

Г.Б. ГУМЕНЮК

Тернопільський державний педагогічний університет ім. В.Гнатюка,
вул. М.Кривоноса, 2, 46027, м. Тернопіль

РОЗПОДІЛ СВИНЦЮ В БІОТИЧНИХ ТА АБІОТИЧНИХ КОМПОНЕНТАХ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ

ключові слова: важкі метали, розподіл, вода, донні відклади, рослини, молюски
key words: heavy metal, accumulation and migration, water ecosystem (water, bottom deposits, water-plant, invertebrates)

H.B. HUMENYUK

DISTRIBUTION OF LEAD AMONG BIOTIC AND ABIOTIC COMPONENTS OF HYDROECOSYSTEM

V.Hnatyuk State Pedagogical University of Ternopil
2 M.Kryvonos str., Ternopil, 46027, Ukraine

Distribution of heavy metal (Pb) among some components of water ecosystem (water, bottom deposits, water-plant, invertebrates) is studied. Peculiarities of heavy metal (Pb) accumulation and migration are established. Factorial analysis of obtained results is made.

Як відомо, важкі метали є найнебезпечнішими компонентами хімічного забруднення поверхневих вод України. Їх значення своєрідне, оскільки вони не піддаються деструкції, як органічні речовини, а постійно знаходяться у водних екосистемах у певній формі. Їх фізико-хімічний стан змінюється в результаті гідролізу, комплексоутворення, адсорбції, осадження, акумулятивної здатності гідробіонтів і депонування в донних відкладах [5].

Указані вище процеси визначають міграційну рухливість важких металів, їх перерозподіл між основними компонентами трофічного ланцюга гідроєкосистеми (вода, донні відклади, рослини, безхребетні), біодоступність і токсичність для водних організмів.

Вміст та особливості нагромадження свинцю основними компонентами трофічного ланцюга гідроєкосистем і можливості перерозподілу цього металу у складових компонентах водної екосистеми вивчені недостатньо. Цьому питанню присвячено це дослідження.

Матеріали та методи дослідження. Проведено натурне дослідження динаміки розподілу свинцю між компонентами гідроєкосистеми шляхом внесення солі свинцю в природну водойму та дослідження його вмісту у воді, донних відкладах, водних рослинах і молюсках водойми протягом трьох тижнів. Для досліду обрано

постійну природну водойму площею 0,03 га з глибиною 1 м. У цю водойму був внесений свинець загальною масою 78,03 г у вигляді його нітратної солі, згідно з розрахунком кількості речовини, достатньої для створення токсичності у водному середовищі на рівні 1,5 ГДК [1]. Графік відбору зразків для визначення вмісту свинцю був таким:

- а) фонові спостереження (зняття показників до внесення свинцю);
- б) після внесення свинцю (у той же день);
- в) 1; 3; 5; 7; 10 – доби дослідів;
- г) 15; 20 – доби дослідів.

Воду відбирали з поверхневого горизонту водойми. Проби донних відкладів, водної рослинності та моллюсків відбирали на глибині до 50 см. Проби води підкислювали концентрованою HNO_3 до $\text{pH} < 2$. Фільтрацію не проводили, оскільки визначали загальний вміст металу. Проби висушували в термостаті за температури 50°C , розтирали в ступці до порошкоподібного стану. Згодом 0,25 г абсолютно сухої речовини поміщали в платиновий тигель, додавали 2,5 мл суміші HF і 2,5 мл HClO_4 та випарювали насухо. Після цього додавали 2,5 мл HF і 0,25 мл HClO_4 і нагрівали до виділення білих парів, знову додавали 0,25 мл HClO_4 . Залишок розчиняли в 2,5 мл HNO_3 . Спалювання та підготовку зразка водоростей (0,25 г висушеної маси) здійснювали аналогічно, спаливши спочатку абсолютно сухі проби в 0,25 мл HNO_3 . Отримані нітратні розчини використовували для визначення вмісту важких металів, яке здійснювали методом атомно-адсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-115 за відповідних довжин хвиль, які відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів.

Статистичне опрацювання одержаних даних здійснювали за В.Г.Лакінім [2]. Концентрацію металів виражали в мг на 1 кг сухої маси досліджуваних зразків.

Результати досліджень та їх обговорення.

Вода.

Сполуки свинцю є обов'язковими компонентами поверхневих вод суші й значною мірою впливають на якість водного середовища та функціонування водних екосистем. Багато з них мають мутагенні та канцерогенні властивості. Ступінь впливу свинцю на гідробіонтів залежить від загальної концентрації металу та форм його знаходження у водному середовищі. Відомо, що найдоступнішими для біоти є розчинені форми металів. У цьому випадку токсичний вплив на гідробіонтів проявляють, головним чином, так звані вільні (гідратовані) іони свинцю, деякі його гідроксикомплекси й металоорганічні сполуки [4]. Утворення комплексних сполук свинцю з розчиненими органічними речовинами, перш за все природного походження, зумовлюють зни-

ження токсичності металу чи повне нівелювання останньої.

В умовах природних вод найчастіше трапляються сполуки свинцю (II).

Вміст свинцю у воді значно зростає відразу ж після внесення токсиканту (рис. 1). Згодом спадає майже до фонових значень, що пояснюється акумуляцією його іншими компонентами гідроекосистеми (зокрема рослинами та молюсками). Згодом на 20-й день експерименту концентрація свинцю у воді зростає, а в рослинах і молюсках зменшується.

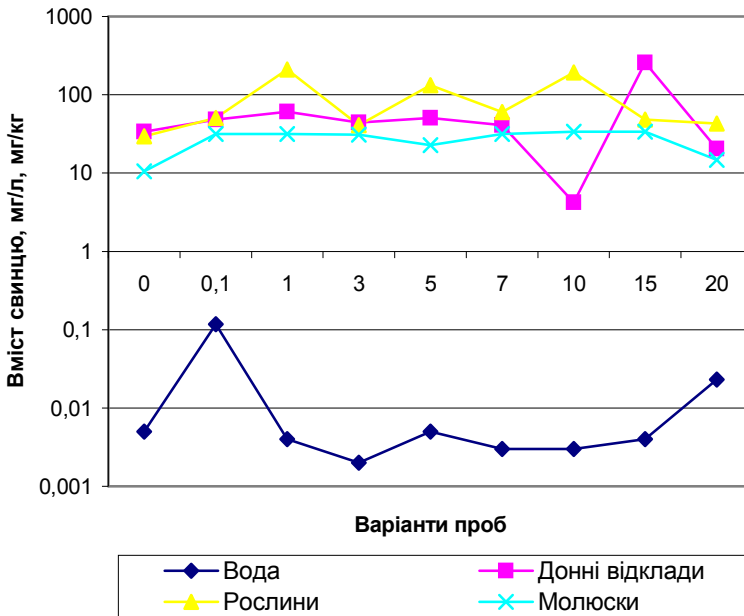


Рис. 1. Розподіл свинцю в компонентах гідроекосистеми.

Донні відклади

Донні відклади – це найстабільніший компонент водних екосистем, у якому відображаються основні фізико-хімічні й біологічні внутрішньо-водні процеси. Визначальну роль у процесах міграції металів відіграє міцність зв'язування свинцю з твердими субстратами донних відкладів.

Концентрація свинцю в донних відкладах зростає відразу ж після

його внесення у водойму та в перший день досліду. У наступні дні досліджень концентрація свинцю знаходиться майже на однаковому рівні. На 10-й день вона різко знижується. Це, насамперед, пов'язане зі зниженням рН до 6,3 (5-й день рН=7,2), а також з процесом перетворення мінеральних форм металів в органічні (алкілування). Неорганічні сполуки свинцю (II), подібно до ртуті, у донних відкладах піддаються метилюванню за участі мікроорганізмів. У результаті утворюються сполуки типу Me_3Pb і Me_4Pb , що легко акумулюються рослинами. Мобілізація свинцю з донних відкладів шляхом метилювання становить серйозну небезпеку для водної біоти [6].

На 15-й день досліду концентрація свинцю в донних відкладах зростає, що пов'язано з підвищенням рН (рН=6,5), а в таких умовах свинець адсорбується складовими компонентами донних відкладів майже повністю. На 20-й день концентрація свинцю знову знижується. Відома висока спорідненість свинцю до фракції оксидів заліза, марганцю та алюмінію [3], а у відновних умовах, які спостерігаються на 20-й день, існує ймовірність десорбції свинцю з донних відкладів.

Рослини

Одним із цікавих об'єктів, вивченню якого надається велике значення для оцінки токсичного забруднення, є рослини – первинні продуценти кисню та органічної речовини у водоймі. Інтенсивність надходження важких металів у клітини рослин різноманітна й залежить від багатьох факторів, включаючи біотичні особливості рослинних організмів і властивості металу [8]. Дослідження проводили на прикладі *Scenedesmus quadricauda*.

Згідно з нашими дослідженнями (рис. 1), рослини є найкращими акумуляторами свинцю. Хронічна дія свинцю на рослини проявляється за концентрації 0,1-5 мг/л. Пік підвищення концентрації токсиканта спостерігається на 1-й (рН=6,8), 5-й (рН=7) та 10-й дні (рН=6,3 – мобілізація з донних відкладів). У кислому середовищі (10-й день) збільшується токсичність свинцю, регулюється процес адсорбції металів на поверхні клітин, що встановлено на прикладі *Chlorella vulgaris* [8]. В умовах підвищення рН (1-й і 5-й дні) за зниження редокс-потенціалу метали є активними комплексоутворювачами з органічними речовинами, утворюючи добре розчинні у воді хелати. Хелатні форми Pb^{2+} найбільше засвоюються рослинами [9].

Концентрація свинцю 193,2 мг/кг (10-й день), очевидно, є критичною. Адаптаційні та акумулятивні механізми рослин вичерпали свої можливості й рослини або гинуть, підвищуючи, відповідно, концентрацію токсиканта у воді, або відбувається явище десорбції свинцю з рослин. Це явище відбувається значно інтенсивніше, ніж десорбція ртуті й кадмію.

Наприклад, у випадку переносу *Ascophyllum* із забруднених вод у чисті, вміст свинцю за два місяці зменшується на 75-85% [6].

Отже, згідно з нашими дослідженнями, рослини акумулюють свинець у найбільшій кількості.

Молоски.

У літературі описані три основні механізми утилізації металів з водної товщі. Це фізико-хімічна адсорбція, утворення і наступна седиментація та акумуляція важкорозчинних форм металів, а також адсорбція гідробіонтами (біологічне накопичення). Результати досліджень свідчать про те, що безхребетні (зокрема молоски) беруть активну участь у двох останніх процесах [10].

Дослідження ми проводили зі ставковиком звичайним (*Lymnala stagnalis*). Свинець щодо молосків є менш токсичним, ніж для рослин, а хронічна інтоксикація має місце як правило за концентрацій свинцю 0,1-10 мг/л. [6]. Молоски досить стійкі до високих концентрацій свинцю [7]. Таким чином, у природних умовах сильна дія свинцю на безхребетних може проявитися досить рідко [6].

Характеризуючи міграцію свинцю в молосках можна провести аналогію з рослинами. Спостерігається підвищення концентрацій токсиканта відразу ж після внесення. Вміст свинцю знаходиться на постійному рівні й спадає на 20-й день досліджень.

Для багатьох безхребетних поглинання і виведення свинцю з організму знаходиться в прямій залежності від його концентрації як у донних відкладах, так й у воді (у нашому випадку – у воді). Згідно з Дж.В.Мур та С.Рамамурти [6], період напіввиведення свинцю з організму дорівнює 20 дням, що і спостерігалось в наших дослідженнях (на 20-й день концентрація свинцю знижувалася).

Таким чином, згідно з результатами наших досліджень, найважливішу роль у перерозподілі свинцю відіграють біотичні компоненти гідроеко-системи (рослини й молоски). Рослинні об'єкти можна використовувати для моніторингу забруднення водою іонами свинцю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брагинский Л.П. Основные принципы организации и проведения токсикологических экспериментов на прудах // Методики биологических исследований по водной токсикологии. – М.: Наука, 1971. – С. 237-249.
2. Лакин В.Г. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – С. 343.
3. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – С. 186-196.
4. Линник П.Н. Донные отложения как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжёлых металлов // Гидробиол. журн. – 1999. – 35, № 2. – С. 97-107.
5. Линник П.Н. Тяжёлые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и

формы миграции. // Гидробиол. журн. – 1999. – 35, № 1. – С.22-41.

6. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – С.117-133.

7. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – С. 70-77.

8. Сафонова Т.А. Накопление ртути и других тяжёлых металлов водорослями и водными растениями // Поведение ртути и других тяжёлых металлов в экосистемах. – Новосиб., 1989. – Ч.1. – С. 66-87.

9. Ялынская Н.С., Лопотун А.Г. Накопление микроэлементов в растениях рыбководных прудов // Гидробиол. журн. – 1999. – 29, № 5. – С. 25-30.

10. Хомик А. П., Харченко Т. А. Роль двустворчатых моллюсков в перераспределении тяжёлых металлов в канале Днепр – Донбасс // Гидробиол. журн. – 1989. – 25, № 2. – С. 73-76.