

**Conclusion.** The research of the hydrochemical regime of the rivers of the Dnipro basin (within Ukraine) done for the long-term observation period (1990-2015) showed that there are directed tendencies towards an increase in the total mineralization of waters that decrease along the river's course.

The average long-term and average annual concentrations of main ions reflect the change in the physico-geographical and climatic conditions for the formation of natural river waters in the Dnipro basin. Moving downstream clearly shows the change in the values of mineralization and its constituents.

**Keywords:** mineralization, main ions, surface water, long-term changes.

**Надійшла до редколегії 10.09.2018**

УДК 556.114:546.56(282.247)

**Линник П.М.<sup>1</sup>, Скоблей М.П.<sup>2</sup>, Жежеря В.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

<sup>2</sup>Державна екологічна інспекція у Закарпатській області, м. Ужгород

## **КОНЦЕНТРАЦІЯ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МІЖ РІЗНИМИ ФРАКЦІЯМИ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У РІЧКАХ БАСЕЙНУ ТИСИ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЇХНЬОГО ВИЛУЧЕННЯ**

**Ключові слова:** важкі метали, завислі речовини, фракції металів, «мокре» спалювання, гідротермальна обробка, річки басейну Тиси.

**Постановка та актуальність проблеми.** Важкі метали, потрапляючи до поверхневих водних екосистем, розподіляються між різними абіотичними компонентами останніх та знаходяться у різних формах, зокрема у розчиненому стані у воді й поровому розчині, а також у складі завислих речовин (ЗР) і донних відкладів (ДВ) [8, 9]. Залежно від цього визначається їхня біологічна активність та хімічна реакційна здатність, що істотним чином проявляється на їхньому потенційному впливі на розвиток і життєздатність гідробіоти й трансформації співіснуючих форм металів. Стабільність металів у розчиненому стані залежить від низки чинників і процесів, що відбуваються у водному середовищі. Комплексоутворення за участю розчинених органічних речовин (РОР) сприяє підвищенню зазначеної стабільності металів і зниженню їхньої адсорбційної здатності. Переважне знаходження металів у складі ЗР характерне, передусім, для річкових вод, оскільки останні містять їх у значно більших кількостях, ніж водойми з уповільненим водообміном. Адсорбцію металів на ЗР слід розглядати як один з важливих шляхів зниження токсичності водного середовища через зменшення концентрації їхньої хімічно й біологічно активної фракції (гідратовані йони металів, комплекси з неорганічними лігандами, гідроксокомплекси тощо) [10]. У процесі транспортування метали поступово седиментуються разом із грубодисперсними частинками за умови зниження швидкості течії та накопичуються у донних відкладах і таким чином виводяться з водного середовища. Однак слід пам'ятати, що концентрація металів у складі грубодисперсних частинок завжди нижча, ніж у складі тонкодисперсних. Самоочищення водного середовища за рахунок седиментації може бути невідворотним або ж тривати певний період часу залежно від умов, що формуються на межі дотику води і донних відкладів [1, 7]. Це надзвичайно важливо з екологічних позицій. Водночас, тонкодисперсна завесь, що концентрує на своїй поверхні різноманітні хімічні речовини, у тому числі й метали, седиментує набагато повільніше і тому триваліший період часу знаходиться у водному середовищі, впливаючи певним чином на розвиток гідробіонтів. Припускається, наприклад, що забруднені важкими металами ЗР становлять небезпеку для функціонування риб,

оскільки, потрапляючи до їхнього організму, метали можуть вивільнятися з їхнього складу та спричинювати токсичний вплив [4, 13]. Цілком вірогідно, що це стосується, передусім, тонкодисперсної фракції ЗР, яка найбільшою мірою концентрує важкі метали.

Концентрація важких металів у складі ЗР, зазвичай, у декілька разів перевищує їхній вміст у ДВ і в сотні разів більша, ніж у розчиненому стані [5, 11, 15]. Отже, відбувається концентрування металів з водної товщі, причому воно тим значніше, чим менший розмір частинок ЗР, оскільки у цьому випадку істотно зростає площа поверхні для адсорбції.

Дослідження металів у складі ЗР обмежуються найчастіше визначенням їхньої загальної концентрації і лише в окремих наукових публікаціях наявна інформація стосовно особливостей розподілу цієї групи компонентів між різними за розміром фракціями [6, 11]. Хоча така інформація набагато важливіша для розуміння процесів, що впливають на міграцію металів та трансформацію їхніх форм у воді і, зрештою, на їхню потенційну біодоступність для гідробіонтів.

**Мета цієї роботи** полягає в узагальненні результатів дослідження особливостей розподілу важких металів між різними фракціями завислих речовин, що містяться у річках гірського типу.

**Матеріали і методи досліджень.** Основні дослідження проводились на річках Тиса, Уж і Латориця. Проби води відбирались щомісячно протягом 2015–2017 рр. з поверхневого шару на глибині ~ 0,25–0,5 м в поліетиленові ємності місткістю 1 дм<sup>3</sup>. В найкоротші терміни після відбору їх фільтрували, використовуючи мембранні фільтри фірми «Schleicher & Schuell» з діаметром пор 0,45 мкм. Фільтри із зависсю висушували до постійної маси і зважували. Масу ЗР знаходили за різницею між масою фільтра із ЗР і масою самого фільтра. Після цього фільтри із зависсю обробляли в суміші концентрованих сульфатної (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, кваліфікації «х. ч.», виробництва ВАТ Суміхімпром) й нітратної (HNO<sub>3</sub>, кваліфікації «ос. ч.», фірма Lachema) кислот при нагріванні, добиваючись максимального розчинення ЗР. Цю першу стадію обробки ЗР називають «мокрим» спалюванням, що найчастіше використовується для руйнування ЗР й вивільнення металів з їхнього складу. Залишок ЗР після стадії «мокрого» спалювання зазнавав гідротермальної обробки в лужному середовищі (3,2 моль/дм<sup>3</sup> NaOH) при нагріванні в сталевому автоклаві з фторопластовим тиглем у муфельній печі до 230°C протягом 4,5–5 год (друга стадія пробопідготовки). На цій стадії досягалось повне розчинення ЗР і, відповідно, вилучення металів. Детальний опис методики двостадійної пробопідготовки ЗР наведено в [2, 14]. В отриманих після першої й другої стадій пробопідготовки ЗР розчинах визначали концентрацію досліджуваних металів методом атомно-абсорбційної спектроскопії з електротермічною атомізацією. Використовували спектрофотометр ContrAA700, в якому джерелом стабільного й інтенсивного випромінювання була ксенонова лампа, спектр випромінювання якої безперервний у спектральному діапазоні 190–900 нм. Детектор ССД-матричний з підвищеною УФ-чутливістю і високою квантовою ефективністю. На підставі результатів визначення маси ЗР та концентрації металів у розчинах після їхнього вилучення на першій і другій стадіях пробопідготовки розраховано вміст цих компонентів у складі ЗР в мкг/г сухої маси ЗР.

**Результати досліджень та їхнє обговорення.** Перед тим, як перейти до обговорення отриманих результатів, варто зазначити, що широко вживане у практиці гідрохімічних лабораторій «мокре» спалювання ЗР з використанням концентрованих сульфатної і нітратної кислот не забезпечує повного вилучення металів з їхнього складу. Найімовірніше, у процесі такої обробки ЗР вилучається

лише певна частина металів. Її частка може бути більшою або меншою залежно від походження (природи) ЗР та міцності зв'язування металів з їхньою поверхнею. За дії концентрованих кислот при нагріванні вилучаються, передусім, метали, що знаходяться в органічній складовій ЗР (водорості і продукти їхньої деструкції, детрит тощо) або ж адсорбовані на поверхні та слабо зв'язані її адсорбційними центрами. Метали, що знаходяться в кристалічних ґратках мінеральних частинок, вивільняються лише за умови їхнього руйнування в більш жорстких умовах, наприклад, у процесі сплавляння. Повне переведення залишку ЗР, що не розчинився при «мокрому» спалюванні, в розчинений стан та перехід металів у розчинну форму досягалось нами у процесі його гідротермальної обробки, описаної вище.

Результати проведених досліджень наведено на рис. 1. Видно, що вміст досліджуваних металів у складі ЗР варіює в широких межах, причому у воді р. Тиси він значно більший, ніж у річках Уж і Латориця. Високі концентрації металів зумовлені, напевно, тим, що аналізувались переважно тонкодисперсні частинки ЗР, оскільки вміст самих ЗР у воді був невисоким як для річок гірського типу. Слід зазначити, що високим вмістом металів у складі ЗР характеризуються і деякі інші річки. Як приклад можна навести р. Дунай, до якої впадає р. Тиса. У складі ЗР р. Дунаю концентрація металів знаходилась в таких межах: Cd – 1,1–7,6 мкг/г, Cu – 28,3–193,7, Pb – 18,2–85,0, Zn – 99–398, Ni – 23,2–89,8 і Cr – 32,9–107,5 мкг/г [12]. Характерно, що в ЗР приток Дунаю концентрації цих же металів, за винятком Cu, виявились ще більшими: Cd – 1,1–25,6 мкг/г, Cu – 26,9–95,5, Pb – 17,3–214,9, Zn – 87–2224, Ni – 32,6–170,9 і Cr – 55,0–148,9 мкг/г [12].

Досліджувані нами річки переносять значні кількості ЗР, зазвичай, після паводків, тому в ці періоди у їхньому складі домінує грубодисперсна завесь, яка згодом седиментує. За високого вмісту ЗР концентрація металів у їхньому складі істотно знижується. Так, наприклад, за вмісту ЗР у воді річок Тиса й Уж в межах 105–278 мг/дм<sup>3</sup> концентрація Cd(II) становила 0,30–0,35 мкг/г сухої маси зависі, Cu(II) – 8,6–9,8, Pb(II) – 5,8–7,6, Zn(II) – 10,2–23,0, Ni(II) – 10,4–12,2 і Cr(III) – 7,2–14,6 мкг/г. Отже, у цьому випадку можна стверджувати про міграцію металів у річковому потоці переважно у складі грубодисперсних частинок піску та гравію, а вони, як відомо, характеризуються низькою адсорбційною здатністю. Виявилось також, що за таких умов переважна частина металів вивільнялась зі складу ЗР на першій стадії їхньої обробки, тобто у процесі «мокрого» спалювання (91,4–93,3% Cd<sub>зав</sub>, 61,9–93,3% Cu<sub>зав</sub>, 75,2–91,0% Pb<sub>зав</sub>, 87,4–89,0% Zn<sub>зав</sub>, 69,6–95,2% Ni<sub>зав</sub> і 64,4–73,3% Cr<sub>зав</sub>).

Цілком очевидно, що за відсутності опадів уміст ЗР характеризується низькими показниками, а в їхньому складі переважають тонкодисперсні частинки, яким притаманна висока адсорбційна здатність. Саме завдяки цьому концентрація металів у їхньому складі достатньо висока.

Аналіз отриманих результатів досліджень дав можливість виявити деякі особливості міжфракційного розподілу досліджуваних металів. Для кадмію, в цілому характерне те, що більша його частина вилучається у процесі «мокрого» спалювання. Це ж саме слід відмітити для цинку, плюмбуму та нікелю. Водночас, купрум і певною мірою хром знаходяться переважно в структурі мінеральних частинок, тому вилучаються з них лише після гідротермальної обробки нерозчинного залишку ЗР.

Нами проведено розрахунки масової частки металів, що вилучаються у процесі першої та другої стадій обробки ЗР, результати яких наведено нижче (рис. 2). З'ясувалось, що в досліджуваних річках басейну Тиси Cd(II), Pb(II), Ni(II) і Zn(II) переносяться ЗР здебільшого як адсорбовані на поверхні завислих частинок та такі, що містяться в органічній складовій останніх. Їхня масова частка становить у

середньому 56,4%  $Cd_{зав}$ , 59,9%  $Pb_{зав}$ , 59,5%  $Ni_{зав}$  та 63,1%  $Zn_{зав}$ . На відміну від зазначених металів,  $Cu(II)$  і  $Cr(III)$  структурно зв'язані з мінеральними частинками ЗР, тому ці метали вивільняються в основному на другій стадії пробопідготовки. За середніми показниками їхня масова частка у складі останніх становить 64,2%  $Cu_{зав}$  та 53,8%  $Cr_{зав}$ .

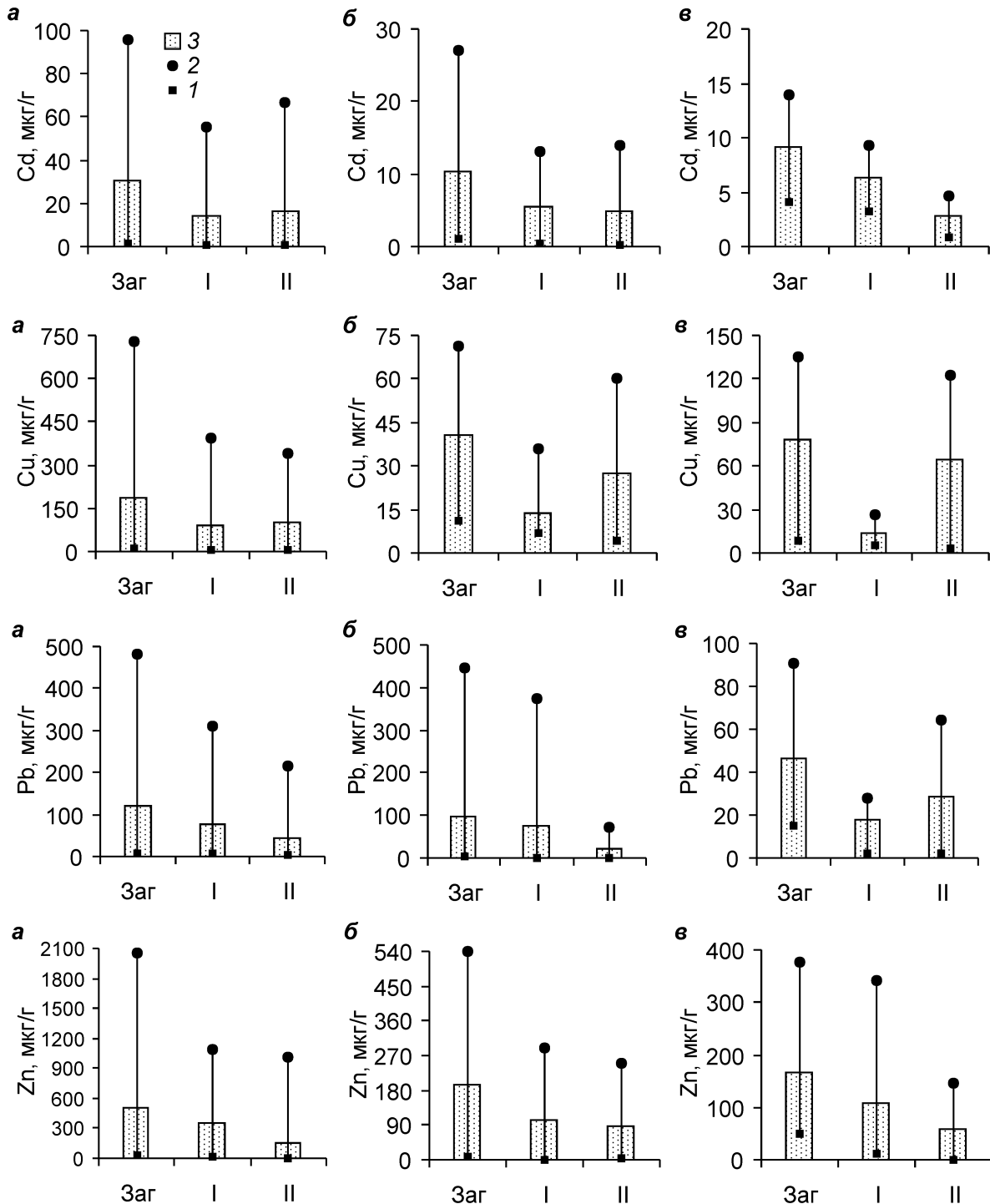


Рис. 1. Граничні (1, 2) та усереднені (3) величини вмісту металів у складі ЗР у воді річок Тиса (а), Уж (б) і Латориця (в): Зар – загальний вміст, I і II – вміст металів відповідно після першої та другої стадій обробки ЗР.

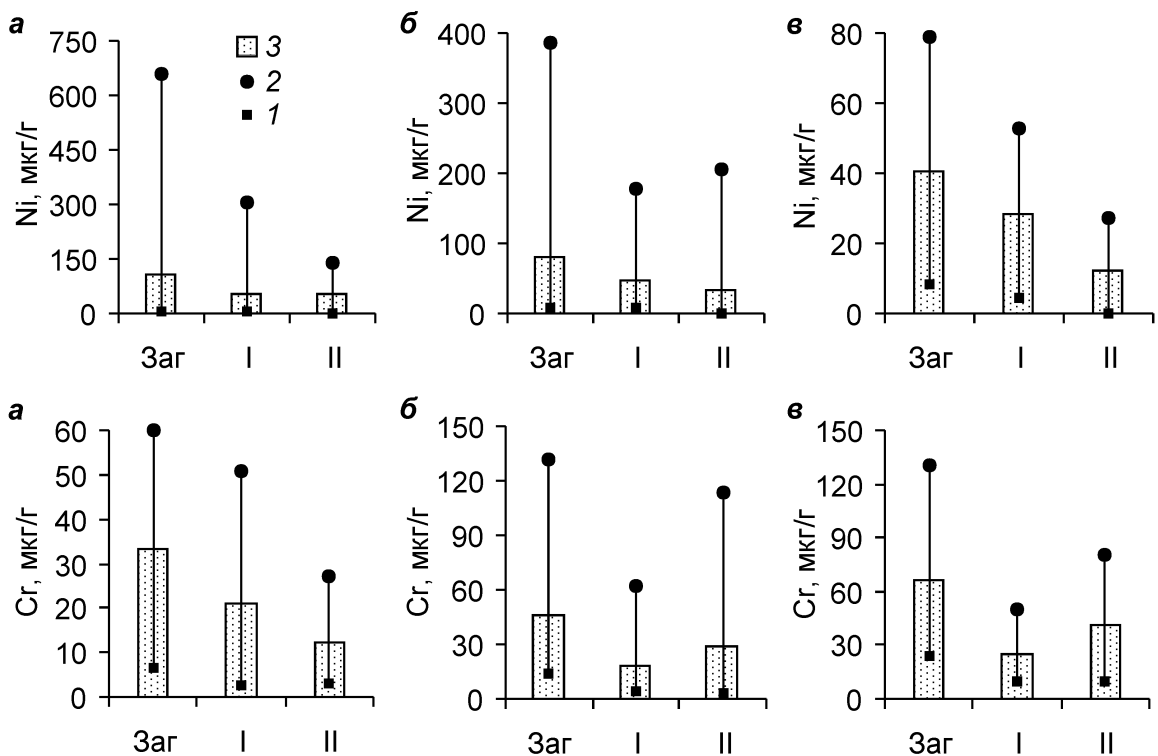


Рис. 1 (продовження). Граничні (1, 2) та усереднені (3) величини вмісту металів у складі ЗР у воді річок Тиса (а), Уж (б) і Латориця (в): Заг – загальний вміст, I і II – вміст металів відповідно після першої та другої стадій обробки ЗР.

Для порівняльної оцінки вмісту металів у ЗР і ДВ досліджуваних річок нижче (рис. 3) наведено результати досліджень їхньої концентрації у складі останніх. Як видно, вони істотно відрізняються між собою (див. також рис. 1). У ДВ концентрація металів виявилась значно нижчою порівняно із ЗР. Це зумовлено тим, що для аналізу було відібрано в основному проби піску та гравію, а в цих субстратах вміст металів, зазвичай, найнижчий. Водночас, концентрація металів у складі ЗР приблизно така ж низька, як і у ДВ, за умови зростання вмісту завислих частинок у воді під час повеней або паводків. Про це вже йшлося вище, і саме результати дослідження ДВ підтверджують наш висновок про домінування у складі ЗР грубодисперсних частинок за високого їхнього вмісту у воді річок.

Отже, на підставі аналізу результатів проведених досліджень стає очевидним, що компонентний склад ЗР та розмір частинок істотним чином впливають не лише на концентрацію металів, але й на їхній міжфракційний розподіл. Результати нещодавно проведених досліджень стосовно концентрації  $\text{Cu(II)}$  у складі різних за розміром фракцій ЗР, вилучених з води озера Нижній Тельбін (м. Київ), показали, що її величини істотно відрізняються. Так, у фракції завислих частинок з розміром  $>0,85$  мкм концентрація  $\text{Cu(II)}$  становила 31,4–46,0 мкг/г, у фракції 0,40–0,85 мкм – 89,5–233,0, а у фракції  $>0,23$ –0,40 мкм – 900–2100 мкг/г. Це ще раз підтверджує висновок про те, що саме тонкодисперсні частинки зависі найбільше збагачені металами.

В низці наукових публікацій також зазначається, що зі зниженням вмісту ЗР концентрація металів у їхньому складі помітно збільшується [3, 11]. Пояснюється це тим, що за таких умов зростає роль тонкодисперсної зависі, передусім колоїдної фракції ЗР, в адсорбції, накопиченні й транспортуванні металів.

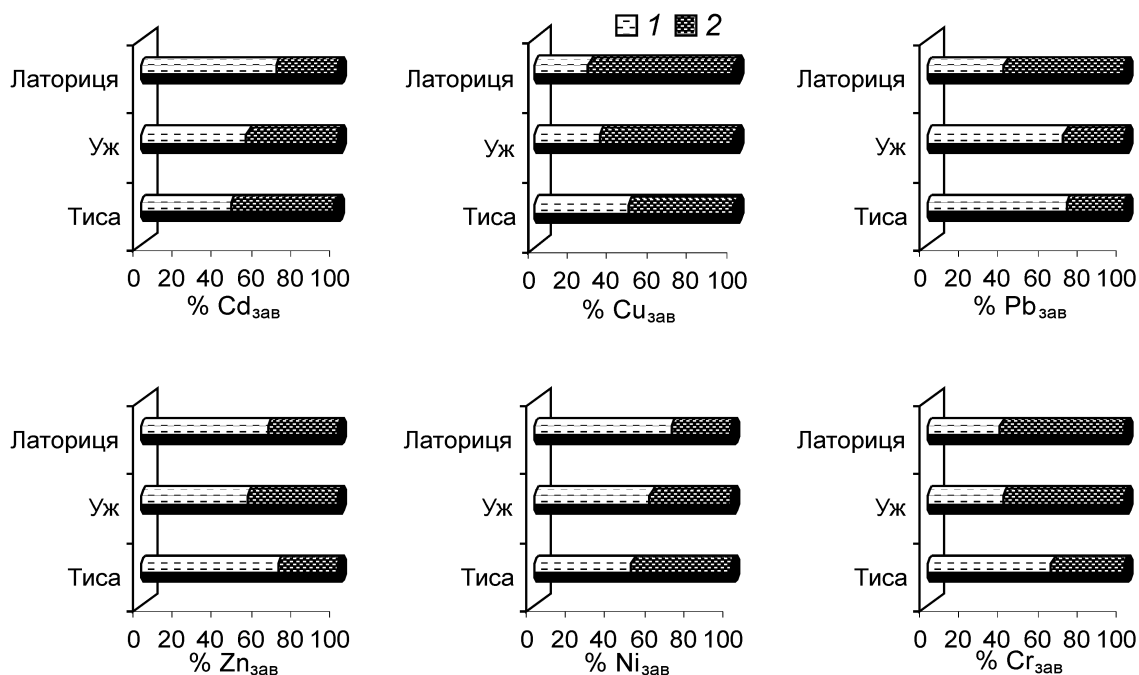


Рис. 2. Масова частка металів у складі фракцій ЗР залежно від способу їхнього вилучення (1 – «мокре» спалювання ЗР в суміші концентрованих кислот, 2 – гідротермальна обробка залишку ЗР після «мокрого» спалювання у сильно лужному середовищі)

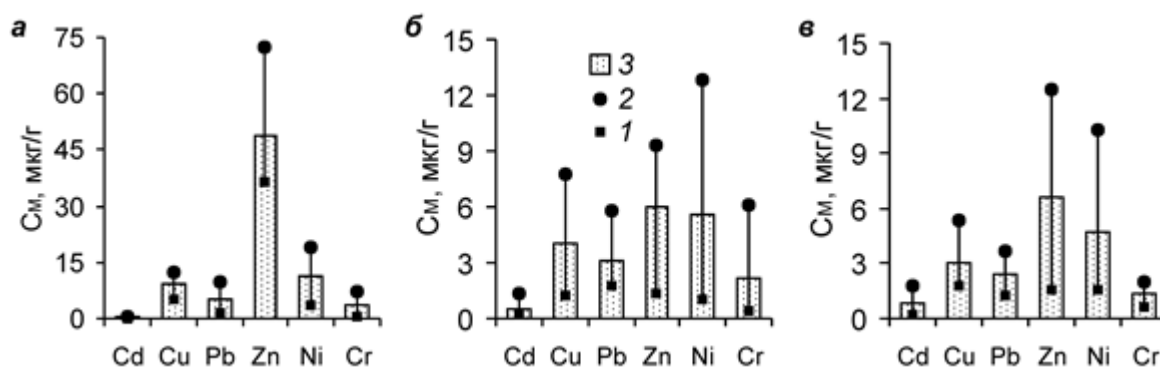


Рис. 3. Граничні (1, 2) та усереднені (3) величини вмісту металів у складі ДВ річок Тиса (а), Уж (б) і Латориця (в)

**Висновки.** Концентрація важких металів (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) у складі завислих речовин річок Тиса, Уж і Латориця знаходиться в широких межах та значно перевищує їхній вміст у донних відкладах (у середньому на порядок величин). Причина такої різниці зумовлена тим, що завислі речовини у воді зазначених річок представлені переважно тонкодисперсними частинками, тоді як донні відклади – грубодисперсними частинками піску і гравію з низьким вмістом металів. Саме розмір частинок істотним чином впливає на їхню адсорбційну здатність та накопичення металів у їхньому складі. Тонкодисперсні частинки завсі характеризуються найбільшою адсорбційною здатністю, що й зумовлює накопичення значно більших кількостей металів. Повне вилучення металів зі складу завислих речовин досягається після двохстадійної їхньої обробки спочатку в суміші концентрованих сульфатної і нітратної кислот (стадія «мокрого» спалювання), а потім після нагрівання залишку завсі в лужному середовищі (3,2 моль/дм<sup>3</sup> NaOH) в сталевому автоклаві з фторопластовим тиглем у муфельній печі до 230°C протягом 4,5–5 год

(стадія гідротермальної обробки). Залежно від зазначених способів вилучення металів із зависі було досліджено особливості їхнього розподілу між фракціями завислих речовин. Результати досліджень показали, що переважна частина Cd, Pb, Zn і Ni переходить в розчин на першій стадії обробки завислих речовин, тобто після «мокрого» спалювання. Тому можна стверджувати, що ці метали були адсорбовані на поверхні завислих речовин та входили до складу органічної складової зависі. Водночас, Cu і Cr домінували у складі мінеральних завислих речовин, знаходячись, ймовірно, у кристалічній ґратці останніх. Їхнє вилучення досягається лише за умови повного руйнування мінеральної зависі. Порівняно невеликий вміст завислих речовин у воді досліджуваних річок свідчить про домінування у їхньому складі тонкодисперсних частинок з високою адсорбційною здатністю щодо металів.

#### Список літератури

1. Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. Киев: Наук. думка, 1987. 164 с. 2. Пат. 107989 Україна, МПК<sup>51</sup> (2015.01) G 01 N 1/00, G 01 N 33/18, G 01 N 33/24 Спосіб двостадійної обробки проб завислих речовин і донних відкладів; винахідник: Линник П.М., Жежеря В.А., Дика Т.П.; власник Інститут гідробіології НАН України. № а 2013 05219; заяв. 23.04.2013; опубл. 10.03.15, Бюл. № 5. 3. Douglas G.B., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and concentration of suspended particulate matter in natural waters. Hydrological processes, 1993. Vol. 7. P. 177–191. 4. Farag A.M., Boese C.J., Woodward D.F., Bergman H.L. Physiological changes and tissue metal accumulation in rainbow trout exposed to foodborne and waterborne metals. Environ. Toxicol. Chem., 1994. Vol. 13, N 12. P. 2021–2029. 5. Juračić M., Vitturi L.M., Rabitti S., Rampazzo G. The role of suspended matter in the biogeochemical cycles in the Adige river estuary (Northern Adriatic Sea). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1987. Vol. 24. P. 349–362. 6. Karlsson S., Peterson A., Häkansson K., Ledin A. Fractionation of trace metals in surface water with screen filters. Sci. Total Environ., 1994. Vol. 149. P. 215–223. 7. Linnik P. M., Zubenko B. Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy metals compounds. Lakes and Reservoirs: Research and Management, 2000. Vol. 5, N . P. 11–21. 8. Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 270 p. 9. Pintilie S., Brânză L., Bețianu C. et al. Modelling and simulation of heavy metals transport in water and sediments. Environmental Engineering and Management Journal, 2007. Vol. 6, N 2. P. 153–161. 10. Pyle G.G., Swanson S.M., Lehmkuhl D.M. The influence of water hardness, pH, and suspended solids on nickel toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*). Water, Air, and Soil Pollution, 2002. Vol. 133. P. 215–226. 11. Ran Y., Fu J.M., Sheng G.Y., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and composition of colloidal and suspended particulate materials in rivers. Chemosphere, 2000. Vol. 41. P. 33–43. 12. Voitke P., Wellmitz J., Helm D. et al. Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. Chemosphere, 2003. Vol. 51. P. 633–642. 13. Weltens R., Goossens R., Van Puymbroeck S. Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*). Arch. Environ. Contam. Toxicol., 2000. Vol. 39. P. 315–323. 14. Zhezherya V.A., Linnik P.N., Zhezherya T.P., Skobley M.P. Methodical peculiarities of the preparation of samples of suspended matter and bottom sediments. Hydrobiol. J., 2016. Vol. 52, N 2. P. 83–100. 15. Zhu G.W., Ghi Q.Q., Qin B.Q., Wang W.M. Heavy metal contents in suspended solids of Meiliang Bay, Taihu Lake and its environmental significances. J. Environ. Sci., 2005. Vol. 17, N 4. P. 672–675.

#### References

1. Denisova A.I., Nakhshina Ye.P., Novikov B.I., Ryabov A.K. Donnyye otlozheniya vodokhranilishch i ikh vliyaniye na kachestvo vody. Kiyev: Nauk. dumka, 1987. 164 s.(in Russian). 2. Pat. 107989 Ukrayina, MPK51 (2015.01) G 01 N 1/00, G 01 N 33/18, G 01 N 33/24 Sposib dvostadiynoyi obrobky prob zavyslykh rehovyn i donnykh vidkladiv; vynakhidnyk: Lynnyk P.M., Zhezherya V.A., Dyka T.P.; vlasnyk Instytut hidrobiolohiyi NAN Ukrayiny. № а 2013 05219; zayav 23.04.2013; opubl. 10.03.15, Byul. № 5 (in Ukrainian). 3. Douglas G.B., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and concentration of suspended particulate matter in natural waters. Hydrological

processes, 1993. Vol. 7. P. 177–191. 4. Farag A.M., Boese C.J., Woodward D.F., Bergman H.L. Physiological changes and tissue metal accumulation in rainbow trout exposed to foodborne and waterborne metals. *Environ. Toxicol. Chem.*, 1994. Vol. 13, N 12. P. 2021–2029. 5. Juračić M., Vitturi L.M., Rabitti S., Rampazzo G. The role of suspended matter in the biogeochemical cycles in the Adige river estuary (Northern Adriatic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1987. Vol. 24. P. 349–362. 6. Karlsson S., Peterson A., Håkansson K., Ledin A. Fractionation of trace metals in surface water with screen filters. *Sci. Total Environ.*, 1994. Vol. 149. P. 215–223. 7. Linnik P. M., Zubenko B. Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy metals compounds. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 2000. Vol. 5, N . P. 11–21. 8. Osadchyy V., Nabyvanets B., Linnik P., Osadcha N., Nabyvanets Yu. Processes determining surface water chemistry. Switzerland: Springer International Publishing, 2016. 270 p. 9. Pintilie S., Brânză L., Bețianu C. et al. Modelling and simulation of heavy metals transport in water and sediments. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2007. Vol. 6, N 2. P. 153–161. 10. Pyle G.G., Swanson S.M., Lehmkuhl D.M. The influence of water hardness, pH, and suspended solids on nickel toxicity to larval fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Water, Air, and Soil Pollution*, 2002. Vol. 133. P. 215–226. 11. Ran Y., Fu J.M., Sheng G. Y., Beckett R., Hart B.T. Fractionation and composition of colloidal and suspended particulate materials in rivers. *Chemosphere*, 2000. Vol. 41. P. 33–43. 12. Voitke P., Wellnitz J., Helm D. et al. Analysis and assessment of heavy metal pollution in suspended solids and sediments of the river Danube. *Chemosphere*, 2003. Vol. 51. P. 633–642. 13. Weltens R., Goossens R., Van Puymbroeck S. Ecotoxicity of contaminated suspended solids for filter feeders (*Daphnia magna*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 2000. Vol. 39. P. 315–323. 14. Zhezherya V.A., Linnik P.N., Zhezherya T.P., Skobley M.P. Methodical peculiarities of the preparation of samples of suspended matter and bottom sediments. *Hydrobiol. J.*, 2016. Vol. 52, N 2. P. 83–100. 15. Zhu G.W., Ghi Q.Q., Qin B.Q., Wang W.M. Heavy metal contents in suspended solids of Meiliang Bay, Taihu Lake and its environmental significances. *J. Environ. Sci.*, 2005. Vol. 17, N 4. P. 672–675.

**Концентрация и особенности распределения тяжелых металлов среди различных фракций взвешенных веществ в реках бассейна Тисы в зависимости от способа их извлечения**

**Линник П.Н., Скоблей М.П., Жежеря В.А.**

Обобщены результаты исследований распределения тяжелых металлов (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) среди различных фракций взвешенных веществ в реках Тиса, Уж и Латорица в зависимости от способа их извлечения из состава последних. Показано, что стадия «мокрого» сжигания взвесей (первая стадия пробоподготовки) способствует извлечению определенной части металлов, адсорбированных на поверхности взвешенных частичек или находящихся в органической составляющей последних. На второй стадии пробоподготовки (гидротермальная обработка остатка взвешенных веществ) переходит в растворенное состояние та часть металлов, которая находится в кристаллической решетке минеральных взвешенных частичек. Выявлены особенности распределения исследованных металлов среди указанных фракций взвешенных веществ. Если большая часть Cd, Pb, Zn и Ni извлекается в процессе «мокрого» сжигания, то это не является характерным для Cu и Cr, переходящих в раствор лишь после гидротермальной обработки остатка взвеси. Установлено также, что концентрация тяжелых металлов в составе взвешенных веществ была значительно больше, чем их содержание в донных отложениях исследованных рек. Это обусловлено тем, что анализировались преимущественно тонкодисперсные взвешенные вещества со свойственной им высокой адсорбционной способностью относительно тяжелых металлов, а донные отложения были представлены грубодисперсными частицами с низким содержанием металлов.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, взвешенные вещества, фракции металлов, «мокрое» сжигание, гидротермальная обработка, реки бассейна Тисы.

**Концентрація та особливості розподілу важких металів між різними фракціями завислих речовин у річках басейну Тиси залежно від способу їхнього вилучення**

**Линник П.М., Скоблей М.П., Жежеря В.А.**

Узагальнено результати досліджень розподілу важких металів (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) між різними фракціями завислих речовин у річках Тиса, Уж і Латорица залежно від способу їхнього вилучення зі складу останніх. Показано, що стадія «мокрого» спалювання зависей (перша стадія



пробопідготовки) сприяє вилученню певної частини металів, що адсорбовані на поверхні завислих частинок або ж знаходяться в органічній складовій останніх. На другій стадії пробопідготовки (гідротермальна обробка залишку завислих речовин) переходить в розчинений стан та частина металів, яка знаходиться у кристалічній ґратці мінеральних завислих частинок. Виявлено особливості розподілу досліджуваних металів між зазначеними фракціями завислих речовин. Якщо більша частина Cd, Pb, Zn і Ni вилучається у процесі «мокрого» спалювання, то це не характерно для Cu і Cr, що переходять в розчин лише після гідротермальної обробки залишку завислі. Встановлено також, що концентрація важких металів у складі завислих речовин була значно більшою від їхнього вмісту у донних відкладах досліджуваних річок. Це зумовлено тим, що аналізувались переважно тонкодисперсні завислі речовини, яким притаманна висока адсорбційна здатність щодо важких металів, а донні відклади були представлені ґрубодисперсними частинками з низьким вмістом металів.

**Ключові слова:** важкі метали, завислі речовини, фракції металів, «мокре» спалювання, гідротермальна обробка, річки басейну Тиси.

### **Concentration and features of heavy metal distribution among various fractions of suspended solids in the rivers of the Tisza River basin depending on the method of their extraction**

**Linnik P.N., Skoblej M.P., Zhezherya V.A.**

The results of studies of the distribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb, Zn, Ni, Cr) among various fractions of suspended solids in the Tisa, Uzh and Latoritsya rivers depending on the method of their extraction from the its are generalized. It is shown that the stage of "wet" combustion of suspended solids (the first stage of sample preparation) promotes extraction of the certain part of metals which are adsorbed on the surface of suspended particles or being in its organic component. At the second stage of sample preparation (hydrothermal processing of the residue of suspended solids), the part of metals that is in the crystal lattice of mineral suspended particles passes into a dissolved state. The features of the distribution of the investigated metals among these fractions of suspended solids are revealed. If the majority of Cd, Pb, Zn and Ni is taken due to wet combustion, this is not characteristic of Cu and Cr, passing into the solution only after hydrothermal treatment of the suspension rest. It was also established that the concentration of heavy metals in suspended solids was significantly greater than their content in the bottom sediments of the investigated rivers. This is due to the fact that mostly finely dispersed suspended solids were analyzed with their inherent high adsorption capacity concerning heavy metals, and bottom sediments were represented by coarsely dispersed particles with a low metal content.

**Keywords:** heavy metals, suspended solids, metal fractions, "wet" combustion, hydrothermal processing, rivers of the Tisza River basin.

**Надійшла до редколегії 12.09.2018**

УДК [556.114:556.55](285.2)(477.82)

**Морозова А.А.**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев

### **СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФОРМ АЗОТА И ФОСФОРА В ВОДОЕМАХ ШАЦКОГО НПП**

**Ключевые слова:** Шацкий НПП, неорганические формы азота (аммонийный, нитратный и нитритный), фосфат-ионы, сезонная динамика.

**Введение.** На территории Украины расположено много озерных систем. Но, без сомнения, именно Шацкие озера, как одна из наибольших озерных систем Европы и водная составляющая Шацкого Национального Природного Парка, вызывают особенный интерес. Шацкий Национальный Природный Парк (НПП) был основан в 1983 г. с целью сохранения уникального озерного комплекса, а также редких видов растительного и животного мира, ареалом проживания которых является данный регион. Основная часть парка расположена на водоразделе рек Западный Буг и Припять. Главный Европейский водораздел, проходящий здесь, отделяет озера от р. Припять, в связи с чем, они относятся уже не к бассейну р.