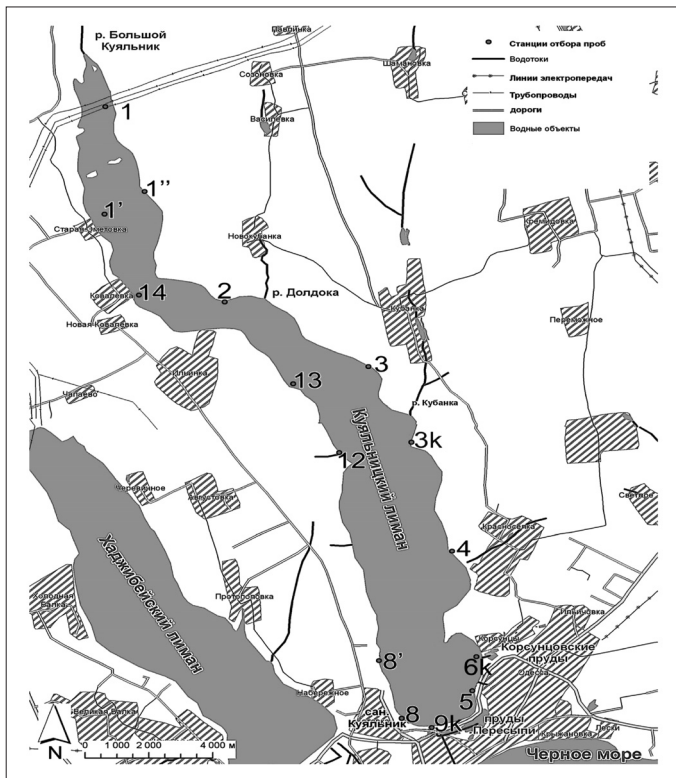


Рис. 1. Карта-схема расположения постоянных станций отбора проб

Количественные характеристики подвижности свинца в ДО получали методом «последовательного фракционирования» образцов [6]:

- обменная форма извлекалась вытяжкой 1 молярного раствора уксуснокислого аммония;
- подвижная форма определялась в вытяжке из ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН = 4,8;
- органическая форма выделялась из раствора 30 % перекиси водорода;
- кислоторастворимая форма извлекалась раствором 1 молярной азотной кислоты;
- остаточная форма извлекалась с помощью 1 молярного раствора азотной кислоты с повторной экстракцией при нагревании и содержала наиболее трудно выщелачиваемые соединения металлов, обычно входящие в кристаллическую структуру минералов, а также внутриаморфные структуры, связанные с устойчивым органическим веществом.

Анализ проб проводился на базе испытательной лаборатории «Мониторинг» ФХИЗОСич (Свид-во об аттестации № РО-504/2007 от 13.04.2007 г.).

Параллельно с отбором проб на станциях наблюдений фиксировали температуру воды, измеряли рН водной среды и соленость воды.

Степень накопления свинца в пробах ДО оценивали с помощью коэффициента донной аккумуляции (КДА), определяемого как отношение концентрации свинца в донных отложениях к его концентрации в воде, в биопробах — с помощью коэффициента биологического накопления (Кн) [7], рассчитываемого относительно микроэлементного состава воды в пересчете на сухое вещество.

Для картографической визуализации данных применялась система ARC View GIS.

## **Результаты и их обсуждение**

Валовое содержание свинца в акватории КЛ, сезонные колебания и годовая динамика изменений его содержания зависят от большого числа взаимосвязанных факторов, основными из которых являются минеральный состав, активная реакция среды, температура, тип и структура грунта, содержание органического вещества, биомасса макрофитов и др. Повышенная минерализация лиманной воды, сложный минеральный и органический состав воды, взвесей и коллоидных частиц отражаются на формах нахождения металлов, их миграции, процессах комплексообразования и адсорбции.

Соленость воды КЛ в период 2000–2008 гг. колебалась в пределах 63–347 ‰. Максимумы солености были зафиксированы: в 2001 г. — 336 ‰, 2007 г. и 2008 г. — 347 ‰ (северная часть) и 340 ‰ (центральная часть), соответственно [8, 9]. Объем водной массы лимана изменялся в пределах 19,0–22,0 (2001 г., 2008 г.) — 63,5 (2003 г.) млн. м<sup>3</sup>, площадь зеркала воды — 26,7–58,3 км<sup>2</sup>. Положительное воздействие на гидрологический режим КЛ, которое прослеживалось на протяжении только 5 лет, оказал весенний паводок 2003 г.: уровень воды повысился на 1,2 м, а соленость понизилась до отметок <100 ‰. С 2007 г. наблюдается стойкая тенденция к увеличению минерализации воды. Приходная часть водного баланса в течение последнего десятилетия

была ниже расходной, которая определяется, в основном, объемами испарения. Все водотоки и водоемы в бассейне КЛ испытывают колоссальный антропогенный пресс. Интенсивное хозяйственное освоение земель в бассейнах рек Кубанка, Долдока привело к тому, что объемы стока по их руслам превратились в исчезающе малые величины. Русло самой значительной реки бассейна лимана — Большой Куяльник в 1980-х годах было перекрыто трассой газопровода, в результате чего образовалась заболоченная пойма на участке около 5 км<sup>2</sup> южнее с. Севериновка. В 2007 г. для транспортировки строительного песка из карьера через северную часть долины лимана была проложена автодорога, которая окончательно отрезала поверхностный сток реки от лимана. Ситуация усугубилась отсутствием снежного покрова и повышением летних температур, что привело к осушению больших площадей лимана и загрязнению водной экосистемы.

Динамика изменения содержания свинца в поверхностном слое воды по акватории КЛ и в поверхностном слое ДО в 2000–2008 гг. представлена на рис. 2–3.

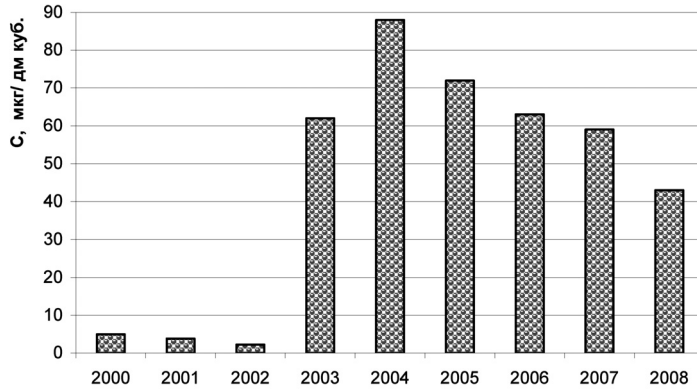


Рис. 2. Динамика изменений содержания Pb в КЛ в 2000–2008 гг. (по среднегодовым значениям)

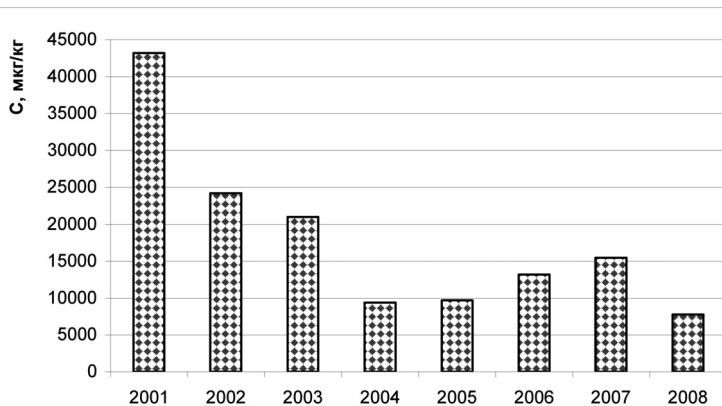


Рис. 3. Динамика изменений содержания Pb в ДО КЛ в 2001–2008 гг. (по среднегодовым значениям)

Как видно из данных рис. 2, концентрация свинца в воде КЛ на протяжении 2000–2008 гг. варьировала от 2,2 до 87 мкг/дм<sup>3</sup>. Повышенные значения его концентраций совпадают с увеличением водности КЛ и определяются поступлением загрязняющих веществ с талой водой за счет смыва с территории водосбора и оголенных в период засухи (1999–2001 гг.) участков дна лимана. Последнее особенно характерно для северной оконечности лимана.

Поднятие уровня воды в КЛ привело к изменению площади лимана и увеличению объема вод более чем в 3 раза, что и повлекло миграцию свинца из иловых вод в придонные слои, соответственно произошло обеднение ДО за счет наиболее подвижных форм. Кроме того, наличие гумусовых веществ, которыми богаты сульфидно-иловые отложения КЛ, согласно [10] может также способствовать возрастанию поступления свинца из ДО за счет образования комплексных соединений.

Техногенная миграция свинца осуществляется преимущественно в ионной форме, его комплексообразующая способность во многом зависит от содержания взвешенных частиц в лиманной воде. Как известно, соединения свинца, мигрирующие в составе взвешенных частиц, обладают адсорбционным сродством по отношению к природным сорбентам, аморфным гидроксидам железа и алюминия [10, 11]. Наиболее характерной гидроксоформой для свинца является  $[\text{Pb}(\text{OH})]^+$ , поэтому он способен образовывать комплексные соединения с большинством серо-, фосфор-, кислород- и азотсодержащих лигандов, а также с гумусовыми веществами, которые в слабо щелочной среде, характерной для лимана, несут отрицательный заряд вследствие полной диссоциации карбоксильных функциональных групп и частичной диссоциации фенольных групп с выделением  $\text{H}^+$ -ионов [11]. Отрицательно заряженные частицы гумусового характера адсорбируются на гидроксокомплексах железа типа  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$ ,  $[\text{Fe}(\text{OH})]^{2+}$ ,  $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2]^{4+}$ ,  $[\text{Fe}_2\text{OH}]^{5+}$ , образуя преимущественно отрицательно заряженные коллоидные частицы, на которых в дальнейшем способны адсорбироваться ионы или гидроксоформы свинца.

Количество взвешенных частиц в КЛ определяется объемами поступления вод водотоков, реки Большой Куяльник, талых и ливневых стоков с территории водосборного бассейна лимана. Так, в 2006 г. содержание взвешенных частиц по акватории лимана колебалось в интервале от 2,9 до 4,5 г/кг, к 2008 г. в результате уменьшения объемов стоков их количество снизилось и не превышало 1,3 г/кг. Содержание свинца в нерастворенной форме колебалось в интервале 14,5–26,4 мкг/дм<sup>3</sup>, что составляло 33–35 % от его общего содержания в воде. Причем содержание свинца во взвеси увеличивается с севера на юг, что совпадает с увеличением техногенной нагрузки в этом направлении, вследствие интенсивного движения автотранспорта по окружной дороге, а также преимущественного поступления водотоков в центральную и южную часть лимана. В результате седиментации взвешенные частицы оседают на дно, способствуя детоксикации воды, но загрязняя при этом донные отложения. Согласно данным рис.2, в последние 2–3 года наблюдается тенденция к снижению концентрации свинца в акватории лимана: в 2006 г. среднегодовая концентрация свинца в КЛ составила 63 мкг/дм<sup>3</sup>, т. е. 2,1 ПДК (ПДК=30 мкг/дм<sup>3</sup>), в 2008 г. — 47 мкг/дм<sup>3</sup>, т. е. 1,56 ПДК. Сезонные колебания незначительны, а

максимальные концентрации наблюдаются летом, что связано с увеличением десорбции соединений свинца из донных отложений с ростом температуры и концентрированием солей в лимане в летний период за счет испарения воды.

В донные отложения тяжелые металлы поступают, в основном, в результате седиментации взвешенных частиц, а также процессов диффузии и адсорбции в придонном слое. Концентрация свинца в донных отложениях акватории лимана подвержена сезонным колебаниям. В 2006 г. средняя концентрация свинца весной составляла 7 мг/кг, летом — 13,3 мг/кг, осенью — 11,8 мг/кг, т. е. максимальные значения наблюдались летом, что согласуется с данными результатов анализов лиманной воды. В 2007 г. концентрация свинца возросла: она изменялась в диапазоне от 4 до 43 мг/кг; превышение ПДК наблюдалось в 14% отобранных проб. Среднегодовая концентрация свинца составила 15,5 мг/кг, что соответствует 0,5 ПДК (ПДК=30 мг/кг).

Коэффициент аномальности свинца (Ка), представляющий отношение содержания свинца в загрязненных грунтах к его фоновому ( $C_{\phi} = 16$  мг/кг) [12], составил = 1,15. В пробах с повышенной концентрацией свинца Ка достигал 2,7, что свидетельствует о техногенном накоплении свинца в поверхностном слое донных отложений.

Значения КДА свинца, рассчитанные по данным за 2006–2008 гг., представлены в табл. 1.

Как видно из приведенных в табл.1 и на рис. 2, 3 данных, уровень накопления свинца в ДО в сотни раз превышает его содержание в воде. Таким образом, ДО, являясь накопителем металла, могут выступать в качестве источника вторичного загрязнения водной экосистемы. Десорбция металла может происходить при изменении кислотности среды, электро-восстановительного потенциала, увеличении содержания органических веществ, минерализации воды.

Таблица 1

Расчетные данные КДА свинца за период с 2006 г. по 2008 г.

Природные компоненты	Период исследований		
	2006 г.	2007г.	2008г.
Вода, мг/дм <sup>3</sup>	0,063	0,050	0,044
Донные отложения, мг/кг	13,9	18,5	7,15
КДА	220,6	377,5	162,5

Наблюдения за накоплением свинца в доминантных [13] для КЛ водорослях-макрофитах (0,133–5,706 мг/кг), отобранных в весенне-летний периоды 2005–2006 гг. в разных частях лимана, и в соответствующих им пробах воды (0,0346–0,0996 мг/ дм<sup>3</sup>) показали, что водоросли также аккумулируют свинец, способствуя процессам очищения водоема. Расчетные значения коэффициентов бионакопления водорослями–макрофитами колеблются в интервале от 0,4 до 6,0. Полученные данные свидетельствуют о том, что для свинца более выражена донная аккумуляция.

Степень накопления свинца в значительной степени определяется структурой и гранулометрическим составом ДО. Иловые донные отложения,

являясь гетерогенной физико-химической системой, состоят из жидкой и твердой фаз, находящихся между собой в равновесии. Твердая фаза состоит из грубодисперсной части (остова грязи) и тонкодисперсной части (коллоидного комплекса) [11]. Коллоидный комплекс составляют глинистые (силикатные) частицы диаметром менее 0,001 мм, органические вещества (преимущественно углеводы и азотсодержащие соединения), неорганическое железо и алюмосиликатные соединения (сульфат железа, гидроксиды алюминия, железа и марганца, гидросульфид железа, кремниевая кислота и др.). Именно сернистые соединения железа придают илам КЛ характерный черный (темно-серый) цвет. Под влиянием растворенного кислорода, сероводорода и углекислого газа, количества и качества органического вещества, дисперсности осадков и некоторых других факторов равновесие в таких системах может смещаться в ту или иную сторону, обеспечивая тем самым окислительные, либо восстановительные свойства среды. При анализе полученных результатов прослеживается различие в содержании анионов и катионов в грубых (песчаных) и тонких (суглинистых и глинистых) донных отложениях. Структура ДО лимана неоднородна, что существенно сказывается на способности накопления металлов. Донные отложения в северной части лимана представлены черными сульфидными илами, в центральной части — темно-серыми илами или илистыми песками с включением ракушняка, в южной оконечности лимана, в основном, — глинистыми светло-серыми илами и мелкозернистыми песками с галькой.

Влажность донных отложений меняется в широком диапазоне (от 17 % до 47 %). Водные вытяжки ДО имеют слабощелочную реакцию среды (7,08–7,96). Содержание органического вещества в опесчаненных илах южной части не превышает 4%. В глинистых илах центральной и северной части содержание органического вещества достигает 25 %.

Для изучения влияния гранулометрического состава на распределение свинца исследовались две фракции: 0,1–0,25 мм и 0,25–1,0 мм. Анализ полученных данных показал, что содержание свинца несколько выше во фракции более 0,25 мм. Последнее обусловлено тем, что свинец образует с соединениями железа, в основном, объемные почвенные конкреции.

Вызывает интерес распределение свинца в вертикальном профиле донных отложений. Перераспределение металлов по почвенному профилю обусловлено различиями в типе грунта и его дисперсности, а также связано с почвообразующими процессами: закрепления и миграции их соединений с гумусом и гидратами полуторных оксидов.

В донных отложениях северной части лимана, которые представлены преимущественно илами с высоким содержанием органических веществ (до 20 %), до глубины 55 см колебание концентраций свинца незначительно, т. е. в результате процессов почвообразования перераспределение его соединений по профилю не происходит (табл. 2, ст. № 1<sup>1</sup>). В песчаной фракции (табл. 2, ст. № 5) с возрастанием глубины профиля повышается концентрация свинца, при этом коэффициент аномальности свинца увеличивается от 1 до 2.

Изучение распределения металлов по глубинным горизонтам донных отложений (до 115 см) показало, что с глубиной они имеют тенденцию к уменьшению концентрации, за исключением железа и свинца.

Таблица 2

## Распределение свинца по вертикальному профилю ДО

Дата и место отбора образцов ДО	Концентрация свинца по вертикальному профилю (0–90 см), мг/кг			
	0–20	20–45	45–55	70–90
лето 2002 г. Ст. 5, южная часть КЛ, тип грунта — илистый песок	16,7	29,5	29,8	31,0
лето 2003 г. Ст.1 <sup>1</sup> , северная часть КЛ, тип грунта — ил	20,22	19,96	19,89	—

Свинец характеризуется наиболее тесной связью с концентрированием железа в донных отложениях и ход кривых их распределения по глубинным горизонтам практически совмещается, что может служить подтверждением сделанного ранее вывода об образовании почвенных конкреций между железом и свинцом.

Для оценки санитарно-гигиенического состояния ДО особый интерес представляют подвижные формы металлов (ионы металлов, лабильные органические и неорганические комплексы), поскольку они наиболее доступны и усваиваемы для гидробионтов. Кроме того, именно подвижные формы металлов способны переходить в воду (вторичное загрязнение) и вовлекаться в биологический круговорот, становясь биологически доступными для живых организмов [14]. Распределение свинца во взвеси и различных фракциях ДО, отобранных в южной акватории КЛ (рис. 1, ст. № 8, тип ДО — илистый песок, дата отбора проб воды и ДО — 22.08.07 г.) представлены на рис. 4.

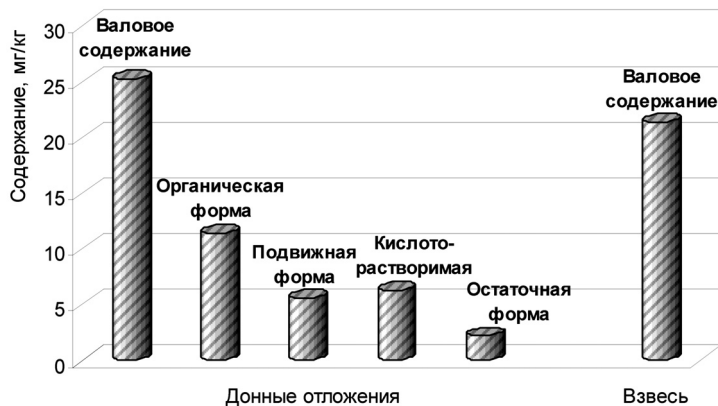


Рис. 4. Распределение Pb во взвешенных частицах по акватории КЛ и фракциях ДО

Как видно из рис. 4, валовое содержание свинца в поверхностном слое донных отложений сопоставимо с его содержанием во взвеси, что подтверждает факт адсорбции металлов на взвешенных частицах и дальнейшую седиментацию в донные отложения. Концентрация «подвижных» форм свинца



составляет порядка 22 % от его валового содержания; органических форм — около 45 %. Данные свидетельствуют о том, что для свинца характерно повышенное накопление во фракции, связанной с органическим материалом и во фракции металлов, входящих в кристаллическую структуру минералов и связанных с устойчивым органическим веществом.

Проведенные исследования позволяют нам дать представление о современном уровне загрязнения водной экосистемы КЛ свинцом. На сегодняшний день отмечается четкая картина загрязнения Куяльницкой воды свинцом до 1,5 ПДК, что приводит к накоплению его в депонирующих средах — ДО и водорослях — макрофитах. По уровню накопления свинца ведущую роль играют донные отложения лимана, миграционная способность которых зависит от физико-химических показателей илов (рН, электро-восстановительного потенциала, содержания органического вещества, карбонатов кальция, влажности и др.), структуры и гранулометрического состава. ДО лимана практически повсеместно имеют нейтральную или слабощелочную среду (7,3–7,9), вследствие чего миграционная активность свинца в них незначительна. В результате протекания химических реакций с образованием труднорастворимых сульфатов, фосфатов, карбонатов, гидроксидов, комплексов с органическими и минеральными коллоидами свинец переходит в малоподвижное состояние и естественно снижается его токсичность для гидробионтов.

Учитывая рекреационное использование природных ресурсов КЛ, необходимость в детальном изучении биогенной миграции тяжелых металлов в компонентах водной экосистемы лимана является необходимой составляющей для разработки мер по уменьшению техногенной нагрузки и восстановлению природной среды.

## **Литература**

1. Эннан А. А., Шихалева Г. Н., Бабинец С. К., Кирюшкина А. Н. Экологическое состояние природной среды лиманно-морского курортного комплекса «Куяльник-Лузановка» и водной экосистемы Куяльницкого лимана // *Материалы науч.-практ. конф. «Мониторинг окружающей среды»*. — Крым, 2006. — С.35–38.
2. Эннан А. А., Шихалева Г. Н., Бабинец С. К., Чурсина О. Д. Экологическое состояние Куяльницкого лимана // *Материалы Всеукр. науч.-практ. конф.* — Одеса, 2009. — С. 216–221.
3. *К вопросу о миграции и аккумуляции тяжелых металлов в системе «почва — растения»* / Шихалева Г. Н., Бабинец С. К., Чурсина О. Д., Васильева Т. В. // *Сб. научных трудов «Экологические проблемы промышленных городов / Под ред. проф. Т. И. Губиной.* — Саратов, 2009. — Ч. 2. — С.274–277.
4. *Водоросли: Справочник* / Отв. ред. С. П. Вассер. — Киев: *Наук. думка*, 1989. — 608 с.
5. *Ермаченко Л. А. Атомно-абсорбционный анализ в санитарно-гигиенических исследованиях: Методическое пособие.* — М., 1997. — 207 с.
6. Miller W. P., Martens D. C., Zelazny L. W. Effect of sequence in extraction of trace metals from soils // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* — 1986. — Vol.50. — P. 598–601.
7. Никаноров А. М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. — Л.: *Гидрометеиздат*, 1991. — 309 с.
8. Адобовский В. В., Шихалева Г. Н., Шурова Н. М. Современное состояние и экологические проблемы Куяльницкого лимана // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа.* — Севастополь, 2002. — Вып. 1, № 6. — С. 71–81.
9. Эннан А. А., Шихалева Г. Н., Адобовский В. В., Бабинец С. К., Чурсина О. Д. Современное гидроэкологическое состояние Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье) // *Материалы міжн. науч.-практ.конф.* — Одеса, 2009. — С. 247–249.

10. Линник П. Н., Набиванец Б. И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. — Л.: Гидрометеоздат, 1986. — 256 с.
11. Вайсфельд Д. Н., Горчакова Г. А., Серебряна Л. А. Природные лечебные факторы Одесского курортного региона. — К.: Здоровье, 1991. — 141 с.
12. Виноградов А. П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. — 1962. — № 7. — С. 555–571.
13. Герасим'юк В. П., Шихалеева Г. М., Эннан А. А. Еколого-флористичний аналіз водоростей Куяльницького лиману // Вісн. ОНУ. — 2006. — Т. 11, Вип. 6. сер. Біологія. — С. 93–105.
14. Никифорова Е. М. Свинец в ландшафтах придорожных экосистем. Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. — М.: Наука, 1981. — С. 220–229.

**Г. М. Шихалеева, А. А. Эннан, С. К. Бабинец, О. Д. Чурсина**

Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища та людини МОН і НАН України

вул. Преображенська 3, Одеса, 65082, Україна

### **МИГРАЦИЯ ТА АКУМУЛЯЦИЯ СВИНЦЮ У ВОДНІЙ ЕКОСИСТЕМІ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ**

#### **Резюме**

Наведено результати досліджень рівня забруднення свинцем компонентів водної екосистеми Куяльницького лиману (вода — донні відклади, водорості) за 2000–2008 рр. Проаналізовано динаміку просторових та сезонних коливань вмісту свинцю в досліджуваних компонентах водної екосистеми, наведено характеристики рухомості свинцю в донних відкладеннях лиману. Розраховано коефіцієнти донної акумуляції свинцю та біологічного накоплення водоростями.

**Ключові слова:** лиман, свинець, міграція, акумуляція, донні відкладення, водорості-макрофіти.

**G. N. Shikhaleeva, A. A. Ennan, S. K. Babinets, O. D. Chursina**

Institute of Physics and Chemistry for Environmental and Human Protection of National Academy of Science of Ukraine

3 Preobrazhenskaya str., Odessa, 65082, Ukraine

### **MIGRATION AND ACCUMULATION PLUMBUM IN WATER ECOSYSTEM OF KUYALNIK ESTUARY**

#### **Summary**

The results of investigation of content and migration plumbum in the water ecosystem of Kuyalniky estuary (water, bottom sediments, algae) in period 2000–2008 years are considered; has shown dynamic of spatial and season fluctuations plumbum in the water ecosystem. The coefficients of bottom and biological accumulation are estimated.

**Key words:** estuary, plumbum, migration, accumulation, bottom sediments, algae.