

## СЕЗОННА ДИНАМІКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ВОДІ ТА ДОННИХ ВІДКЛАДАХ РІЧКИ ЗБРУЧ

Т. Андрусишин, В. Грубінко

*Тернопільський національний педагогічний університет  
імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль 46027, Україна  
e-mail: tan.soroka2010@yandex.ua*

У статті проаналізовано річну динаміку вмісту важких металів у воді (валового) та у донних відкладах (валового і рухомого) річки Збруч. Проведено порівняльний аналіз результатів дослідження з ГДК та фоновими показниками.

*Ключові слова:* важкі метали, вода, донні відклади, ГДК, фонові показники.

Унаслідок антропогенної діяльності у водойми потрапляє значна кількість забруднювачів, які залучаються до кругообігу речовин, що негативно позначається на функціонуванні водних екосистем [12]. З огляду на високу токсичність, інтерес становлять важкі метали (ВМ), які при перевищенні ГДК мають канцерогенний і мутагенний вплив на організми. Їхня концентрація у водоймі залежить від шляхів потрапляння, інтенсивності водокористування, геохімічних особливостей території, а також змінюється протягом року посезонно, оскільки сезонно змінюються фізико-хімічні характеристики водойм і фізіологічна активність гідробіонтів [7].

Вода та донні відклади функціонують у водоймах як єдина система, в межах якої постійно відбувається обмін речовинами. Тому донні відклади як середовище накопичення токсичних речовин і джерело вторинного забруднення води відіграють важливу роль у формуванні якості води [5]. У зв'язку з залежністю якості води від складу донних відкладів [5] варто проводити порівняльний аналіз фактичного вмісту ВМ одночасно в обох компонентах водойм. З огляду на зазначене, метою дослідження є визначення вмісту важких металів у воді та донних відкладах і порівняння цих даних із фоновими показниками та значеннями ГДК, а також встановлення основних факторів, які визначають вміст і форму перебування металів у воді та донних відкладах.

### Матеріали та методи

Об'єктом дослідження була верхня течія р. Збруч, що протікає в меридіональному напрямку, є лівою притокою р. Дністер і має в цьому регіоні важливе господарське та рекреаційне значення.

Дослідження охоплювали період з квітня 2009 р. до березня 2010 р. Для визначення вмісту **Zn, Mn, Fe, Cu, Pb, Co, Ni та Cd у воді та донних відкладах річки їхні зразки відбирали** поблизу м. Волочиськ Хмельницької обл. Проби води відбирали з поверхневого горизонту водойм, а проби донних відкладів – на глибині близько 50 см. Воду фільтрували через мембранний фільтр із розміром пор 0,45 мкм, концентрували у 10 разів і визначали вміст ВМ. Спалювання та підготовку для аналізу зразків донних відкладів здійснювали за методикою Дж. В. Мур, С. Рамамурті згідно з модифікацією, розробленою у відділі екотоксикології та гідрохімії Інституту гідробіології НАН України [9]. Зразки донних відкладів висушували в термостаті при температурі 105°C і розтирали у фарфоровій ступці до порошкоподібного стану. Загальний вміст важких металів визначали так: абсо-

лютно сухий мул масою 0,25 г поміщали в платиновий тигель, додавали суміші HF і HClO<sub>4</sub> (по 2,5 мл кожної кислоти) та випаровували насухо, до сухого залишку додавали 2,5 мл HF і 0,25 мл HClO<sub>4</sub> і нагрівали до виділення білої пари, знову додавали 0,25 мл HClO<sub>4</sub>, а залишок розчиняли в 2,5 мл HNO<sub>3</sub>. Рухомий вміст ВМ визначали так: абсолютно сухий мул масою 0,5 г змочували водою об'ємом 0,5 мл, додавали 10 мл концентрованої HNO<sub>3</sub> (1,35 г/см<sup>3</sup>) і нагрівали при температурі 105°C протягом 2-х год. Після охолодження до суміші додавали 3 мл 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> і нагрівали протягом 1 год, потім її фільтрували. В отриманих нітратних розчинах визначали вміст ВМ методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-115 при відповідних довжинах хвиль, які відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів. Вміст металів виражали в мг на 1 кг сухої маси досліджуваних зразків. Статистичне опрацювання одержаних даних здійснювали за методом [6].

### Результати і їхнє обговорення

**Вода.** У результаті проведених досліджень, насамперед, встановлено валовий (загальний) вміст важких металів у воді річки Збруч (рис. 1).

Вміст цинку на початку дослідження (квітень) був найвищим, потім поступово знижувався, а восени зменшився настільки, що було виявлено лише його сліди. Вміст цинку у воді не перевищував ні фонових показників, ні значень ГДК (див. таблицю). Оскільки цинк є біогенним металом, то можна передбачити його активне засвоєння фітогідробіонтами з настанням вегетаційного періоду, оскільки іони цинку беруть участь у ключових реакціях фотосинтезу [12], з чим пов'язуємо зменшення вмісту цього металу у воді.

Вміст мангану у воді в травні дещо збільшився порівняно з квітнем, у червні-липні знизився до мінімального значення та знову підвищився у серпні-вересні. Протягом наступних місяців, як і у випадку з Zn, у воді було виявлено тільки сліди Mn. Вміст мангану у воді не перевищував фонових значень і показників ГДК. Манган має невисокий показник комплексоутворення [7], а його зв'язування залежить від таких факторів, як рН середовища, наявності органічних та інших комплексоутворюючих речовин, концентрації завислих компонентів і окисно-відновної здатності вод [12]. Зниження рН сприяє вивільненню Mn із донних відкладів [7], наслідком чого могло бути зростання вмісту металу у серпні-вересні, коли виявлено зменшення рН дослідженої води приблизно на одиницю (до 6,5-6,7) порівняно з попередніми місяцями.

Вміст феруму у травні збільшився порівняно з квітнем до максимального показника за весь період досліджень, а протягом наступних місяців поступово зменшувався, аж до серпня, коли було зафіксовано мінімальний показник, однак вже у вересні він знову зріс, і, як у випадку з Zn та Mn, у наступні місяці у воді виявлено лише сліди Fe. Вміст феруму у воді не перевищував фонових значень і ГДК. Ферум відіграє надзвичайно важливу роль у життєдіяльності водних організмів і значною мірою засвоюється ними, чим пояснюється зниження його концентрації у воді протягом періоду вегетації та зростання восени.

Вміст купруму від початку спостереження суттєво не змінювався до вересня, коли концентрація металу у воді різко збільшилася, а протягом наступних місяців зменшувалася до мінімального показника у грудні, однак у лютому-березні спостерігаємо збільшення концентрації Cu. **Вміст купруму у воді був досить високим, оскільки всі місяці (за винятком зимових) характеризуються перевищенням фонових значень, а у вересні він відповідав 1 ГДК.** Відсутність чітко визначеної динаміки вмісту купруму у першій половині дослідження свідчить про велику кількість чинників, вплив яких не завжди можливо оцінити, але основними серед них є рН, наявність розчинених органічних речовин і завислих части-

нок органічної та мінеральної природи [12]. Крім того, варто брати до уваги і вплив таких факторів, наприклад, як надходження металу зі стічними водами (токсикогенний стік) і атмосферними опадами. Унаслідок відмирання фітомаси восени концентрація купруму у воді збільшується шляхом її надходження з водних організмів. У наступні місяці відбувається утворення комплексних сполук міді з розчиненими органічними речовинами, вміст яких зростає також у зв'язку з відмиранням гідробіонтів, наслідком чого є зменшення концентрації Cu. Підвищення вмісту купруму у лютому пов'язуємо з надходженням металу з талою сніговою водою, оскільки сніг має здатність до накопичення важких металів [8].

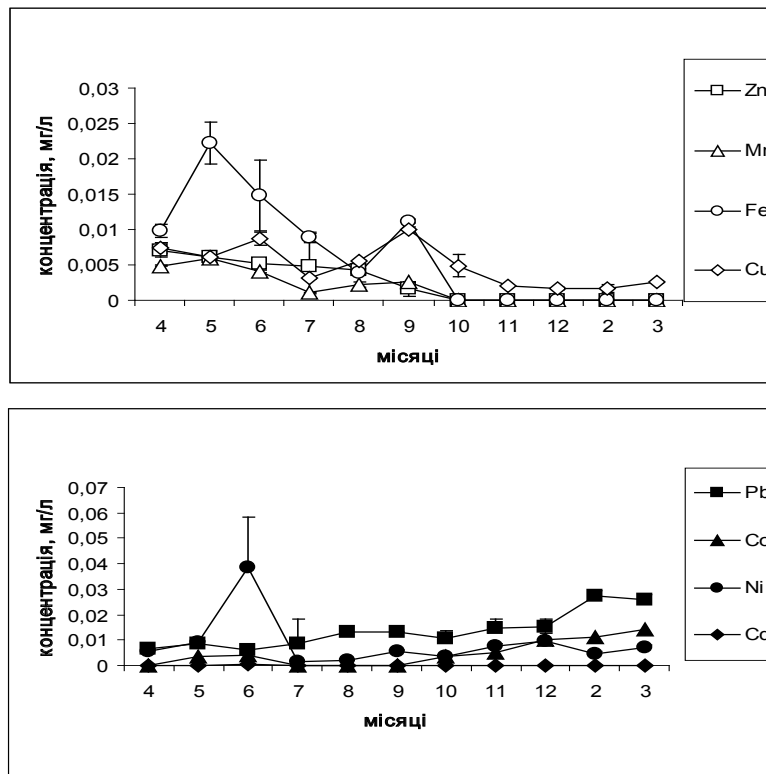


Рис. 1. Вміст важких металів у воді р. Збруч у квітні 2009 р. – березні 2010 р., n=9.

Фонові показники вмісту важких металів та значення їх ГДК у воді та донних відкладах

Метали	Вода, мг/дм <sup>3</sup>			Донні відклади, мг/кг	
	Фонові показники [1]	ГДК [14]		Фонові показники	ГДК
		Господарсько-питтве та культурно-побутове призначення	Рибогосподарське призначення		
Zn	0,015	1,0–50	0,01	50 [15]	100 [15]
Mn	0,1	–	–	1500 [1]	1500 [4]
Fe	0,1	–	–	1700 [1]	–
Cu	0,002	0,1–0,5	0,001–0,01	20 [15]	55 [15]
Pb	0,003	0,03–0,1	0,03–0,1	10 [15]	32 [15]
Co	0,008	1,0	0,01	1,8 [1]	50 [15]
Ni	0,003	0,1	0,0002	50 [1]	85 [15]
Cd	0,0001	0,01	0,005	0,1 [1]	3 [15]

Динаміка вмісту плюмбуму мала флуктуаційний характер від початку дослідження до серпня-вересня, коли вміст металу збільшився, у жовтні мало місце деяке його зменшення, а вже протягом наступних місяців спостерігалось збільшення до максимального значення у лютому і знову незначне зменшення у березні. Зафіксовано перевищення фонових показників свинцю протягом усього досліджуваного періоду, максимально – у лютому (у 9,13 разу). Перевищень ГДК не виявлено. Як і для більшості металів, концентрація плюмбуму у воді залежить від абіотичних, біотичних і антропогенних факторів. Тому за сукупної їхньої дії вкрай важко встановити істинну причину коливальної динаміки вмісту металу протягом весняно-літнього періоду. За зменшення у воді вмісту кисню відбувається надходження свинцю з донних відкладів. Це спостерігається з настанням холодного періоду та пов'язане зі зниженням рН води, що спричиняє міграцію металів з донних відкладів у воду [7]. Зміна рН має місце унаслідок зниження вмісту кисню, що використовується у процесі окисної деструкції органічних речовин відмираючих решток рослин і водоростей. Тому саме взимку і виявляється найвищий вміст Pb у воді.

Щодо вмісту кобальту в річковій воді, то у квітні було виявлено лише його сліди, у травні-червні вміст дещо підвищився. У подальші три місяці концентрація металу знову знизилася до слідових кількостей, а вже з жовтня поступово збільшувалася до максимального значення у березні. Кобальт перевищує фонові значення у грудні-лютому-березні у 1,23, 1,38 та 1,76 разу відповідно. У лютому та березні зафіксовано також перевищення рибогосподарських ГДК у 1,11 та 1,41 разу. Зростання вмісту кобальту у воді в травні-червні могло бути зумовлене великою кількістю опадів у цей час, унаслідок чого метал у річку потрапляє з дощовими водами. Зменшення концентрації Со у вегетаційний період пояснюється його утилізацією гідробіонтами. Причиною зростання вмісту кобальту у воді в осінньо-зимовий період може бути невисока стійкість комплексів кобальту з органічними речовинами природних вод [7].

Вміст нікелю у воді від початку дослідження збільшився до максимального значення у червні та різко знизився до мінімального у липні, у серпні-вересні збільшився, у жовтні знизився, у листопаді-грудні збільшився, у лютому зменшився, у березні знову збільшився. Концентрація нікелю перевищувала фонові значення, за винятком липня-серпня, максимальне перевищення у 12,8 разу зафіксоване у червні. Також перевищено рибогосподарські ГДК протягом усього періоду дослідження, а в червні у 192,5 разу. Флуктуаційна динаміка вмісту нікелю у воді може бути пов'язана з невисоким ступенем його закомплексованості, оскільки в умовах досліджених природних вод існує конкурентне зв'язування фульвокислот іншими металами, серед яких найбільший вклад в утворення комплексних сполук вносять залізо та мідь [7].

Протягом усього періоду дослідження концентрація кадмію була на рівні слідових кількостей, за винятком червня, коли зафіксовано перевищення фонових значень у 3 рази. Перевищень значення ГДК не спостерігали. Збільшення вмісту кадмію у даний період можна пояснити лише його надходженням із атмосферними опадами.

**Донні відклади.** У результаті проведених досліджень встановлено валовий і рухомий вміст важких металів у донних відкладах річки Збруч (рис. 2).

На початку досліджень валовий вміст цинку в донних відкладах був дуже високим, особливо у травні (рис. 2). Подальші чотири місяці характеризувалися значним зниженням вмісту Zn до **найнижчого показника у вересні, надалі спостерігалось деяке його підвищення** у жовтні-листопаді, зниження у грудні-лютому та зростання у березні. Найбільше цинку було зафіксовано у травні. Фонові значення і ГДК перевищувались у квітні-травні-червні, відповідно у 4,85, 16,97, 9,32 та 2,29, 8,48, 4,66 разу (див. таблицю).

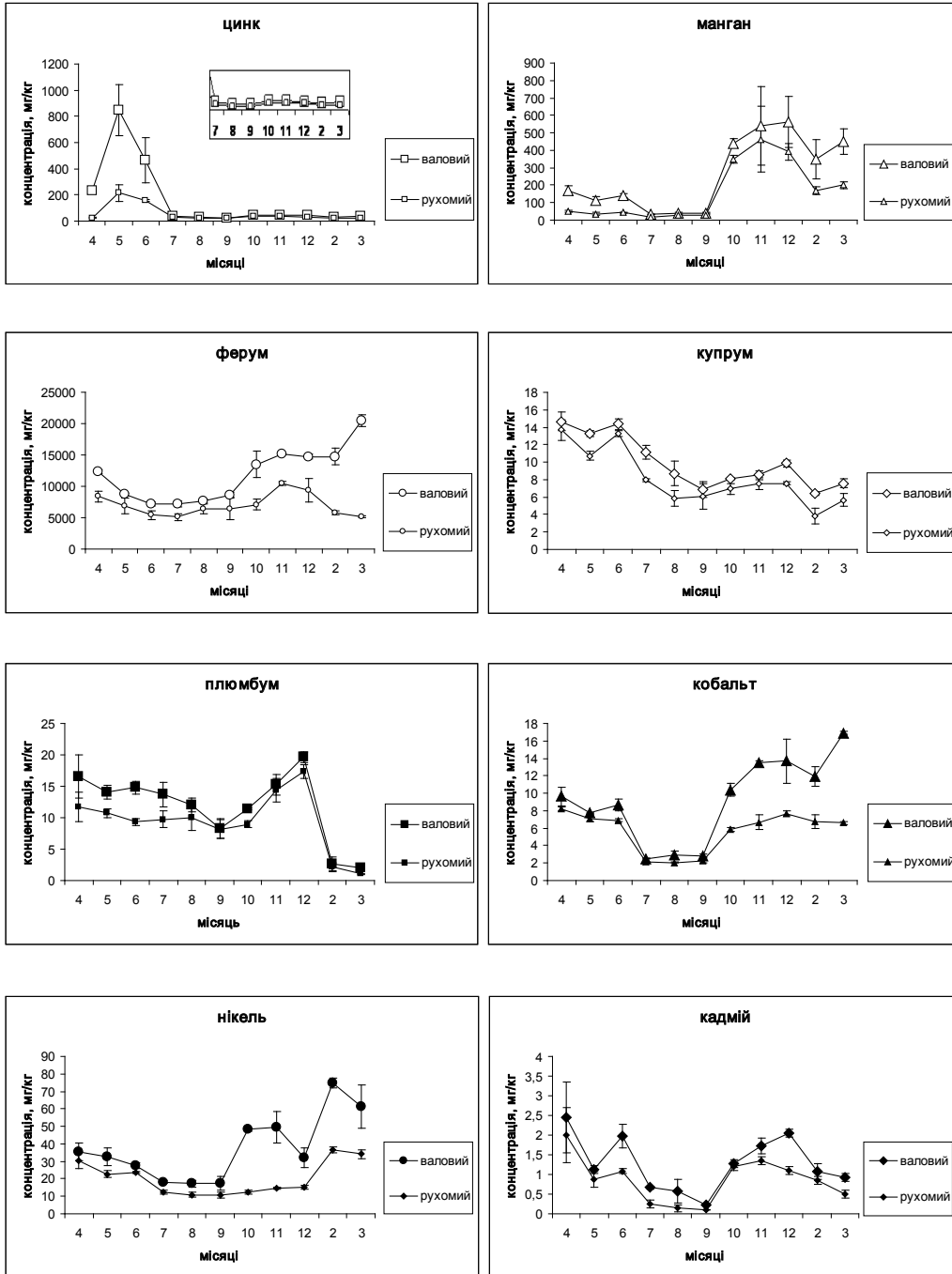


Рис. 2. Вміст важких металів у донних відкладах річки Збруч у квітні 2009 – березні 2010 р., n=9.

Рухомий вміст цинку у квітні, на відміну від валового, був невисоким, а вже у травні-червні різко підвищився. Аналогічно із загальним вмістом, відбувалося зменшення рухомого вмісту протягом липня-вересня та збільшення у жовтні-листопаді. Подальші три місяці характеризуються поступовим зниженням вмісту цинку в донних відкладах р. Збруч. Максимальний і мінімальний показники було виявлено у травні та вересні. Фонові показники і значення ГДК перевищувались у травні-червні в 4,28, 3,18 та 2,14, 1,59 рази відповідно.

Зниження вмісту цинку в донних відкладах річки Збруч у червні-вересні могло бути пов'язане з тим, що цей метал у ґрунтах є рухливим, тому він міг мігрувати в глибші шари донних відкладів. Унаслідок осідання органічних речовин у другій половині осені збільшувався вміст **Zn у донних відкладах, а його підвищення в лютому було наслідком надходження з талими сніговими водами, підтвердженням чого є збільшення лише валового вмісту і подальше зменшення рухомого.**

Валовий вміст мангану в донних відкладах на початку дослідження характеризувався невисокими значеннями, зменшився в липні (рис. 2), на початку серпня – зріс, значно збільшився у жовтні, досягнув максимального значення у грудні, але знизився у лютому.

Рухомий вміст мангану в донних відкладах майже повністю повторює динаміку загального, за винятком грудня, коли концентрація рухомого Mn зменшилася. Перевищень фонових значень і ГДК за манганом не виявлено.

Різкі зміни вмісту мангану у донних відкладах можуть виникати внаслідок низького ступеня комплексоутворення, а його зниження у липні-вересні – внаслідок міграції у водне середовище і біологічного засвоєння, що корелює зі зниженням **pH та зростанням концентрації Mn у воді.**

Динаміка валового вмісту феруму в донних відкладах мала низхідний характер протягом квітня – липня, однак вже у серпні спостерігалася тенденція до збільшення вмісту Fe аж до листопада (рис. 2). У подальші два місяці мало місце зниження концентрації металу, а у березні – різке її підвищення до максимального показника за весь досліджуваний період.

Рухомий вміст феруму в донних відкладах повністю повторює динаміку валового, за винятком березня, коли валовий вміст зростає, а рухомий – знижувався щодо попереднього місяця. Концентрація металу в донних відкладах багаторазово перевищувала фонові значення, максимально для валового і рухомого вмісту – у 12,01 та 6,19 рази відповідно. Зменшення вмісту феруму в донних відкладах збігається з його одночасним збільшенням у воді (травень-червень). Щодо зростання концентрації **Fe у донних відкладах у серпні-листопаді**, то тут можливе його надходження з ґрунтовими водами [2].

У квітні валовий вміст купруму в донних відкладах р. Збруч був найвищим за весь період, він дещо зменшився у травні та збільшився у червні (рис. 2). Липень, серпень і вересень характеризувалися зниженням концентрації металу до мінімального значення. У подальші три місяці спостерігалось зростання вмісту Cu, деяке зниження у лютому та зростання у березні.

Рухомий вміст купруму перші три місяці повторював динаміку валового, максимум також припадає на квітень. У липні-серпні відбувалося зменшення концентрації цього металу до мінімального показника, з вересня до грудня було виявлено збільшення, а далі, як і у випадку із валовим вмістом, – зменшення у лютому та збільшення у березні. Перевищень фонових значень і ГДК купруму в донних відкладах не виявлено.

Для купруму, як і для деяких інших металів, характерне зниження вмісту у травні, причиною чого був початок вегетації водних рослин. Така закономірність порушилася у

червні зі зростанням концентрації цих металів щодо попередніх місяців. Оскільки збільшення вмісту **Cu** характерне і для води, то припускаємо, що причиною цього було потрапляння металів з атмосферними опадами. Зменшення концентрації купруму в донних відкладах збігається зі зниженням рН і періодом бурхливого наростання біомаси. Підвищення вмісту **Cu** восени та на початку зими пов'язуємо з її акумуляцією у донних відкладах у складі комплексів з органічними речовинами та осіданням завислих речовин з адсорбованою міддю.

Динаміка валового вмісту плюмбуму майже повністю ідентична динаміці валового вмісту купруму з квітня до лютого, максимальну концентрацію цього металу було виявлено у грудні, а у березні спостерігалось зменшення **Pb** у донних відкладах (рис. 2). Мінімальний вміст металу в донних відкладах було зафіксовано у березні.

Рухомий вміст плюмбуму мав тенденцію до зменшення у перші три місяці дослідження, у липні-серпні – незначне зростання, у вересні-жовтні – знову зниження. У листопаді-грудні концентрація металу збільшувалася до максимальної, а вже у лютому-березні – знижувалася до мінімальної. Перевишень ГДК плюмбуму не було виявлено, проте зафіксовано перевищення фонових значень валового вмісту **Pb** протягом періоду дослідження, за винятком вересня, лютого та березня, а рухомого вмісту – за винятком червня, липня, вересня, жовтня, лютого та березня. Максимальні перевищення фонових значень в 1,9 та 1,7 разу відповідно для валового та рухомого вмісту спостерігали у грудні.

Вміст плюмбуму в донних відкладах змінювався за тією самою схемою, що й вміст купруму, тому припускаємо, що причинами цих процесів були ті самі, що і для **Cu**. В умовах дефіциту кисню в кінці зими та ранньої весни при зниженні вмісту плюмбуму в донних відкладах простежувалось одночасне зростання його у воді внаслідок десорбції.

Валовий вміст кобальту в донних відкладах характеризувався коливальною динамікою з квітня до вересня. З жовтня і надалі (листопад, грудень) концентрація металу підвищилась (рис. 2). У лютому спостерігалось зменшення вмісту **Co**, у березні – збільшення до максимального показника за весь період дослідження, а мінімальний вміст було зафіксовано у липні. Виявлено перевищення фонових значень кобальту протягом досліджуваного періоду, максимально – у 9,4 разу.

Рухомий вміст кобальту зменшувався від початку дослідження до серпня, коли досягнув мінімального значення. Для вересня-грудня характерне збільшення рухомого вмісту кобальту, а для березня-лютого – зменшення. Максимальний показник рухомого вмісту **Co** виявлений у квітні. Виявлено перевищення фонових значень протягом досліджуваного періоду, максимально в 4,5 разу.

Відсутність чіткої динаміки вмісту кобальту від початку дослідження аж до жовтня свідчить про його залежність від дії багатьох факторів. Зауважимо, що назагал відбулося зменшення вмісту металу в липні-вересні щодо квітня-червня у 2-3 рази, що, знову ж таки, пояснюється важливою роллю у кругообігу речовин організмів. Збільшення концентрації кобальту з жовтня до кінця дослідження є закономірним процесом, характерним для водойм у цей період.

Валовий вміст нікелю в донних відкладах р. Збруч з квітня до серпня зменшувався (рис. 2), у вересні збільшувався, у грудні дещо зменшувався, у лютому зріс і досягнув максимального показника та знову зменшився у березні. Зафіксовано перевищення фонових значень нікелю в лютому-березні в 1,4 та 1,2 разу.

Рухомий вміст нікелю у донних відкладах зменшувався у травні щодо квітня, а у червні дещо зростав. У подальші три місяці концентрація знижувалася до мінімальної у ве-

ресні, а вже з жовтня спостерігалось зростання аж до максимуму в лютому. Березень характеризувався деяким зменшенням вмісту нікелю в донних відкладах. Фонових значень не перевищено. Перевищень ГДК не виявлено ні для рухомого, ні для валового вмісту нікелю.

Динаміка вмісту нікелю мала трохи чіткіший характер, ніж динаміка інших металів, тож в цілому її умовно можна розподілити на період зниження концентрації – до серпня, та період її зростання у донних відкладах – з вересня до лютого. Можливо, визначальним фактором є невисока комплексоутворююча здатність Ni.

Валовий вміст кадмію в донних відкладах у квітні був найвищим за весь досліджуваний період. Він дещо зменшився у травні та збільшився у червні (рис. 2). Подальші три місяці характеризувалися зниженням вмісту Cd до найменшого показника у вересні. З жовтня до грудня відзначалося поступове збільшення вмісту металу в донних відкладах, а у лютому-березні – зменшення. Виявлено перевищення фонових значень кадмію, максимального у 24,6 разу.

Рухомий вміст кадмію має ідентичну з валовим динаміку з квітня до листопада. Максимальний і мінімальний показники припадали, як і для загального вмісту, на квітень і вересень відповідно. Максимально фонові значення перевищувались у 19,9 разу. Не виявлено перевищень ГДК кадмію, однак насторожує наближення показників до гранично допустимих концентрацій.

Для кадмію, як і для більшості з досліджуваних металів, у цілому характерне зниження вмісту в донних відкладах у весняно-літній і збільшення в осінньо-зимовий періоди. Проте у червні відбулося збільшення вмісту металу, що пов'язуємо з інтенсивними атмосферними опадами. Джерело надходження кадмію в донні відклади є невідомим. Можливо, він депонувався в донних відкладах унаслідок адсорбції з води ще навесні, оскільки у воді, за винятком червня, не виявлено перевищень фонових значень чи ГДК.

Проаналізувавши результати дослідження, встановлено існування корелятивного зв'язку між зниженням вмісту металу в одному з абіотичних компонентів гідроекосистеми та збільшенням в іншому. Простежується загальна для більшості металів тенденція до зниження їхнього вмісту в абіотичних компонентах водойми протягом вегетаційного періоду та зростання по його закінченню. Динаміка рухомого вмісту металів у загальному збігається з динамікою валового вмісту, однак характеризується менш різкими коливаннями.

Негативним явищем є перевищення фонових показників по вмісту у воді плюмбуму, кобальту, нікелю, кадмію. Небезпеку становить досягання вмісту купруму 1 ГДК та постійне перевищення ГДК нікелю. Донні відклади теж характеризуються перевищенням фонових показників за вмістом таких металів, як цинк, ферум, плюмбум, кобальт, нікель і кадмій, а також зафіксовано перевищення ГДК цинку.

Основними факторами регуляції вмісту металів у воді та донних відкладах є: рН, дефіцит розчиненого кисню, седиментація розчинених органічних речовин і завислих частинок, життєдіяльність гідробіонтів, атмосферні опади та підземні води.

Стан абіотичних компонентів річки Збруч свідчить про високе антропогенне навантаження.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гуменюк Г. Б.* Порівняльна характеристика розподілу важких металів у гідроекосистемах різного типу // *Наук. записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. біол. Спец. вип.: Гідроекологія.* 2010. № 2 (43). С. 139–148.



2. *Гуменюк Г. Б.* Розподіл важких металів у гідроекосистемі прісної водойми (на прикладі Тернопільського ставу): автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Тернопіль, 1998. 21 с.
3. *Давыдова С. Л., Тагасов В. И.* Тяжелые металлы как супертоксианты XXI века: учебн. пос. М., 2002. 140 с.
4. Державні санітарні правила та норми. 2. Комунальна гігієна. 2.7. Ґрунт, очистка населених місць, побутові та промислові відходи, санітарна охорона ґрунту. Правила № 29 від 01.07.1999, додаток 3. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://uapravo.net>.
5. *Коновець І. М., Кіпніс Л. С., Гончарова М. Т., Крот Ю. Г.* Токсикологічна оцінка стану донних відкладів ділянки р. Дніпро нижче греблі Київської ГЕС // *Наук. записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Сер. біол.* 2009. № 1–2 (39). С. 97–102.
6. *Лакін Г. Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.
7. *Линник П. Н., Набиванец Б. И.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 268 с.
8. *Мажайский Ю. А., Гусева Т. М., Дорохина О. Е., Андриянец С. В.* Мониторинг тяжелых металлов в экосистемах малых рек бассейна реки Оки // **Мещерский филиал** Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (МФ ВНИИГиМ), г. Рязань, Россия. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://gisau.org.ua>.
9. *Мур Дж., Рамамурти С.* Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 287 с.
10. *Никаноров А. М., Посохов Е. В.* Гидрохимия. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 279 с.
11. *Природа Хмельницької області / За ред. К.І. Геренчука.* Львів: Вища школа, 1979. 152 с.
12. *Романенко В. Д.* Основи гідроекології: підручник. К.: Обереги, 2001. 728 с.
13. *Сборник санитарно-гигиенических нормативов и методов контроля вредных веществ в объектах окружающей среды.* М., 1991.
14. Тяжелые металлы как фактор экологической опасности: **метод. указ.** / Сост. Ю. А. Холопов. Самара: СамГАПС, 2003. 16 с.
15. *Федоренко О. І., Бондар О. І., Кудін А. В.* Основи екології: підручн. К.: Знання, 2006. 543 с.

*Стаття: надійшла до редакції 01.06.11*

*доопрацьована 10.02.12*

*прийнята до друку 14.02.12*

**SEASONAL DYNAMICS HEAVY METALS IN WATER AND  
SEDIMENTS RIVER ZBRUCH****T. Andrusyshyn, V. Grubinko**

*Volodymyr Gnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
2, M. Kryvonis St., Ternopil 46027, Ukraine  
e-mail: tan.soroka2010@yandex.ua*

The article analyzed the annual dynamics of heavy metals in water and sediments of the river Zbruch. A comparative analysis of survey results and background on MPC performance.

*Keywords:* heavy metals, water, bottom sediments, MPC, background figures.

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ И  
ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ЗБРУЧ****Т. Андрусышин, В. Грубинко**

*Тернопольский национальный педагогический университет  
имени Владимира Гнатюка  
ул. М. Кривоноса, 2, Тернополь 46027, Украина  
e-mail: tan.soroka2010@yandex.ua*

В статье проанализирована годовая динамика тяжелых металлов в воде и донных отложениях реки Збруч. Проведен сравнительный анализ результатов исследования с ПДК и фоновыми показателями.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, вода, донные отложения, ПДК, фоновые показатели.