

УДК 582.26: 574.5 [262.5.05]

Г.М. ШИХАЛЄЄВА¹, А.А. ЕННАН¹, В.П. ГЕРАСИМ'ЮК^{1,2}, О.Д. ЧУРСІНА¹,
С.К. БАБІНЕЦЬ¹, Г.М. КІРЮШКІНА¹

¹Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини МОН України і НАН України
вул. Преображенська, 3, Одеса 65082

²Одеський національний університет ім. І.І.Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса 65082, Україна

БІОІНДИКАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МАКРОВОДОРОСТЯМИ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я)

Наведені результати дослідження вмісту ряду металів (Cu, Cr, Cd, Pb) у макроскопічних водоростях Куяльницького лиману. Встановлено, що максимуми накопичення Cr і Cu більш характерні для *Enteromorpha intestinalis*, ніж *Cladophora siwaschensis*. Пропонується використання цих водоростей в якості індикаторів металевого забруднення.

Ключові слова: Куяльницький лиман, водорості, важкі метали

Нині у зв'язку з збільшенням антропогенного впливу на природні екосистеми питання про накопичення важких металів у основних ланцюгах водних екосистем є вкрай актуальними. Одним з ланцюгів живлення гідробіонтів є водорості, які беруть активну участь у процесах біохімічної міграції важких металів. Водорості мають здатність накопичувати метали, що призводить до перерозподілу їх вмісту у водній екосистемі (вода-гідробіонти-донні відкладення) [1].

Слід відмітити, що нині аналітичні дані про мікроелементний склад водоростей Куяльницького лиману в літературі відсутні. Видовий склад водоростей, які адаптувалися до сучасних умов гіпергалинного Куяльницького лиману, нараховує 87 видів [2]. Найбільша видова різноманітність характерна для діатомових водоростей (60 видів), до відділів синьозелених належать 18 і зелених 9 видів водоростей. Подібний видовий склад водоростей зустрічався в Куяльницькому лимані в 2004–2006 рр. за мінералізацією води 63–170 г/дм³. В період 2007–2009 рр. за мінералізацією води 200–340 г/дм³ в лимані був життєздатним лише один вид – *Dunaliella salina* Teod.

В цій роботі вперше наведені результати аналізу вмісту ряду важких металів (Cr, Cu, Pb, Cd) в домінантних для Куяльницького лиману видах макроскопічних водоростей.

Робота виконувалась в рамках системного комплексного екологічного моніторингу акваторії та прибережної території Куяльницького лиману, який здійснювали фахівці ФХІЗНСіЛ на протязі 2000-2009 рр.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом для досліджень слугували розповсюджені в прибережній смузі лиману види *Cladophora siwaschensis* C. Meyer, *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. Зразки макроводоростей були зібрані в різні сезони 2004–2006 рр. на різних субстратах (камені, мулі, піску, бетонних спорудах) за сіткою станцій постійного моніторингу в акваторії Куяльницького лиману, що розташовані уздовж прибережної смуги акваторії лиману на відстані біля 100 м від урізу води та 10–20 м від місць скиду стічних вод та водотоків антропогенного походження. Одночасно відбирали проби води і донних відкладень.

В лабораторних умовах водорості відокремлювали від каміння, донних відкладень (мулу та піску), відмивали дистильованою водою та сушили до повітряно-сухого стану при температурі 25 °С, потім у сушильній шафі за температури 85С до постійної маси. Висушені зразки подрібнювали і мінералізували азотною кислотою згідно з загальноприйнятою методикою [3].

Вміст свинцю, кадмію, міді, хрому визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії на спектрофотометрі з електротермічною атомізацією проб «Сатурн – 3-П» з графітовою приставкою «Графіт-2».

Вміст металів відображали в мкг/г сухої маси. Контроль здійснювали з використанням стандартних зразків.

Проби води відразу фільтрували через мембранні фільтри у пластикові склянки та консервували 2% розчином нітратної кислоти. Проби донних відкладень готували аналогічно біопробам.

Ступінь накопичення металів у біопробах оцінювали за допомогою коефіцієнту біологічного накопичення [4], який розраховували відносно елементного складу води у перерахунку на суху речовину.

Результати досліджень та їх обговорення

На біоаккумуляцію металів може впливати ряд фізіологічних та екологічних факторів, серед яких слід виокремити мінеральний склад природних вод, здатність розчинної органічної речовини до комплексоутворення, депонуючі властивості донних відкладень, акумулюючу здатність організмів.

Висока мінералізація води Куяльницького лиману, органічний та мінеральний склад донних відкладень лиману, біомаса макрофітів відіграють суттєву роль в міграції металів. На основі багаторічних досліджень встановлено, що мінералізація води Куяльницького лиману змінюється в широких межах і тісно пов'язана з гідрологічним режимом лиману, що характеризується великою мінливістю[5].

Солоність води Куяльницького лиману в період 2004–2006 рр. коливалась у межах 63–170‰ (середня за період дослідження 125‰), активна реакція середовища змінювалася в межах 6,9–7,8 одиниць рН, значення розчинного кисню коливалися в межах 2,0–6,5 мг/дм³, концентрації біогенних сполук коливалися в межах (мг/дм³): нітрати – 0,387–1,222 мг/дм³, нітрити – 0,086–0,127 мг/дм³, фосфати – 0,226–0,409 мг/дм³.

Дані про вміст *Cu*, *Cr*, *Pb*, *Cd* у воді гіпергалінного Куяльницького лиману на їх накопичення у макроводоростях та донних відкладеннях наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Вміст ряду металів у макроскопічних водоростях, донних відкладеннях (мг/кг сухої маси) та воді (мг/дм³) Куяльницького лиману (вересень 2004 р. – травень 2006 р.)

Метал	<i>Cladophora siwaschensis</i>	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	Донні відкладення	Вода
Cu	<u>0,202 – 0,732</u> 0,586	<u>1,253 – 1,275</u> 1,264	<u>6,2 – 42,7</u> 20,2	<u>0,014 – 0,142</u> 0,041
Cr	<u>0,283 – 8,391</u> 2,371	<u>3,271 – 3,300</u> 3,286	<u>3,1 – 13,6</u> 6,4	<u>0,010 – 0,148</u> 0,073
Pb	<u>0,277 – 1,935</u> 0,576	<u>0,111 – 0,142</u> 0,126	<u>3,6 – 22,1</u> 10,6	<u>0,040 – 0,110</u> 0,081
Cd	<u>0,002 – 0,039</u> 0,018	<u>0,031 – 0,056</u> 0,044	<u>0,4 – 2,5</u> 1,3	<u>0,001 – 0,012</u> 0,005

Примітка: в чисельнику наведені максимальний та мінімальний вміст, в знаменнику – середній вміст металу.

Дослідження вмісту важких металів в основних компонентах водної екосистеми лиману показало, що в 2004–2006 рр. (за середніми значеннями) спостерігалось перевищення гранично-припустимих концентрацій у воді для *Cr*, *Pb*, *Cd* в 1,5, 2,7 і 5,0 разів відповідно. В зразках донних відкладень вміст міді практично фіксувався на фоновому рівні, а кадмію – перевищував фонові на порядок [6].

Наведені в табл. 1 дані показують, що концентрації металів в донних відкладеннях в сотні разів, а в водоростях практично на порядок перевищують їх концентрації у воді, що дає можливість використовувати водорості як тест-об'єкти для оцінки рівня забруднення водної екосистеми лиману металами.

За значеннями коефіцієнтів біологічного накопичення (рис. 1) метали утворюють такий ряд: *Cr* > *Cu* > *Pb* > *Cd*.

Коефіцієнти біологічного накопичення металів водоростями свідчать як про забруднення водної екосистеми Куяльницького лиману *Cr*, *Pb*, *Cu*, *Cd*, так і про їх біологічну доступність та можливість включатися в фізіологічні та біохімічні процеси.

Слід відзначити, що коефіцієнти накопичення металів різними видами водоростей відрізняються: максимальне поглинання хрому та міді характерно для *Enteromorpha intestinalis*, свинцю – для *Cladophora siwaschensis*. Кадмій можна віднести до важких металів, що характеризується слабким накопиченням талюсами макроскопічних водоростей.

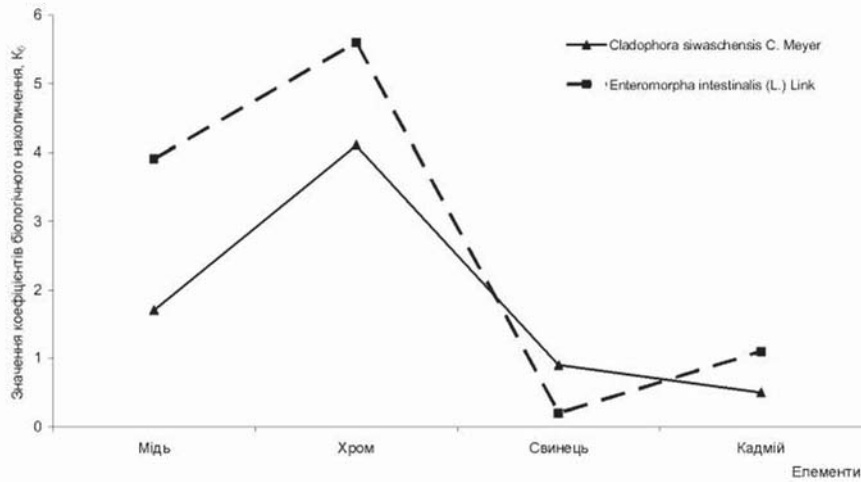


Рис. 1. Коефіцієнти біологічного накопичення (К_б) металів макроводоростями Куяльницького лиману (середні значення)

Вміст металів протягом 2004–2005 рр. також мав значні коливання (рис. 2). Найбільші значення їх вмісту фіксували навесні та восени, найменші – влітку. Вказана закономірність характерна для всіх металів, крім свинцю. Отримані дані добре узгоджуються з результатами сезонних коливань металів у зразках води лиману (середні значення в 2004–2006 рр.).

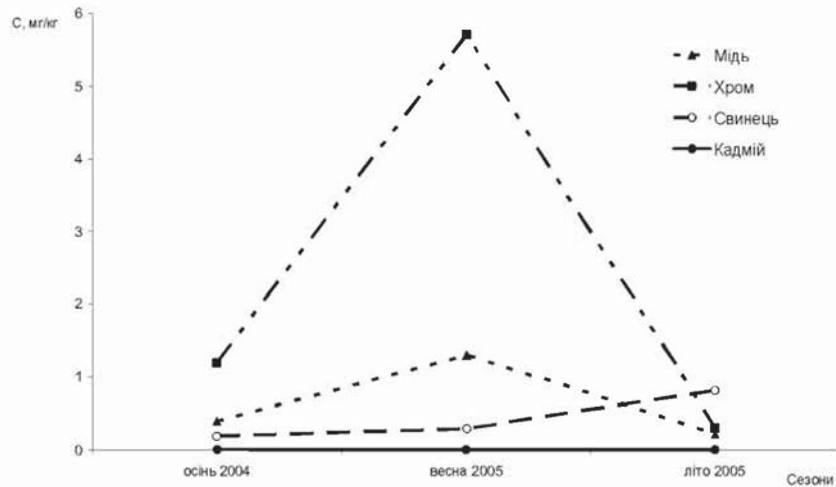


Рис. 2. Сезонна динаміка вмісту металів у слані *Cladophora siwaschensis*

Висновки

Встановлено, що міжвидова різниця в концентраціях важких металів (в 1,5–2,0 рази) пов'язана як з фізіолого-біологічними особливостями видів, так і екологічними факторами. У цілому, в мінеральному складі водоростей переважають хром і мідь. Одночасне визначення металів у таломі макроскопічних водоростей, воді та донних відкладеннях лиману дає можливість встановити вплив забруднення середовища зростання макрофітів на акумуляцію металів.

1. Захарова Л.Н. Поливалентные металлы в водорослях, процесс и формы их концентрирования / Захарова Л.Н., Удельнова Г.М. // Усп. соврем. биол. – 1977. – Т. 83, № 2. – С. 274–286.
2. Герасим'юк В.П. Еколого-флористичний аналіз водоростей Куяльницького лиману / В.П. Герасим'юк, Г.М. Шихалєва, А.А. Еннан // Вісник ОНУ. – 2006. – Т.11, Вип. 6 (сер. Біологія). – С. 93–105.

3. Обухов А.И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических условиях / Обухов А.И., Плеканова И.О. – М.: Московский Государственный Университет, 1991. – С. 94–100.
4. Никаноров А.М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / Никаноров А.М., Жулидов А.В. – Л.: Гидрометеиздательство, 1991. – 309 с.
5. Адобовский В.В. Современное состояние и экологические проблемы Куяльницкого лимана / В.В. Адобовский, Г.Н. Шихалева, Н.М. Шурова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь, 2002. – № 6. – С. 71–81.
6. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – №7. – С. 555–571.

Г.М. Шихалева¹, А.А. Эннан¹, В.П. Герасимюк^{1,2}, О.Д. Чурсина¹, С.К. Бабинец¹,
Г.М. Кирюшкина¹

¹Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища та людини МОН України та НАН України, Одеса

²Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова, Украина

БИОИНДИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ МАКРОВОДОРОСЛЯМИ КУЯЛЬНИЦКОГО ЛИМАНА (СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ)

Приведены результаты исследования содержания ряда металлов (Cu, Cr, Cd, Pb) в макроскопических водорослях Куяльницкого лимана. Установлено, что максимумы накопления Cr и Cu более характерны для *Enteromorpha intestinalis*, чем *Cladophora siwaschensis*. Предлагается использование этих водорослей в качестве индикаторов металлического загрязнения.

Ключевые слова: Куяльницкий лиман, водоросли, тяжелые металлы

G.M. Shikhaleeva¹, A.A. Ennan¹, V.P. Gerasim'yuk^{1,2}, O.D. Chursina¹, S.K. Babinets¹,
G.M. Kiryushkina¹

¹Physical and chemical Institute defence of Environment and Man MES of Ukraine and NAS of Ukraine, Odesa

²Odesa National University named after I.I. Mechnikov, Ukraine

BIOINDICATION OF HEAVY METALS BY THE MACROALGAE OF KUYAL'NIK ESTUARY (NORTH-WESTERN PRICHERNOMOR'YA)

The results of research of maintenance of row of metals (Cu, Cr, Cd, Pb) are resulted in the macroscopic water-plants of Kuyalnyk liman. It is set that maximums of accumulation of Cr and Cu are more characteristic for *Enteromorpha intestinalis*, what *Cladophora siwaschensis*. The use of these water-plants is offered as indicators of metallic contamination.

Key words: Kuyal'nik estuary, algae, heavy metals

УДК 574.3: 594.124(262.5)

Н.М. ШУРОВА

Одеська філія Інституту біології південних морів НАН України
вул. Пушкінська, 37, Одеса 65125

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНУ ОРГАНІЗАЦІЮ ПОПУЛЯЦІЇ ЧОРНОМОРСЬКОЇ МІДІЇ

Розглянуто вплив двох антропогенних чинників на мідій Чорного моря. Помірне евтрофування вод сприяє збільшенню кормової бази мідії, що збільшує їх ріст, чисельність та біомасу. Високі рівні евтрофування з заморами донної фауни, навпаки, – знижують їх. Різноманітність адаптацій інтродукованих мідій підвищує їх фізіологічну різноманітність.

Ключові слова: антропогенні чинники, структурно-функціональна організація, мідія, Чорне море

Мідії *Mytilus galloprovincialis* поширені на шельфі Чорного моря і є в складі обростань різних гідротехнічних споруд. Вони утворюють самостійний біоценоз і входять до складу інших