

DOI 10.15589/jnn20160317  
УДК 502.51:504.5  
Т76

## ASSESSMENT OF HEAVY METAL RIVER INGULETS SURFACE WATER POLLUTION

### ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД р. ІНГУЛЕЦЬ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

**Ganna G. Trokhymenko**  
antr@ukr.net  
ORCID: 0000-0002-0835-3551

**Nina V. Tsyhanyuk**  
ninarichy@inbox.ru  
ORCID: —

**Г. Г. Трохименко,**  
канд. біол. наук, доц.<sup>1</sup>

**Н. В. Циганюк,**  
інженер<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

<sup>2</sup>*Department of CSE «Mykolayivvodokanal», Mykolaiv*

<sup>1</sup>*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

<sup>2</sup>*Відділ розвитку МКП «Миколаївводоканал», м. Миколаїв*

**Abstract.** The low efficiency of implemented targeted programs to reduce the anthropogenic impact on hydroecosystem and overcoming its negative consequences demand a search for the optimal evidence reasonable decisions to improve the quality of Ingul river water basin for different economic sectors of water resources and the required number and suitable quality. Methodical bases of such research must be based on a detailed and comprehensive study of the hydrochemical regime and surface water quality. The aim of this work is to study the quality of the Ingulets river basin surface water lower part, which flows through the Mykolayiv region territory. A method for the preparation of samples for determining the metal concentration by the technique of atomic absorption spectrophotometry «С - 115M1» is developed. The level of concentration of heavy metals in Ingulets is defined. These results indicate that the priority pollutants in this territory is Mn and Pb. There are considerable variations of sampling points concentration distribution.

**Keywords:** heavy metals; water ecosystem; river Ingulets.

**Анотація.** Розглянуто проблему накопичення важких металів у поверхневих водах річки Інгулець. Розроблений метод підготовки проб для встановлення концентрації металів на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С - 115M1. Встановлено рівень концентрацій важких металів у воді р. Інгулець.

**Ключові слова:** важкі метали; водна екосистема; річка Інгулець.

**Аннотация.** Рассмотрена проблема накопления тяжелых металлов в поверхностных водах реки Ингулец. Разработан метод подготовки проб для определения концентрации металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре С - 115M1. Выявлен уровень концентраций тяжелых металлов в Ингулеце.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы; водная экосистема; река Ингулец.

## REFERENCES

- [1] Bahrii I. D., Bilous A. M., Vylku Yu. G., Gozhyk P. F. *Dosvid kompleksnoi otsinky ta kartohrafuvannia faktoriv tekhnogenoho vplyvu na pryrodne seredovyshche mist Kryvoho Rohu ta Dniprodzerzhynska* [Experience of comprehensive assessment and mapping factors of anthropogenic impact on the environment of Kryvyi Rig and Dniprodzerzhynsk]. Kyiv, Feniks Publ., 2000. 108 p.
- [2] Bahrii I. D., Blinov P. V., Bielokopytova N. A. *Heoekologichni problemy Kryvorizkoho baseinu v umovakh restrukturyzatsii hirnychodobuvnoi haluzi* [Krivoy Rig basin geoenvironmental problems in terms of restructuring the mining industry]. Kyiv, Feniks Publ., 2002. 190 p.
- [3] Busko Ye. G., Sidorovich Ye. A., Rupasova Zh. A. *Tekhnogennoe zagryaznenie lesnykh ekosistem Belarusi* [Belarus ecosystem industrial pollution forest]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1995. 319 p.
- [4] Gaydidey S. I. *Ekologicheskaya situatsiya v Dnepropetrovskoy oblasti. Problemy i resheniya* [The environmental situation in the Dnipropetrovsk region. Problems and solutions]. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost* [Metallurgical and Mining Industry]. 2000, no. 5. Pp. 105–108.

- [5] *Geologichne seredovyshhe antropogennoi ekosystemy: sprobа ocinky i formuvannya problemy na prykladi Kryvorizhzhya* [The geological environment of human ecosystem: an attempt to assess the problems and the formation of the example Kryvorizhzhya]. NAN Ukrayiny, Nacz. Ekocentr Ukrayiny, Kryvorizkyj viddil, Kryvyj Rig, 2001. 96 p.
- [6] Shpak M. V. *Pryrodno-resursnyi potentsial Dnipropetrovskoi oblasti v umovakh antropogennoho presynhu* [Natural resource potential of Dnepropetrovsk region in conditions of anthropogenic pressure] Avtoref. dys. kand. geogr. nauk: 11.00.11 [Extended abstract of candidate's thesis 11.00.11]. Kharkiv, Khark. nac. un-t im. V. N. Karazina, 2001. 20 p.
- [7] Ivanchenko V. V., Zhuravel N. R., Nesterenko T. P. *Mineraly zaliza v suchasnomu osadku r. Inhulets* [Minerals iron in recent Ingulets river settlement]. *Hirnychiy visnyk* [Mining Bulletin], 2009, no. 10. 53–57 p.
- [8] Mayakov I. D., Gulyak A. I. *Geologo-ekologicheskie issledovaniya territorii Krivorozhskogo baseyna masshtaba 1:50000* [Geological and Environmental Studies of Kryvoy Rog basin territory scale 1: 50000] *Otchet Krivorozhskoy KGP o rezultatakh robot, vypolnennykh v 1990–1997 gg.* [Krivoy Rog CHP report on the results of work performed in 1990–1997]. Krivoy Rog, Fondy Krivorozhskoy KGP Publ., 1998, 510 p.
- [9] Maiakov I. D. *Ekolohichna otsinka stanu heolohichnoho seredovyshcha. Netraditsiini ekolohichni problemy Kryvbasu* [Environmental assessment of the geological environment. Kryvbas nonconventional environmental problems]. Kryvyi Rih, 2001. 60 p.
- [10] Tyazhelye metally v donnoy faune okeanov [Heavy metals in benthic fauna of the oceans]. *Tezisy XVI Mezhdunarodnoy konferentsii po morskoy geologii «Geologiya morey i okeanov»* [Proc. of the XVI International Conference on Marine Geology «Geology of the oceans and seas.». Moscow, 2005, vol. I, pp. 274–275.
- [11] Gardea-Torresdey J. L., Gardea-Torresdey L., Polette L., Arteaga S., Tiemann K. J., Bibb J., Gonzalez J. H. Determination of the content of hazardous heavy metals on Larreatridentata grown around a contaminated area. *Proceedings of the Eleventh Annual EPA Conf. On Hazardous Waste Research, Albuquerque, NM, 1996, 660 p.*
- [12] Meagher R. B. *Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants, C. Op. In Plant Biol.*, 2000, no. 3., pp. 153–162.

#### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Річка Інгулець та її притоки є основним джерелом, що живить схід Кіровоградської та захід Дніпропетровської області, південно-східні райони Миколаївської та частину Херсонської області і відіграє важливу роль для господарсько-питних та сільсько-господарських потреб, промисловості тощо.

Річка Інгулець та її притоки в значній мірі забруднені органічними речовинами, металами, фенолами, нафтопродуктами тощо за всією її довжиною, від витоків до устя. Важливим і необхідним є дослідження впливу важких металів на рівні біоценозів та екосистем, а також застосування відповідних заходів для очищення їх від забруднень, оскільки надлишкова доза важких металів типу Cd (II), Cr (VI), Cu(II), Ni (II), і Zn (II) руйнують природні водні та наземні екосистеми та відбувається їхня міграція та накопичення за ланцюгами живлення [9, 10].

Води, що залягають в алювіально-делювіальній товщі долини р. Інгулець та балок, містяться у гравійно-пісчаних, супісчаних та глинисто-суглинистих відкладах. Горизонт — безнапірний, гідравлічно взаємозв'язаний із рудно-кристалічною товщею, тим самим утворюючи у річці єдиний водоносний комплекс. Потужність горизонту досягає 22 м. Коефіцієнт фільтрації — від 1,0 до 15 м/добу. Мінералізація вод змінюється у межах 0,7–16 г/л. Областю розвантаження являється річка Інгулець.

#### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивченням гідрохімічного режиму нижньої течії р. Інгулець та якості поливної води здійснювали фахівці Інституту гідробіології НАН України та Інституту гідротехніки і меліорації УААН. На сьогоднішній день відомчими організаціями і підприємствами проводяться гідрохімічні роботи з вивчення екологічного стану поверхневих вод басейну р. Інгулець. Проте, слід зазначити, що більшість досліджень проводились на регіональному або локальному рівнях, що унеможливує виявлення особливостей функціонування цілісної гідроекосистеми, яка обмежується річковим водозбором.

З 1995 по 2006 р. Інститутом геологічних наук НАН України було проведено цілий комплекс робіт з дослідження геоекологічної ситуації в межах Кривбасу. Особливу увагу було приділено вивченню екологічного стану гідроекосистеми. Основні результати досліджень викладені в низці публікацій [1, 2].

Вихідними даними (рис. 1) для вивчення гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод басейну р. Інгулець є матеріали багаторічних спостережень Державної гідрометеорологічної служби України за забрудненням поверхневих вод, результати моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України, низка літературних джерел і дані власних натурних та лабораторних досліджень.

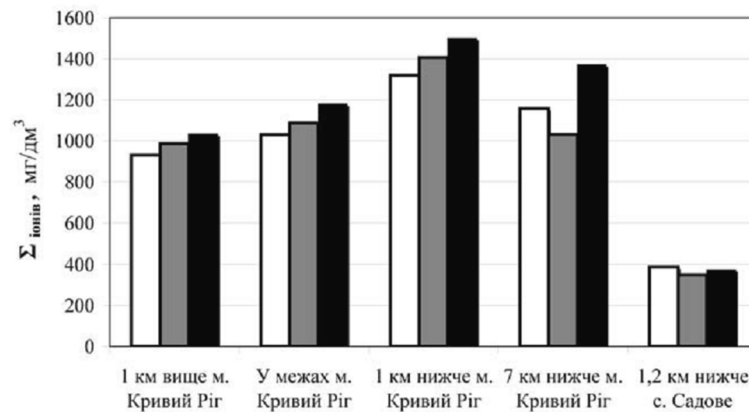


Рис. 1. Сезонний розподіл середніх багаторічних значень мінералізації води (мг/дм<sup>3</sup>) р. Інгулець за довжиною:

□ — весняна повінь; ■ — літньо-осіння; ■ — зимова межень

**МЕТА РОБОТИ** — оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець на нижній її ділянці, яка протікає по території Миколаївської області, за рівнем накопичення важких металів.

#### ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Антропогенне навантаження Північного Причорномор'я стрімко зростає протягом останніх десятиріч, при цьому найважливішу роль відіграють гірничо-видобувні регіони. Тому проблема наслідків антропогенного навантаження на гідросистему річок та прилеглої території викликає інтерес сучасних дослідників.

Річка Інгулець віднесена до каталогу основних річок України і являється найбільшою правою притокою нижньої течії головної водної артерії України — річки Дніпро. Річкова мережа добре розвинена у верхній частині басейну, де знаходяться майже всі основні притоки. Саме у верхів'ї формується 80% сумарного стоку річки. Основним джерелом забруднення підземних вод на території Кіровоградської області є підприємства енергетичної, вугільної, залізорудної, металургійної та легкої промисловостей [8].

Основою народно-господарського комплексу Криворізького басейну є залізорудна промисловість, яка базується на одному з найбільших у світі родовищ. Її діяльність стрімко і незворотно погіршує екологічну ситуацію в Південному регіоні. Серед металургійних відходів, що забруднюють довкілля, домінують шлаки доменного і сталеплавильного виробництва, обсяги накопичення яких зростають за відсутності технологій комплексної переробки вторинної металургійної сировини. Вони складаються на родючих землях, відчужених під металургійні відвали у південно-східній ділянці території Південногірничо-металургійного комплексу, і мають значний вплив на навколишнє середовище [4, 5].

Доменні шлаки збагачені манганом і кремнієм. Сталеплавильні шлаки містять підвищені концентрації хрому, мангану, нікелю, цинку і кобальту, які не тільки вище фонових, але й часто перевищують ГДК для ґрунтів [ГОСТ 17.4.1.02-83].

У результаті хімічні сполуки та елементи шлаку потрапляють у середовище існування людини (воду, ґрунти, повітря) у кількостях, які набагато перевищують фонові рівні, а часто і гранично допустимі концентрації [5].

Металургійний шлак та продукти його переробки і збагачення розповсюджуються у навколишньому середовищі, змішуються з продуктами вивітрювання гірських порід і руд. Їх визначення у складі річкових, озерних осадків, ґрунтів має важливе наукове і практичне значення [7].

Аналіз стану забруднення ґрунтів, проведених у роботі [9] засвідчує існування аномалій плумбуму, цинку, хрому і інших важких металів. Відзначається, що забруднення ґрунтів важкими металами, в основному, пов'язане з діяльністю Криворізького металургійного комбінату, де в технологічному процесі використовуються такі елементи, як хром, нікель, кобальт, цинк та ін. Вивчення відходів виробництва показало, що вони є джерелом постачання токсичних хімічних елементів у ґрунти, донні відклади, а подекуди — в поверхневі і ґрунтові води. Важкі метали у воді більш інертні і швидше випадають у донні відклади, не утворюючи водних сполук. Тому вони зустрічаються в набагато більших концентраціях у ґрунті, ніж у поверхневих водах. Великий вміст важких металів у ґрунтах сприяє розповсюдженню їх на глибину — в зону дії ґрунтових вод [6].

Описувана територія знаходиться у басейні р. Інгулець, а саме місто Кривий Ріг розташоване на лівому березі р. Інгулець та вздовж устьової частини р. Саксагань.

Режим досліджуваної ділянки річки зазнає впливу від роботи греблі КРЕС (Криворізька електростанція) нар. Саксагань, Карачунівського водосховища на р. Інгулець, забору води на зрошення та водопостачання,

а також скидання шахтних та кар'єрних вод через русло р. Саксагань та прилеглі до р. Інгулець балки.

Для поверхневих та підземних вод досліджуваного району (рис. 1) характерна висока мінералізація та жорсткість води. Це обумовлено природно-географічними умовами — засоленістю лесів та червоно-бурих глин, які їх підстилають.

Перший етап досліджень стану р. Інгулець проводився з 19-го червня по 4-те липня 2012 року, який включав в себе:

- відбір проби;
- розробку оригінальної методики з отримання якісного розчину для роботи на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115-М1;
- встановлення концентрації важких металів (Ni, Cu, Pb, Mn) у зразках води, водоростей, гідробіонтах (карась сріблястий) та донних відкладеннях.

Пробовідбір проводився в нижній частині течії р. Інгулець рис. 2.

Важкі метали можуть бути поширені на усій території або більшою мірою локалізуються на окремих «острівцях» екосистеми. Це залежить від різних природних і антропогенних факторів: наявності важких металів у материнській породі ґрунту, привнесення їх з інших територій за посередництвом води при вимиванні з ґрунтів інших екосистем, наявності на території промислових підприємств, доріг, населених пунктів та ін. [11].

Гідротермальні донні угруповання адаптувалися до виживання в екстремальних умовах гранично високих концентрацій відновлених сполук сірководню, метану, водню, а також цілого ряду важких металів, регулюючи рівні внутріклітинного вмісту металів шляхом виділення і (або) перетворення іонів металів в їх нетоксичні форми. Встановлено, що деякі види організмів, які належать до цих унікальних екосистем, наприклад, вестиментифера (*Riftiarchyptila*),



**Рис. 2.** Карта-схема району досліджень:  
1 — м. Снігурівка; 2 — с. Безіменне; 3 — с. Афанасіївка; 4 — с. Нововасилівка; 5 — с. Романове-Булгакове; 6 — с. Баратівка; 7 — с. Новотимофіївка; 8 — с. Олександрівка

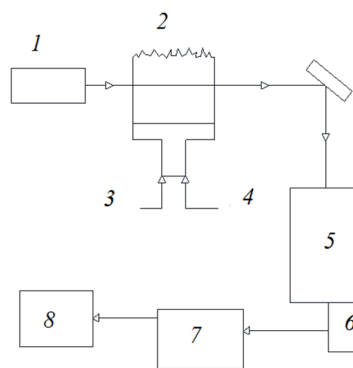
можуть накопичувати в 5–100 разів більше свинцю, заліза, міді, ніж інші організми [10].

В даному випадку, для встановлення концентрацій в поверхневих водах р. Інгулець, використовували атомно-абсорбційний аналіз (ААА). Це метод визначення мікрокількостей речовин у складних багатокомпонентних системах і об'єктах; найбільш широко вживаний метод аналізу, який динамічно та потужно розвивається в наш час. В ньому поєднана висока чутливість визначення, достатня селективність, можливість визначення великої групи елементів з однієї підготовленої проби, а також порівняно невисока вартість апаратури та аналізів [3].

Прилади для атомно-абсорбційного аналізу — атомно-абсорбційні спектрометри — прецизійні високоавтоматизовані пристрої, що забезпечують відтворюваність умов вимірювань, автоматичне введення проб і реєстрацію результатів вимірювання.

В деякі моделі вбудовані мікроЕОМ. На рис. 3 наведена схема спектрометру С-115М1, за допомогою якого визначаються концентрації важких металів у досліджуваних зразках проб. Джерелом лінійного випромінювання в спектрометрах найчастіше служать одноелементні лампи з порожнистим катодом, що заповнюються неоном. Для визначення деяких легколетючих елементів (Cd, Zn, Se, Ti й ін) зручніше користуватися високочастотними безелектродними лампами [3].

Відбір проб регламентується вимогами ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Загальні вимоги до відбору проб». В різних точках відбору проб стан води відрізняється. У місцях відбору зразків під номерами 1–4 (м. Снігурівка, с. Безіменне, с. Афанасіївка, с. Нововасилівка, відповідно) колір води — темно-коричневий і вода досить каламутна. В пунктах № 5 та 6 (с. Романове-Булгакове та с. Баратівка) вода має слабо виражений коричневий колір, слабо каламутна.



**Рис. 3.** Принципова схема полум'яного атомно-абсорбційного спектрометра:

1 — джерело первинного випромінювання; 2 — атомізатор; 3 — введення проби; 4 — введення горючих газів; 5 — оптична дисперсійна система; 6 — детектор; 7 — збирання і обробка даних; 8 — принтер

Проте, в точках № 7 і 8 (с. Новотимофіївка і Ново-олександрівка) вода прозора. Всі проби відбиралися на відстані 2–4 м від берега у верхніх шарах річки за допомогою сталевого нержавіючого пробовідбірника. У всіх пробах спостерігався осад.

Всі дослідження проводились на базі Екологічної лабораторії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. У лабораторних умовах за допомогою мірної пробірки відміряли по 250 мл кожної проби. Завислі частинки відділяли від фільтрату за допомогою паперового фільтру «синя стрічка» через скляну воронку. Відміряну кількість води переливають в пронумеровані фарфорові чаші та додають по 1 мл концентрованої азотної кислоти. Випарюємо проби на електронній печі до 25 мл. Потім доводимо до 50 мл дистильованою водою, перемішуємо і фільтруємо через паперовий фільтр та аналізуємо на приборі ААС. Результати досліджень вказані в табл. 1. За аналізами проб води на вміст важких металів (Pb, Mn, Ni, Cu) пріоритетними токсикантами є марганець та свинець, які за деякими точками пробовідбору у десятки разів перевищують допустимі значення.

Проте, порівнюючи отримані дані з результатами попередніх досліджень стану р. Інгулець, можна сказати, що середнє значення концентрацій важких

металів у нижній частині даного водного об'єкту (Cu (0,269 мг/дм<sup>3</sup>)) значно нижчі від концентрації у її верхів'ї (Cu (5,0 мг/дм<sup>3</sup>)). Тут хімічний склад р. Інгулець формується здебільшого під впливом дніпровських вод, що надходять антирікою на 75 км вверх по руслу. Якість річкових вод в цій зоні знову набуває допустимої якості (води чисті) та активно використовується для забезпечення потреб різних галузей господарства.

Аналізуючи літературні дані можна відзначити, що акумуляція більшості важких металів корелює з їх вмістом у середовищі, тобто при підвищенні концентрації збільшується їх вміст у водних організмів. На рис. 4 показана динаміка розповсюдження важких металів у водній екосистемі.

Перевищення значень ГДК за концентрацією свинцю у воді в стабілізаційний період свідчить про його накопичення гідробіонтами та водоростями і поступову міграцію при розкладанні живої речовини. Його концентрації під час скидів промислових вод зростали ще більше, порівняно зі стабілізаційним періодом, у 8–9 разів. Проте, як показали дослідження, значна частина свинцю знаходилася у формі комплексних сполук з органічними речовинами, що знижує токсичну дію на іхтіофауну водойм.

Таблиця 1. Результати атомно-абсорбційного аналізу концентрацій ряду важких металів

№ п/п	Назва проби	Концентрація важких металів, мг/дм <sup>3</sup>			
		Pb	Mn	Ni	Cu
1	м. Снігурівка	2,6946	0,66175	0,27965	0,27578
2	с. Безіменне	3,07299	0,92757	0,30549	0,26314
3	с. Афанасіївка	3,99332	0,82779	0,1763	0,26314
4	с. Нововасилівка	3,83652	0,97119	0,3141	0,26314
5	с. Романове-Булгакове	3,19229	0,89153	0,13324	0,26845
6	с. Баратівка	3,71722	0,79509	0,26243	0,26314
7	с. Новотимофіївка	3,22979	0,72884	0,15621	0,26314
8	с. Олександрівка	3,70018	1,28819	0,32272	0,26314
9	ГДК для водойм госп.-побут. використання	0,03	0,1	0,1	0,1

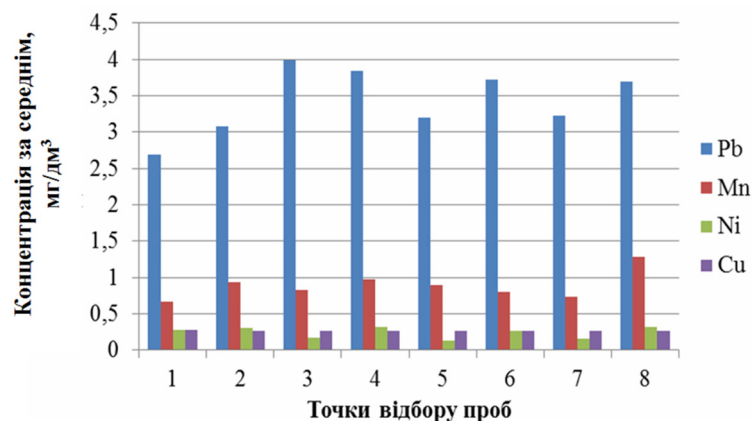


Рис. 4. Концентрацій важких металів у воді

Отже, загальний високий рівень концентрації важких металів у воді свідчить, що стан гідроекосистеми р. Інгулець наближується до критичного. Подальші визначення рівня накопичення важких металів у гідро біонтах, водоростях та донних відкладеннях були підтвердженням загального незадовільного стану досліджуваної водойми.

**ВИСНОВКИ.** 1. Гідроекологічний стан басейну р. Інгулець формується у результаті складної взаємодії та комплексного впливу природних і антропогенних факторів. Низька ефективність реалізованих цільових програм зі зменшення антропогенного впливу на гідроекосистему та подолання його негативних наслідків потребує пошуків оптимальних науково-обґрунтованих рішень щодо покращення якості річкових вод басейну Інгульця для забезпечення різних

галузей господарства водними ресурсами необхідної кількості та відповідної якості. Методичні основи таких досліджень мають ґрунтуватись на детальному і комплексному вивченні гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод.

2. Отримані результати вказують на те, що пріоритетними забрудниками води на даній території є марганець та свинець. Спостерігається значна варіація їх концентрацій за точками пробовідбору.

3. Проведені дослідження рівня накопичення важких металів у воді нижньої частини басейну річки Інгулець, що протікає по території Миколаївської області, показали, що середня концентрація свинцю, нікелю, марганцю та міді складає 3,4; 0,89; 0,24; 0,25 мг/дм<sup>3</sup>, відповідно. Усі показники перевищують значення ГДК, що вказує на незадовільний стан гідроекосистеми річки.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Багрій, І. Д.** Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська [Текст] / І. Д. Багрій, А. М. Білоус, Ю. Г. Вилку, П. Ф. Гожик. — К. : Фенікс, 2000. — С. 107.
- [2] **Багрій, І. Д.** Геоєкологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі [Текст] / І. Д. Багрій, П. В. Блінов, Н. А. Белокопитова та ін. — К. : Фенікс, 2002. — С. 190.
- [3] **Бусько, Е. Г.** Техногенное загрязнение лесных экосистем Беларуси [Текст] / Е. Г. Бусько, Е. А. Сидорович, Ж. А. Рупасова. — Минск : Наука и техника, 1995. — С. 319.
- [4] **Гайдидей, С. И.** Экологическая ситуация в Днепропетровской области. Проблемы и решения [Текст] / С. И. Гайдидей // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2000. — № 5. — С. 105–108.
- [5] Геологічне середовище антропогенної екосистеми: спроба оцінки і формування проблеми на прикладі Криворіжжя [Текст] / НАН України, Нац. Екоцентр України, Криворізький відділ. — Кривий Ріг, 2001. — С. 96.
- [6] Природно-ресурсний потенціал Дніпропетровської області в умовах антропогенного пресингу: Автореф. Дис. канд. геогр. наук: 11.00.11. / М. В. Шпак ; Харьк. нац. ун-т ім. Каразіна. — Харків, 2001. — 20 с. — укр.
- [7] **Іванченко, В. В.** Мінерали заліза в сучасному осадку р. Інгулець [Текст] / В. В. Іванченко, Н. Р. Журавель, Т. П. Нестеренко // *Гірничий вісник*, 2009. — № 10. — С. 53–57.
- [8] **Маяков, И. Д.** Геолого-экологические исследования территории Криворожского бассейна масштаба 1:50000: Отчет Криворожской КГП о результатах работ, выполненных в 1990–1997 гг. [Текст] / И. Д. Маяков, А. И. Гуляк [и др.]. — Фонды Криворожской КГП, Кривой Рог, 1998. — 510 с.
- [9] **Маяков, И. Д.** Екологічна оцінка стану геологічного середовища [Текст] / І. Д. Маяков // *Нетрадиційні екологічні проблеми Кривбасу: [за ред. І. М. Малахова]*. — Кривий Ріг, 2001. — С. 60.
- [10] Тяжелые металлы в донной фауне океанов [Текст] // Тезисы XVI Международной конференции по морской геологии «Геология морей и океанов». — М., 2005. — Т. I. — С. 274–275.
- [11] **Gardea-Torresdey, J. L.** Determination of the content of hazardous heavy metals on *Larreatridentata* grown around a contaminated area [Text] / J. L. Gardea-Torresdey, L. Polette, S. Arteaga, K. J. Tiemann, J. Bibb, J. H. Gonzalez // *Proceedings of the Eleventh Annual EPA Conf. On Hazardous Waste Research / Albuquerque, NM.* — 1996. — P. 660.
- [12] **Meagher, R. B.** Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants [Text] / R. B. Meagher // *C. Op. In Plant Biol.* — 2000. — № 3. — P. 153–162.

© Г. Г. Трохименко, Н. В. Циганюк  
Надійшла до редколегії 29.06.2016

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК  
д-р техн. наук, проф. *М. І. Радченко*