



## НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ, ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ТА БОКОПЛАВАХ *PONTOGAMMARUS MAEOTICUS* ПСАМОКОНТУРУ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ

**Кошелев О.В.** – к.б.н., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології НАН України»

**Дятлов С.Є.** – к.б.н., доц.

ДУ «Інститут морської біології НАН України»

Проведено визначення вмісту важких металів (Cr, Ni, Cu, Cd, Hg) в компонентах водного середовища (воді, донних відкладах та рачках *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky, 1894) псамоконтуру Хаджибейського лиману. Проби води, донних відкладів та рачків відбирались на піщаних ділянках узбережжя Хаджибейського лиману в адміністративних межах с. Алтестове, с. Холодна Балка та в районі випуску стічних вод СБО «Північна» в серпні–вересні 2020 року.

Проведене дослідження показало високе антропогенно-техногенне навантаження на псамоконтур Хаджибейського лиману. Середній вміст хрому у воді псамоконтуру Хаджибейського лиману перевищував встановлені значення ГДК для рибогосподарських водойм в тридцять разів; ртуті в два рази; міді в чотири рази в зоні випуску стічних вод СБО «Північна» та в двадцять сім разів поблизу с. Холодна Балка; нікелю в два рази біля с. Холодна Балка та чотири рази в районі СБО «Північна». Донні відклади в районі випуску стічних вод СБО «Північна» показали найбільший вміст важких металів, порівняно з іншими станціями, за винятком хрому, концентрація якого тут була мінімальною. Отримані середні концентрації важких металів в компонентах водного середовища хвилеприбійної зони Хаджибейського лиману мали такий ряд: Cr>Ni>Cu>Cd>Hg (вода); Cr>Cu>Ni>Cd>Hg (донні відклади); Cu>Cr>Ni>Cd>Hg (рачки).

З використанням коефіцієнту донної акумуляції та коефіцієнту накопичення показано інтенсивне, порівняно з водою, накопичення забруднюючих речовин в донних відкладах та рачках псамоконтуру Хаджибейського лиману. Донні відклади зони псамоконтуру є високо депонуючим середовищем хвилеприбійної зони Хаджибейського лиману.

Отримані результати дозволяють вважати *P. maeoticus* ефективним концентратором важких металів, особливо міді, та здатним інформативно відображати статус хімічного забруднення водного середовища хвилеприбійної зони континентальних солонуватих водойм.

**Ключові слова:** важкі метали, накопичення, псамоконтур, *Pontogammarus maeoticus*, Хаджибейський лиман.

### Вступ

Основні «гарячі точки» в екосистемі моря розташовані на його зовнішніх поверхнях (у контурних біотопах), де морська вода контактує і взаємодіє з атмосферою (аероконтур), берегом (псамоконтур і літоконтур), дном (пелоконтур) або річковою водою (потамоконтур) (Zaitsev 2012). В зоні безпосереднього контакту води та піщаних ділянок суші, що є граничною поверхнею контурного біотопу «вода – піщаний берег» (псамоконтур), депонуються речовини аллохтонного та автохтонного походження та саме тут в контактній прибережній зоні з підвищеною геохімічною активністю відбувається їх перерозподіл між окремими компонентами водного середовища (водою, донними відкладами та біотою) (Зайцев, и Поликарпов 2002).

Прибережні морські екосистеми істотно забруднені багатьма хімічними речовинами, в тому числі

важкими металами, що може призводити до суттєвих екологічних наслідків через їх високу токсичність, постійну присутність та здатність до накопичення в гідробіонтах і подальшу міграцію по харчових ланцюгах (Израэль, и Цыбань 2009).

Виходячи з вищевикладеного, певний науковий інтерес представляє вивчення особливостей забруднення та накопичення важких металів в контактній зоні «вода – піщаний берег» у приморських водоймах з підвищеним рівнем антропогенного забруднення. До таких водойм можна віднести Хаджибейський лиман, якість водного середовища якого значною мірою визначається скидом недостатньо очищених комунально-побутових вод станції біологічної очистки м. Одеси (СБО «Північна»). Хаджибейський лиман – одна із найбільших замкнутих водойм північно-західної частини Чорного моря, південна аквато-

рія якої примикає до адміністративних меж м. Одеси, де антропогенний вплив проявляється особливо гостро. Саме тут локалізовано багато берегових джерел забруднення: скид стічних вод СБО «Північна» та інших промислових та комунально-побутових скидів крупних населених пунктів, промислова зона полів фільтрації, об'єкти міської інфраструктури, сховище пестицидів, магістральні автошляхи тощо.

Типовим мешканцем контактної зони «море – піщаний берег» є *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky 1894), найпоширеніший вид бокоплавів (Amphipoda) каспійського походження, який зустрічається в біотопі псамоконтура на прибережних мілководдях Чорного, Азовського, Каспійського морів, а також у лиманах і річках понтокаспійського басейну (Мордухай-Болтовской 1960).

Здатність *P. maeoticus* вибірково накопичувати важкі метали, порівняно з абіотичними компонентами довкілля, дозволяє його використання у екотоксикологічній оцінці статусу забруднення водою (Ghasemian, Karimzadeh, and Zahmatkesh 2016).

Мета дослідження – визначення вмісту важких металів (Cr, Ni, Cu, Cd, Hg) та особливостей їх нако-

пичення в компонентах водного середовища (воді, донних відкладеннях та рачках *P. maeoticus*) псамоконтуру Хаджибейського лиману.

### Матеріал і методи досліджень

Проби води, донних відкладів та рачків відбирались при штильовій погоді на піщаних ділянках узбережжя Хаджибейського лиману в адміністративних межах с. Алтестове, с. Холодна Балка та в районі випуску стічних вод СБО «Північна» в серпні–вересні 2020 року (рис. 1).

Під час відбору проб вимірювали температуру, солоність та концентрацію розчинного кисню у воді.

Вилів рачків здійснювали за допомогою ручної драги, після чого вони доставлялись в лабораторію в контейнерах з невеликою кількістю води і ґрунту. В лабораторії рачки відмивалися від ґрунту, після чого вимірювали середню довжину особин та зважували їх на аналітичних вагах.

Проводили вимірювання вмісту важких металів у воді, донних відкладах та рачках *P. maeoticus* методом атомно-абсорбційної спектроскопії в атестованій лабораторії гігієни та екології води Українського НДІ медицини транспорту. Кожне з вимірювань виконували в п'яти аналітичних повторах.

Зважаючи на малі розміри рачків проводили вимірювання валового вмісту важких металів у однорозмірних особин, не розділяючи на окремі органи та без урахування статі рачків.

Оцінку забруднення донних відкладень здійснювали з використанням коефіцієнтів концентрування важких металів (Никаноров, и Жулидов 1991): коефіцієнт донної акумуляції (КДА) розраховували за формулою:

$$\text{КДА} = \frac{C_{\text{дв}}}{C_{\text{вода}}} \quad (1.1)$$

де:  $C_{\text{дв}}$  – концентрація важкого металу в донних відкладеннях, мг/кг;

$C_{\text{вода}}$  – концентрація важкого металу у воді, мг/дм<sup>3</sup>;  
коефіцієнт накопичення (КН) визначали за:

$$\text{КН} = \frac{C_{\text{гідробіонт}}}{C_{\text{вода}}} \quad (1.2)$$

де:  $C_{\text{гідробіонт}}$  – концентрація важкого металу в організмі обраного виду гідробіонта, мг/кг;

$C_{\text{вода}}$  – концентрація важкого металу у воді, мг/дм<sup>3</sup>.

Отримані результати опрацьовували за допомогою стандартних методів варіаційної статистики.

### Результати та обговорення

Загальна розмірно-масова характеристика рачків та базові гідрологічні параметри води псамоконтуру Хаджибейського лиману під час відбору проб представлені в таблиці 1. Донні відклади на всіх станціях були представлені піском із домішкою гравію.

Під час відбору проб середня мінералізація води в лимані не перевищувала 5,52 ‰. Концентрація

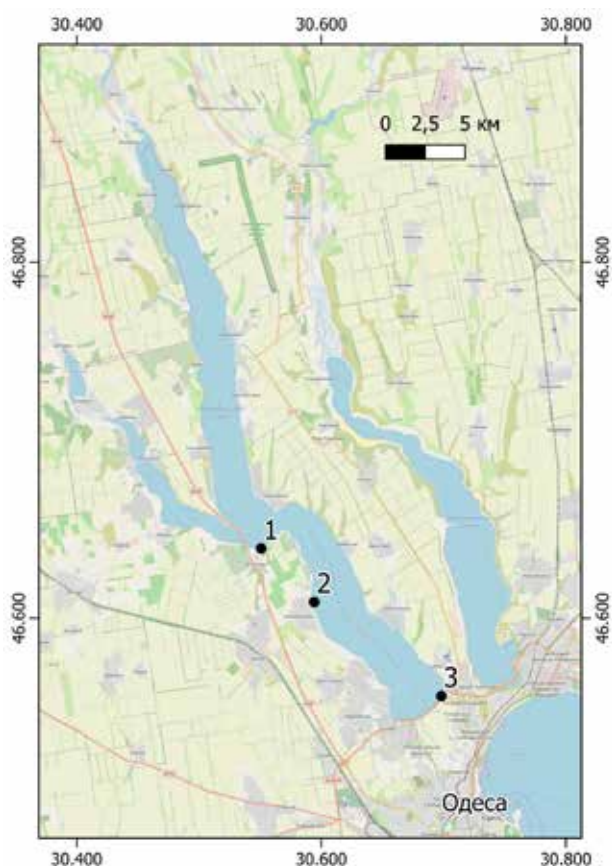


Рис. 1. Станції відбору проб води, донних відкладів та *P. maeoticus* в Хаджибейському лимані (1 – с. Алтестове, 2 – с. Холодна Балка, 3 – район випуску вод СБО «Північна»)

розчинного у воді кисню вказувала на умови нормоксії в воді псамоконтуру Хаджибейського лиману. Це вказує на те, що під час проведення дослідження фізіологічно рачки не мали відрізнятись.

Проведене аналітичне вимірювання показало суттєву різницю між валовим вмістом важких металів у компонентах водного середовища піщаних ділянок хвилеприбійної зони Хаджибейського лиману (табл. 2). Отримані значення порівнювали з гранично допустимими концентраціями (ГДК) важких металів для водойм рибогосподарського призначення (Обобщенный перечень... 1990). Слід зазначити, що вміст забруднюючих речовин у донних відкладах в Україні наразі не нормується.

Аналіз отриманих даних дозволив виявити наступні особливості вмісту важких металів у донних відкладах псамоконтуру Хаджибейського лиману: в максимальних значеннях накопичувався хром (в середньому  $40,90 \pm 3,20$  мг/кг), мінімально, за винятком ртуті, кадмій ( $0,22 \pm 0,01$  мг/кг). Середній вміст хрому у воді склав  $0,03 \pm 0,008$  мг/дм<sup>3</sup>, що вище рибогосподарської ГДК ( $0,001$  мг/дм<sup>3</sup>) в трид-

цять разів. Зазвичай, збільшення валової концентрації хрому в компонентах довкілля спостерігається при наближенні до індустріальних міст з великою кількістю населення (Водяницький 2009).

Вміст у воді найбільш токсичного та небезпечного для біоти металу ртуті, в два рази перевищував встановлену ГДК ( $0,00001$  мг/дм<sup>3</sup>) на всіх станціях відбору проб. В донних відкладах найбільша концентрація ртуті зафіксована у пробі, відібраної поблизу СБО «Північна» на станції № 3 ( $0,002$  мг/кг).

Вміст міді у воді псамоконтуру Хаджибейського лиману знаходився в межах рибогосподарських ГДК ( $0,001$  мг/дм<sup>3</sup>) лише в районі с. Алтестове (станція № 1). На решті станцій відмічено перевищення ГДК: в чотири рази в зоні випуску стічних вод СБО «Північна» (станція № 3) та в двадцять сім разів поблизу с. Холодна Балка (станція № 2). Вміст міді в донних відкладах коливався у діапазоні  $4,80$ – $4,92$  мг/кг при середньому вмісті  $4,86 \pm 0,05$  мг/кг. Хронічне забруднення міддю зони псамоконтуру Хаджибейського лиману ймовірно пов'язано з активним використанням сполук міді

Таблиця 1

Середня ( $M \pm m$ ) довжина та маса рачків і гідрологічні параметри води псамоконтуру Хаджибейського лиману на станціях відбору проб

№ станції	Розмірно-масові показники		Гідрологічні параметри		
	Довжина, мм	Маса, мг	T, °C	S, %	O <sub>2</sub> (мг/дм <sup>3</sup> )
1. с. Алтестове	$7,48 \pm 0,09$	$8,11 \pm 0,01$	21,7	5,27	7,2
2. с. Холодна Балка	$8,51 \pm 0,01$	$9,98 \pm 0,12$	24,8	5,52	7,9
3. СБО «Північна»	$7,08 \pm 0,02$	$8,02 \pm 0,02$	25,1	5,22	6,1

Таблиця 2

Валовий вміст важких металів у воді, донних відкладах та *P. maoticus* псамоконтуру Хаджибейського лиману

Елемент	1. (с. Алтестове)	2. (с. Холодна Балка)	3. (СБО «Північна»)
	вода, мг/дм <sup>3</sup>		
Cd	$0,00117 \pm 0,00022$	$0,00297 \pm 0,0003$	$0,00078 \pm 0,00008$
Ni	$0,00270 \pm 0,00030$	$0,02410 \pm 0,00100^*$	$0,04000 \pm 0,00010^*$
Cr	$0,02100 \pm 0,00400^*$	$0,04600 \pm 0,00700^*$	$0,02900 \pm 0,00800^*$
Cu	$0,00190 \pm 0,00020^*$	$0,02700 \pm 0,00400^*$	$0,00480 \pm 0,00050^*$
Hg	$0,00002 \pm 0,00003^*$	$0,00002 \pm 0,00001^*$	$0,00002 \pm 0,00004^*$
донні відклади, мг/кг			
Cd	$0,23800 \pm 0,03400$	$0,21034 \pm 0,02093$	$0,24100 \pm 0,09700$
Ni	$1,37000 \pm 0,24000$	$1,59400 \pm 0,06160$	$1,73000 \pm 0,14000$
Cr	$41,70000 \pm 13,20000$	$44,11000 \pm 5,52800$	$37,70000 \pm 14,80000$
Cu	$4,86000 \pm 0,33000$	$4,80400 \pm 0,34900$	$4,92300 \pm 0,32035$
Hg	$0,00142 \pm 0,00040$	$0,00197 \pm 0,00021$	$0,00211 \pm 0,00023$
рачки, мг/кг			
Cd	$0,0445 \pm 0,0085$	$0,06549 \pm 0,01422$	$0,03720 \pm 0,00800$
Ni	$0,24300 \pm 0,03800$	$0,41180 \pm 0,03660$	$0,16200 \pm 0,03100$
Cr	$0,91000 \pm 0,15000$	$1,26700 \pm 0,12200$	$1,77000 \pm 0,34000$
Cu	$16,99000 \pm 2,06000$	$11,21600 \pm 0,46800$	$10,58000 \pm 1,95000$
Hg	$0,00011 \pm 0,00003$	$0,00017 \pm 0,00002$	$0,00018 \pm 0,00002$

\* – позначені випадки перевищення встановлених значень рибогосподарської ГДК.

як засобу захисту рослин для обробки чисельних виноградників на площі водозбору.

Вміст кадмію у воді хвилеприбійної зони Хаджибейського лиману був в межах встановленого нормативу якості для рибогосподарських водойм ( $0,005 \text{ мг/дм}^3$ ) і становив  $0,001 \pm 0,001 \text{ мг/дм}^3$ . У донних відкладах вміст коливався в межах  $0,21\text{--}0,24 \text{ мг/кг}$ : найменший рівень забруднення відмічений на станції поблизу с. Холодна Балка, найбільший в районі СБО «Північна».

Гранично допустимим рівнем нікелю у воді водойм рибогосподарського призначення вважається концентрація  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ . Перевищення встановленого нормативу було відмічено у воді на станції біля с. Холодна Балка (в два рази) та в районі СБО «Північна» (в чотири рази). Середній валовий вміст нікелю у донних відкладах склав  $1,66 \pm 0,06 \text{ мг/кг}$ , причому найбільший вміст ( $1,73 \pm 0,14 \text{ мг/кг}$ ) також був зафіксований на станції відбору проб поблизу СБО «Північна».

В цілому, донні відклади в районі випуску стічних вод СБО «Північна» показали найбільший вміст важких металів, порівняно з іншими станціями, за винятком хрому, концентрація якого тут була мінімальною.

Отримані середні концентрації важких металів в компонентах водного середовища хвилеприбійної зони Хаджибейського лиману мали наступний ряд:  $\text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Hg}$  (вода);  $\text{Cr} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Hg}$  (донні відклади);  $\text{Cu} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Hg}$  (рачки).

Валовий вміст важких металів у воді був набагато нижчим ніж в донних відкладах та рачках, що вказує на інтенсивне накопичення забруднюючих речовин саме в цих компонентах псамоконтуру Хаджибейського лиману (табл. 3).

Високих значень КДА набуває, коли вміст певного токсиканту в донних відкладах набагато вищий, ніж у воді, що вказує на здатність донних відкладів вибірково збагачуватися забруднюючими речовинами з води. В ході дослідження високі значення КДА отримані для міді та хрому, оскільки цими металами найбільше забруднені донні відклади псамоконтуру Хаджибейського лиману.

На станції № 1, поблизу с. Алтестове, відмічено інтенсивне накопичення у донних відкладах міді та хрому. В акваторії хвилеприбійної зони на узбережжі лиману в межах с. Холодна Балка (станція № 2) та в районі випуску стічних вод СБО «Північна» (станція № 3) значення КДА навпаки були найвищими для хрому та міді.

Коефіцієнт КДА дозволяє виявляти специфіку процесів накопичування важких металів донними відкладами в умовах хронічного забруднення водного об'єкту в цілому чи його окремої акваторії. Так, незважаючи на відносно невисокий вміст ртуті як у воді, так і в донних відкладах, отримане середнє значення КДА ( $102,00 \pm 3,50$ ) вказує на те, що в псамоконтурі Хаджибейського лиману накопичення цього вкрай небезпечного для біоти металу йде досить активно.

Діапазон КДА міді в хвилеприбійній зоні знаходився в широкому діапазоні  $177,92\text{--}2557,89$  при середньому значенні  $601,77$ , що свідчить про високу здатність донних відкладів зони псамоконтуру Хаджибейського лиману накопичувати цей метал із води.

Найвищим показником коефіцієнту накопичення (КН) міді характеризувалась піщана ділянка хвилеприбійної зони в районі с. Алтестове, причому інтенсивність накопичення в рачках перевищувала акумуляцію цього металу у донних відкладах майже в три с половиною рази. На решті станцій така різниця склала два рази, що дозволяє вважати *P. taeoticus* ефективним концентратором міді у зоні псамоконтуру. В цілому, коефіцієнти накопичення важких металів корелювали з коефіцієнтами донної акумуляції: збільшення значень одного показника мало відповідне збільшення іншого для кожного з металів.

Аналіз значень отриманих коефіцієнтів акумуляції вказує на значне перевищення КДА ніж біоаккумуляції (КН), що свідчить про прискорені процеси накопичення важких металів в донних відкладах псамоконтуру Хаджибейського лиману порівняно з біотою. Ділянки з підвищеною акумуляцією важких металів є потенційно небезпечними та здатними

Таблиця 3

**Показники накопичення важких металів у донних відкладах та *P. taeoticus***

№ станції	Cd	Ni	Cr	Cu	Hg
коефіцієнт донної акумуляції (КДА)					
1. (с. Алтестове)	203,41	507,40	1985,71	2557,89	71,00
2. (с. Холодна Балка)	70,82	66,14	958,91	177,92	98,50
3. (СБО «Північна»)	308,97	43,25	1300,00	1025,62	105,5
коефіцієнт накопичення (КН)					
1. (с. Алтестове)	38,08	90,00	43,33	8942,10	38,03
2. (с. Холодна Балка)	22,05	17,08	27,54	415,40	7,77
3. (СБО «Північна»)	47,69	4,05	61,03	2204,16	47,69

при зміні фізико-хімічних умов збагачувати водні маси додатковою кількістю важких металів.

Переважно балочний рельєф берегів Хаджибейського лиману не тільки визначає різноманітність прибережних ландшафтів (балки, коси, гирла малих водотоків), а й значною мірою сприяє переносу забруднюючих речовин із великої водозбірної площі лиману, що призводить до локального підвищення рівня забруднення. Попередні дослідження (Дятлов, Кошелєв, та Запорожець 2017) показали наявність хронічного забруднення донних відкладів південної частини Хаджибейського лиману важкими металами, причому в концентраціях здатними навіть чинити гостру токсичну дію. Більшість випадків реєстрації високих концентрацій важких металів спостерігалось в районі с. Холодна Балка в акваторії з найбільшою глибиною (13–15 м). Донні відклади Хаджибейського лиману виконують накопичувальну функцію (Богатова, Секундяк, и Кирсанова 2017) та визначають інтенсивність потоків забруднюючих речовин, що в решті решт призводить до концентрування важких металів і в зоні псамоконтуру.

Неперіодичні коливання рівня води ускладнюють адекватну оцінку забруднення безпосередньо контактної зони «берег–вода», оскільки її розташування, а саме стик підводної і надводної частини берега, постійно змінюється внаслідок згінно-нагінних явищ. Ця обставина суттєво знижує інформативність даних про забруднення, отриманих в результаті прямого аналітичного вимірювання вмісту токсичних речовин в конкретному місці та в конкретний момент часу у прибережній контактній зоні. На відміну від абіотичної складової, бокоплави постійно знаходяться в зоні псамоконтура, переміщуючись вздовж вузької берегової смуги відповідно до зміни положення урізу води залежно від режиму осушення або затоплення та інтегрально відображають хімічне забруднення всієї потенційно можливої площі псамоконтуру.

Високий вміст білка і значна калорійність *P. maeoticus* обумовлюють його кормову цінність для риб та навколотовних птахів, що в умовах хронічного хімічного забруднення псамоконтуру Хаджибейського лиману приводить до акумуляції важких металів в тканинах рачків та визначає небезпечність подальшої передачі токсикантів вище по харчовому ланцюгу.

Проведені дослідження показали, що використання *P. maeoticus* як біомонітору досить інформативно характеризує ступінь хімічного забруднення

важкими металами водного середовища псамоконтуру Хаджибейського лиману. Це дозволяє вважати *P. maeoticus* ефективним концентратором важких металів, особливо міді (Mirzajani, Hamidian, and Hassan 2021), та здатним відображати статус забруднення хвилеприбійної зони континентальних солонуватих водойм понто-каспійського басейну. Рачки *P. maeoticus* можуть бути залученими до визначення статусу хімічного забруднення псамоконтуру водойм на рівні з традиційними об'єктами моніторингу водного середовища: донними відкладами та водою.

Дослідження по біонакопиченню важких металів *P. maeoticus* слід і надалі продовжити і оцінити сезонні зміни, а також виявити вплив на здатність до акумуляції факторів середовища (температури та солоності води, гранулометричного складу ґрунту тощо) та провести порівняльний аналіз біоакумуляції рачків у різних водоймах.

#### Висновки

1. Отримані значення вмісту важких металів у воді, донних відкладах та рачках *P. maeoticus* інформативно відображають процеси накопичення та перерозподіл потоків забруднюючих речовин на піщаних ділянках хвилеприбійної зони Хаджибейського лиману.

2. Середні концентрації важких металів в компонентах водного середовища псамоконтуру Хаджибейського лиману за зменшенням вмісту мають наступний ряд: Cr>Ni>Cu>Cd>Hg (вода); Cr>Cu>Ni>Cd>Hg (донні відклади); Cu>Cr>Ni>Cd>Hg (*P. maeoticus*).

3. В умовах хронічного забруднення важкими металами Хаджибейського лиману показано, що псамоконтур є критичною зоною накопичення токсикантів в компонентах водного середовища, в якому найбільше концентрування характерно для донних відкладів та біоти.

4. Високий вміст важких металів в тканинах *P. maeoticus* та відповідні високі значення коефіцієнту накопичення дозволяють вважати цей вид бокоплавів акумулятивним індикатором хімічного забруднення контурного біотопу «вода–піщаний берег».

5. Висока здатність до накопичення важких металів донними відкладами та рачками *P. maeoticus* дозволяє їх використання у визначенні антропогенних хімічних навантажень хвилеприбійної зони континентальних солонуватих водойм понто-каспійського басейну.

#### Список використаних джерел

1. Богатова Ю.И., Секундяк Л.Ю., Кирсанова Е.В. Качество водной среды Хаджибейского лимана летом 2016 года. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2017. № 21. С. 78–85.

2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. Москва : ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. 95 с.

3. Дятлов С.Є., Кошелев О.В., Запорожець С.О. Донні відкладення південної частини Хаджибейського лиману в умовах хронічного забруднення. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2017. № 2 (69). С. 60–64.

4. Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г. Экологические процессы в критических зонах Чёрного моря (синтез результатов двух направлений исследований с середины XX до начала XXI веков). *Морской экологический журнал*. 2002. Т. 1, № 1. С. 33–55.

5. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. Москва : Флинта Наука, 2009. 532 с.

6. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Каспийская фауна в Азово-Черноморском бассейне. Москва-Ленинград : АН СССР, 1960. 286 с.

7. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах.

Ленинград : Гидрометеиздат, 1991. 312 с.

8. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоёмов. Москва : ВНИРО, 1990. 46 с.

9. Ghasemian S., Karimzadeh K., Zahmatkesh A. Metallothionein levels and heavy metals in Caspian Sea gammarid, *Pontogammarus maeoticus* (Crustacea, Amphipoda, Pontogammaridae). *AACL Bioflux*. 2016. Vol. 9. № 1. P. 1–7.

10. Mirzajani A., Hamidian A.H., Hassan J. Metal concentrations in the coastal fauna of the Caspian sea. *Ocean Science Journal*. 2021. Vol. 56. № 3. P. 256–265.

11. Zaitsev Yu. Major Accumulations of Life and Main “Pain Points” in the Seas and Oceans. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2012. A 1. P. 886–897.

#### References

1. Bogatova, Iu.I., Sekundiak, L.Iu., & Kirsanova, E.V. (2017). Kachestvo vodnoi sredy Khadzhibeiskogo limana letom 2016 goda [The quality of the aquatic environment of the Khadzhibey estuary in the summer of 2016]. *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu – Bulletin of Odessa State Environmental University, issue 21*, 59-69 [in Russian].

2. Vodianitckii, Iu.N. (2009). *Tiazhelye i sverkhthiazhelye metally i metalloidy v zagriaznennykh pochvakh [Heavy and superheavy metals and metalloids in contaminated soils]*. Moscow: GNU Pochvennyi institut im. V.V. Dokuchaeva Rosselkhozakademii [in Russian].

3. Diatlov, S.Ie., Koshelev, O.V., & Zaporozhets, S.O. (2017). Donni vidkladennia pivdennoi chastyny Khadzhibeiskoho lymanu v umovakh khronichnoho zabrudnennia [Bottom sediments of the southern part of the Khadzhibey estuary under conditions of chronic pollution]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: Biolohiia – The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology, 2 (69)*, 60–64 [in Ukrainian].

4. Zaitsev, Iu.P., & Polikarpov, G.G. (2002). Ekologicheskie protsessy v kriticheskikh zonakh Chernogo moria (sintez rezultatov dvukh napravlenii issledovaniia s serediny XX do nachala XXI vekov) [Ecological processes in critical zones of the Black Sea (synthesis of the results of two directions of research from the middle of the 20th to the beginning of the 21st centuries)]. *Morskoi ekolohicheskii zhurnal – Marine ecological journal, 1 (1)*, 33–55 [in Russian].

5. Izrael, Iu.A., & Tcyban, A.V. (2009). *Antropogennaia ekologiia okeana [Anthropogenic ocean ecology]*. Moscow: Flinta Nauka [in Russian].

6. Mordukhai-Boltovskoi, F.D. (1960). *Kaspiiskaia fauna v Azovo-Chernomorskom basseine [Caspian fauna in the Azov-Black Sea basin]*. Moscow-Leningrad: AN SSSR [in Russian].

7. Nikanorov, A.M., & Zhulidov, A.V. (1991). *Biomonitoring tyazhelykh metallov v presnovodnykh ekosistemakh [Biomonitoring of heavy metals in freshwater ecosystems]*. Leningrad.: Gidrometeoizdat [in Russian].

8. *Obobshchennyi perechen predelno dopustimykh kontcentratsii (PDK) i orientirovochno bezopasnykh urovnei vozdeistviia (OBUV) vrednykh veshchestv dlia vody rybokhoziaistvennykh vodoemov [A generalized list of maximum permissible concentrations (MPC) and tentatively safe exposure levels (TSEL) of harmful substances for the water of fishery reservoirs]*. (1990). Moscow: VNIRO [in Russian].

9. Ghasemian, S., Karimzadeh, K., & Zahmatkesh, A. (2016). Metallothionein levels and heavy metals in Caspian Sea gammarid, *Pontogammarus maeoticus* (Crustacea, Amphipoda, Pontogammaridae). *AACL Bioflux, 9 (1)*, 1–7.

10. Mirzajani, A., Hamidian, A.H., & Hassan, J. (2021). Metal concentrations in the coastal fauna of the Caspian sea. *Ocean Science Journal, 56 (3)*, 256–265.

11. Zaitsev, Yu. (2012). Major Accumulations of Life and Main “Pain Points” in the Seas and Oceans. *Journal of Environmental Science and Engineering, A 1*, 886–897.

**ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN WATER, BOTTOM SEDIMENTS AND AMPHIPOD *PONTOGAMMARUS MAEOTICUS* PSAMMOCONTOUR OF KHADZHIBEY ESTUARY**

**Koshelev O.V.**, PhD, Senior Researcher

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine

**Dyatlov S. Ye.**, PhD, Associate Professor

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine

The content of heavy metals (Cr, Ni, Cu, Cd, Hg) in the components of the aquatic environment (water, bottom sediments and crustaceans *Pontogammarus maeoticus* (Sowinsky, 1894) of the Khadzhibey estuary psammocontour was determined. Samples of crustaceans *Pontogammarus maeoticus*, water, bottom sediments of the Khadzhibey estuary were taken within the administrative boundaries of the village of Altestove, the village of Kholodnaya Balka and in the area of biological treatment plants BTP «Pivnichna» of city Odesa in August–September 2020.

The study showed a high anthropo-technogenic load on the psammocontour of the Khadzhibey estuary. The average chromium content in the water of the psammocontour of the Khadzhibey estuary was thirty times higher than the established MPC values for fishery reservoirs; mercury twice; copper four times in the wastewater discharge zone of the BTP «Pivnichna» and twenty-seven times near the village of Kholodnaya Balka; nickel twice about the village of Kholodnaya Balka and four times in the area of the BTP «Pivnichna». Bottom sediments in the wastewater discharge area of the BTP of city of Odesa (Northern Plants) have the highest content of heavy metals compared to other stations, with the exception of chromium, the level of which was minimal here.

The obtained average indicators of heavy metals in the components of the aquatic environment of the Khadzhibey estuary are the following regressive series: Cr> Ni> Cu> Cd> Hg (water); Cr> Cu> Ni> Cd> Hg (bottom sediments); Cu> Cr> Ni> Cd> Hg (crustaceans).

Using the bottom accumulation coefficient and the accumulation coefficient, the intensive, as compared to water, accumulation of pollutants in bottom sediments and crustaceans of the psammocontour of the Khadzhibey estuary is shown. Bottom sediments of the psammocontour zone are highly deposited medium in the wave-break zone of the Khadzhibey estuary.

The results obtained make it possible to consider *P. maeoticus* to be an effective concentrator of heavy metals, especially copper, and capable of informatively reflecting the status of chemical pollution of the aquatic environment in the wave-break zone of continental brackish water bodies.

**Key words:** heavy metals, accumulation, psammocontour, *Pontogammarus maeoticus*, Khadzhibey estuary.