

УДК 502.53:574.58; 504.45
<https://doi.org/10.33989/2414-9810.2019.5.2.194446>

Р.І. Потапенко, Д.В. Лукашов

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
 вул. Володимирська, 64/13, м. Київ, 01601, Україна
 potapenko220398@gmail.com
 ORCID 0000-0003-4292-5637;
 ORCID 0000-0002-1375-0447

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ МАЛИХ ВОДОЙМ м. КИЄВА ЗА ПОКАЗНИКАМИ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У МОЛЮСКАХ *LYMNAEA STAGNALIS L., 1758*

*Визначення стану забруднення екосистем малих водойм на сьогоднішній день є актуальним питанням оскільки існуючий в Україні норматив (ДСанПіН 6025-91) встановлює критерії забруднення лише для водного середовища. Молюски можуть дозволити оцінити стан забруднення екосистеми в цілому оскільки знаходяться в стані динамічної рівноваги з водним середовищем. В м. Києві було досліджено 81 малу водойму, в 22 з них було виявлено ставковика звичайного *Lymnaea stagnalis L., 1758*. Проведено аналіз вмісту *Cu, Cd, Cr та Zn* у воді та м'яких тканинах молюсків. Було виявлено перевищення ГДК для *Cr та Zn* у воді. За показниками перевищення верхньої фонові межі накопичення важких металів в тканинах молюсків було виявлено 9 водойм забруднених за *Cu* (максимальне перевищення – оз. Мишоловка, у 4,1 рази вище фонового рівня); одна водойма (оз. Небреж) – за *Cd* (у 1,4 рази); 7 водойм – за *Cr* (з них три в районі Жуляни на р. Нивка, у 1,2-3,0 рази); дві водойми – за *Zn* (у 1,2 рази). Всі забруднені водойми розташовані на правобережжі Дніпра в районах з тривалим антропогенним навантаженням.*

Ключові слова: біомоніторинг, молюски, забруднення, водні екосистеми, важкі метали.

Вступ. Хімічне забруднення відбувається внаслідок надходження до водойми зі стічними й скидними водами та атмосферними опадами різноманітних речовин як природного, так і антропогенного походження, що зумовлює зміни нормального хімічного складу води, характерного для натурального стану даної водойми (Афанасьев, & Гродзинский, 2004). У зв'язку з тим, що гідробіоти у водному середовищі біохімічно та осмотично тісно пов'язані з оточуючим середовищем, це зумовило появу різноманітних пристосувань, які дозволяють їм нормально функціонувати в широкому діапазоні змін хімічного складу абіотичних компонентів води та донних відкладів. Проблема оцінки ризику забруднення водойми з точки зору функціонування водної екосистеми полягає у наявності складних екологічних зв'язків, які визначають її структуру. Причому, захисту підлягає вся багатоконпонентна система, де окремі її елементи повинні бути захищеними постійно. При забрудненні екосистема втрачає стабільність в результаті послідовної втрати найбільш чутливих ланок. Тому при визначенні нормативів необхідно орієнтуватися на найбільш чутливу ланку в асортименті контрольованих показників ефекту (Брень, 2008).

Здатність деяких видів безхребетних акумулювати важкі метали дозволяє використовувати їх як моніторів забруднення водойм цими агентами. Причому, в такому випадку організми-концентратори будуть виступати саме як "монітори", а не "індикатори", як це прийнято у концепції гідробіологічного моніторингу (Лукашев, 2006, 2010).

У випадку накопичення стійких органічних забруднювачів гідробіоти виступають як пасивні акумулятори завдяки процесам фізико-хімічного перерозподілу гідрофобних речовин на межі розділу фаз ліпід/вода. В такому випадку рівень забруднення залежить від загального вмісту та розподілу ліпідів в організмі гідробіонтів (Линник, 1999). Останні дослідження щодо забруднення малих водойм іонами важких металів проводилися та були опубліковані у 2012 році і на даний момент є застарілими (Сытник, 2012), а карти – схеми забруднення є або неточними

(застарілими) або взагалі не існують. Тим самим виникає потреба в оновленні інформації щодо сучасного стану водойм, а також візуалізації результатів для більш точного та правильного сприйняття інформації.

Мета дослідження - визначення рівня забруднення важкими металами екосистем малих водойм Києва на основі аналізу хімічного складу води та молюсків як організмів-аккумуляторів.

Матеріали і методика досліджень. Об'єктом дослідження було обрано ставковика звичайного (*Lymnaea stagnalis* L., 1758), як представника прісноводних черевоногих молюсків, поширених у водоймах різних типів помірної зони Північної півкулі. На протязі літнього періоду 2018 року було проведено дослідження малих водойм м. Києва. Було досліджено 81 водойма. Лише у 22 з них було виявлено молюсків. Визначення вмісту важких металів проводили в м'яких тканинах молюсків без попереднього очищення. Крім того, аналізували хімічний склад води зазначених водойм. Аналізували валовий вміст Cu, Cd, Cr та Zn за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометру С115-М1 (SELMІ, Україна) в режимі полум'я ацетилен-повітря з дейтерієвим коректором не-селективного поглинання. Реєстрацію аналітичного сигналу проводили за допомогою комп'ютерно-аналітичного комплексу КАС-101. Величину вмісту важких металів розраховували в мг/кг маси повітряно-сухого речовини (95°C) або в мг/л (для води).

Результати та їх обговорення. Аналіз хімічного складу води малих водойм Києва, в яких були виявлені молюски, показав, що за вмістом Cu та Cd перевищення ГДК для водойм культурно-побутового та рекреаційного призначення не виявлено (табл. 1). Концентрація Cd виявилася нижче мінімального рівня методу визначення (0,001 мг/л). Концентрація Cr перевищувала норматив ГДК у 1,2-1,8 у воді оз. Вирлиця, оз. Мартишів, оз. Тягле, оз. Небреж. За концентрацією Zn забрудненими виявилось оз. Мишеловка (територія НПП «Голосіївський»)

Таблиця 1

Концентрація важких металів (мг/л) у воді малих водойм м. Києва

№	Метал Назва водойми	Cu	Cr	Zn
1	оз. Іорданське	0,008	0,002	0,006
2	оз. Кирилівське	0,002	<0,001	0,011
3	оз. Андріївське	0,013	0,001	0,009
4	оз. Лугове	0,004	<0,001	0,028
5	оз. Мінське	0,019	<0,001	0,039
6	оз. Вербне	0,052	0,005	0,021
7	оз. Куренівське	0,005	<0,001	0,007
8	став в парку Нивки	0,009	0,001	0,022
9	став №14 р Нивка	0,023	0,002	0,008
10	став с.Петропавлівська Борщагівка	0,005	<0,001	0,010
11	став на вул Гагаріна	0,016	0,004	0,028
12	став на вул Набережна	0,003	0,001	0,001
13	оз. Мишеловка	0,172	0,036	2,161
14	оз. Вигурівське	0,012	0,003	0,022
15	оз. на вул Крайня	0,015	0,004	0,038
16	оз. Радунка	0,015	0,002	0,015
17	оз. Русанівське	0,009	0,003	0,019
18	оз. Жандарка	0,001	0,004	0,002
19	оз. Вирлиця	0,600	0,730	0,700
20	оз. Мартишів	0,490	0,590	1,0
21	оз. Тягле	0,360	0,890	1,0
22	оз. Небреж	0,400	0,820	1,0

Порівняльний аналіз хімічного складу води досліджених водойм показав, що підвищений вміст всіх важких металів є характерним для лівобережних озер Вирлиця, Мартишів, Тягле, Небреж та оз.Мишоловка на правому березі. Найнижчими рівнями вмісту важких металів характеризувалися озера Кирилівське, Жандарка та став на вул.Набережна (р.Нівка, с.Жуляни).

Накопичення важких металів у тканинах молюсків розкрило іншу картину забруднення водних екосистем (табл. 2). Як критерій забруднення було використано раніше розраховану нами величину верхньої межі фону для молюсків *L. stagnalis* з малих водойм України. Ставоківки з дев'яти водойм Києва показали перевищення фонового рівня накопичення Cu. Для оз. Мінське, оз. Мишоловка та ставу на вул. Гагаріна (р.Нівка, с.Жуляни) були характерними максимальні рівні перевищення фону Cu у 1,1-4,1 рази, досягаючи величини 68-93 мг/кг. Перевищення верхньої межі фону за вмістом Cd було виявлено в одній водоймі штучного походження – оз. Небреж (Дарницький район). За показниками накопичення Cr в організмі молюсків виявлено забруднення правобережних водних екосистем оз.Куренівське, ставів на р.Нівка у межах с.Жуляни (вул. Гагаріна, вул. Набережна), а також у лівобережних озерах Радунка та Мишеловка. Перевищення верхньої межі фону складає від 1,2 (8,0-8,3 мг/кг) до 3,0 (19,8 мг/кг) разів. Перевищення фонового вмісту Zn у 1,2 рази було виявлено у двох водоймах – оз. Лугове та оз. на вул. Крайня (Троєщина).

Таблиця 2

Вміст важких металів (мг/кг) в м'яких тканинах *L. stagnalis* з малих водойм м.Києва (2018 р.)

Метал		Cu		Cd		Cr		Zn	
		Конц	SD	Конц	SD	Конц	SD	Конц	SD
№	Верхня фоновая межа [5]	22,5	8,25	0,90	0,07	6,7	1,38	91	11,5
1	оз. Іорданське	25,6	8,5	0,14	0,12	2,9	0,8	72,0	7,8
2	оз. Кирилівське	62,4	18,3	0,12	0,10	1,4	0,6	41,2	19,2
3	оз. Андріївське	9,26	4,46	0,02	0,01	3,13	2,20	61,63	19,47
4	оз. Лугове	59,11	16,53	0,08	0,04	3,95	1,02	112,69	26,25
5	оз. Мінське	71,98	21,29	0,12	0,08	3,99	1,30	91,35	3,92
6	оз. Вербне	18,52	7,76	0,02	0,01	2,26	1,27	59,17	16,51
7	оз. Куренівське	32,51	15,25	0,45	0,19	15,46	4,59	55,98	11,66
8	став в парку Нивки	6,63	2,80	0,01	0,00	0,44	0,17	12,42	2,53
9	став №14 р Нівка	3,32	1,63	0,01	0,00	0,66	0,31	13,63	3,22
10	став с.Петроп. Борщ.	51,68	5,32	0,18	0,05	19,84	1,30	63,33	3,88
11	став вул Гагаріна	67,54	14,55	0,27	0,09	8,22	1,61	71,17	16,03
12	став вул Набережна	62,23	10,68	0,07	0,05	19,38	4,67	94,92	16,13
13	оз. Мишеловка	92,98	22,28	0,02	0,01	3,40	1,12	65,12	17,96
14	оз. Вигурівське	17,30	0,00	0,08	0,00	2,86	0,00	45,29	0,00
15	оз. на вул Крайня	18,27	5,27	0,63	0,20	3,94	1,61	104,81	27,57
16	оз. Радунка	13,67	7,59	0,34	0,03	8,33	1,18	54,50	8,32
17	оз. Русанівське	15,94	2,35	0,00	0,00	8,04	3,38	69,05	14,63
18	оз. Жандарка	4,49	1,99	0,02	0,00	0,33	0,09	8,51	0,45
19	оз. Вирлиця	15,19	3,41	0,02	0,01	3,16	0,41	61,21	6,47
20	оз. Мартишів	11,47	1,29	0,18	0,09	2,34	0,31	50,36	13,45
21	оз. Тягле	8,11	3,95	0,00	0,00	2,02	1,33	66,63	8,72
22	оз. Небреж	18,57	6,33	1,24	0,36	2,22	1,15	73,13	8,07

Порівняння максимумів забруднення водного середовища та молюсків не виявило повної відповідності. Водойми, для яких була характерною підвищена концентрація важких металів у водному середовищі, не показали позитивної тенденції у накопиченні важких металів у молюсках. Більш того, водойми, які

були найчистішими за показниками хімічного складу води, характеризувалися аномально високим вмістом важких металів у тканинах молюсків (наприклад, оз. Кирилівське за вмістом Cu). Це відображає проблему розуміння поняття забруднення водної екосистеми. Висока концентрація важких металів у водному середовищі може не означати ризику накопичення їх гідро біонтами, отже і відсутність їх токсичного ураження. З іншого боку, наявність незначної, але біологічно доступної фракції важких металів у воді створює небезпеку для біоти. Молюски є дуже чутливими біомоніторами, які здатні виявляти наявність такої доступної частки хімічних елементів в екосистемі.

Висновки. 1. Було виявлено перевищення нормативів ГДК для води водойм культурно-побутового та рекреаційного призначення за концентрацією Cr у 1,2-1,8 рази для оз. Вирлиця, оз. Мартишів, оз. Тягле, оз. Небреж. За концентрацією Zn забрудненими виявилось оз. Мишеловка (територія НПП «Голосіївський»). 2. Вміст Cu у м'яких тканинах молюсків *L. stagnalis* з дев'яти водойм Києва показали перевищення верхнього фонового рівня накопичення у 1,1-4,1 рази. 3. Перевищення верхньої межі фону за вмістом Cd було виявлено в одній водоймі штучного походження – оз. Небреж (Дарницький район). 4. За показниками накопичення Cr в організмі молюсків виявлено забруднення 6 водних екосистем, де перевищення фонового рівня становило 1,2-3,0 рази. 5. Порівняння максимумів забруднення водного середовища та молюсків не виявило повної відповідності. Водойми, для яких була характерною підвищена концентрація важких металів у водному середовищі, не показали високого вмісту у тканинах молюсків.

Список використаної літератури:

- Афанасьев С. А., Гродзинский М. Д. Методика оценки экологических рисков, возникающих при воздействии источников загрязнения на водные объекты. Киев : АйБи, 2004. 60 с.
- Брень Н. В. Биологический мониторинг и общие закономерности накопления тяжелых металлов пресноводными донными беспозвоночными. *Гидробиологический журнал*. 2008. Т. 44, № 2. С. 96–115.
- Линник П.Н. Донные отложения водоемов как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов. *Гидробиологический журнал*. 1999. Т. 35, №2. С. 97–109.
- Лукашев Д. В. Мониторинг загрязнения тяжелыми металлами экосистемы Днепра в пределах г. Киева с помощью пресноводных моллюсков. *Гидробиологический журнал*. 2006. Т. 42, № 1. С. 86–98.
- Лукашев Д. В. Накопление тяжелых металлов моллюсками *Anodonta anatina* (L.) в условиях поступления коммунально-бытовых сточных вод в речную экосистему. *Гидробиологический журнал*. 2010. Т. 46, № 1. С. 82–90.
- Сытник Ю. М. Тяжелые металлы в органах и тканях рыбы озер Синее и Голубое (жилмассив Виноградарь, г. Киев). *Рибогосподарська наука України*. 2012. № 3/4. С. 97–102.

R.I. Potapenko, D.V. Lukashov

Taras Shevchenko National University of Kyiv

ESTIMATION OF ECOSYSTEMS POLLUTION OF SMALL WATER RESERVOIRS OF KYIV ACCORDING TO THE INDICATORS OF THE HEAVY METALS ACCUMULATIONS BY MOLLUSKS OF *LYMNAEA STAGNALIS* L., 1758

*Determination of the status of pollution of small ecosystems of small ponds is nowadays a topical issue, since the existing standard in Ukraine (DSanPiN 6025-91) sets the criteria for pollution only for the aquatic environment. Shellfish can assess the state of pollution of the ecosystem as a whole because they are in dynamic equilibrium with the aquatic environment. 81 small ponds were investigated in Kyiv the ponds of common *Lymnaea stagnalis* L. was found in 22 of them. The content of Cu, Cd, Cr and Zn in water and soft tissue of shellfish was analyzed. An excess of GDK for Cr and Zn in water was found. According to the indicators of excess of the upper background limit of accumulation of heavy metals in the tissues of mollusks, 9 reservoirs contaminated by Cu were found (maximum exceedance - lake Mysholovka, 4.1 times higher than the background level); 1 reservoir (lake Nebreh) - for Cd (1.4 times); 7 reservoirs - for Cr (three of them in the area of Zhuliany on the river Nivki, 1.2-3.0 times); 2 reservoirs - for Zn (1.2 times). All polluted reservoirs are located on the of the Dnipro in the areas with long anthropogenic pollution.*

Keywords: biomonitoring, shellfish, pollution, aquatic ecosystems, heavy metals.

References

- Afanas'ev, S. A., & Grodzinskii, M. D. (2004). *Metodika otsenki ekologicheskikh riskov, voznikayushchikh pri vozdeistvii istochnikov zagryazneniya na vodnye ob'ekty* [Methodology for assessing environmental risks arising from the impact of pollution sources on water bodies]. Kiev: AiBi [in Russian].
- Bren', N. V. (2008). *Biologicheskii monitoring i obshchie zakonomernosti nakopleniya tyazhelykh metallov presnovodnymi donnymi bespozvonochnymi* [Biological monitoring and general patterns of heavy metal accumulation by freshwater bottom invertebrates]. *Hydrobiological Journal*, 44(2), 96-115 [in Russian].

- Linnik, P. N. (1999). Donnye otlozheniya vodoemov kak potentsial'nyi istochnik vtorichnogo zagryazneniya vodnoi sredy soedineniyami tyazhelykh metallov [Bottom sediments of reservoirs as a potential source of secondary pollution of the aquatic environment by heavy metal compounds]. *Hydrobiological Journal*, 35(2), 97-109 [in Russian].
- Lukashev, D. V. (2006). Monitoring zagryazneniya tyazhelymi metallami ekosistemy Dnepra v predelakh g. Kieva s pomoshch'yu presnovodnykh mollyuskov [Monitoring of heavy metal pollution of the Dnieper ecosystem within Kyiv using freshwater molluscs]. *Hydrobiological Journal*, 42(1), 86-98 [in Russian].
- Lukashev, D. V. (2010). Nakoplenie tyazhelykh metallov mollyuskami *Anodonta anatina* (L.) v usloviyakh postupleniya kommunal'no-bytovykh stochnykh vod v rechnuyu ekosistemu [Accumulation of heavy metals by molluscs *Anodonta anatina* (L.) under conditions of communal wastewater flow into the river ecosystem]. *Hydrobiological Journal*, 46(1), 82-90 [in Russian].
- Sytnik, Yu. M. (2012). Tyazhelye metally v organakh i tkanyakh ryby ozer Sinee i Goluboe (zhilmassiv Vinogradar', g. Kiev) [Heavy metals in the organs and tissues of the fish of the Blue and Blue lakes (Vinogradar Residential, Kyiv)]. *Fisheries Science of Ukraine*, 3/4, 97-102 [in Russian].

Отримано 18.11.2019