

Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.  
Серія 20. Біологія. – 2013. – випуск 5. – С. 142 – 149

УДК 504:574.2

**І.Б. Грюк, І.Л. Суходольська**

Тернопільський національний педагогічний  
університет імені В. Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

## **ДИНАМІКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У МАЛИХ РІЧКАХ РІВНЕНЩИНИ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕСНЯНИЙ ПЕРІОД**

*Антропогенне забруднення, важкі метали, вода, малі річки, Рівненщина.*

Вода річок є складною динамічною системою, що знаходиться в тісному зв'язку з навколишнім середовищем і отримує з нього переважну кількість хімічних сполук. Джерелами їх надходження є породи, ґрунти та ґрунтові води. Концентрація кожного елемента у воді визначається його хімічними властивостями, розчинністю сполук, здатністю утворювати комплексні сполуки та колоїдні розчини. Вміст хімічних елементів у природних водах та інтенсивність їх міграції залежать від фізико-географічних умов на водозбірних площах. До них можна віднести: температурний режим, кількість опадів, характер їх розподілу, геологічні умови, літологічний склад ґрунтоутворюючих порід, водопроникність ґрунтів, ґрунтово-рослинні умови і склад ґрунтів. Останнім часом до кризового зменшення самовідтворюючих можливостей малих річок, виснаження їх водноресурсного потенціалу та зміни гідрохімічного режиму призвело надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти [21]. Підвищився рівень їх забруднення різними за природою та концентрацією політантами, в тому числі й іонами важких металів (ВМ) [4]. Саме ВМ через їх високу токсичність і здатність навіть за невисоких концентрацій чинити мутагенний та канцерогенний вплив на живі організми є найбільш небезпечними хімічними компонентами води малих річок [10, 13]. Такі мікроелементи, як мідь, марганець, цинк і кобальт є постійними компонентами природних вод Рівненщини. Їх міграційна здатність значною мірою залежить від вмісту елементів у ґрунтоутворюючих породах зон і від клімату. Вміст ВМ у річках певною мірою залежить від шляхів їх потрапляння, а також змінюється посезонно впродовж року [1]. Суттєвий вплив на концентрацію ВМ у воді створюють рівень концентрації водневих іонів (рН), наявність зависів, органічних сполук, швидкість розвитку рослин та фітопланктону, деякою мірою швидкість течії, стічні води промислових підприємств та комунальних господарств, поверхневий стік територій населених пунктів, промислових об'єктів, транспортних шляхів і сільськогосподарських угідь та інші фактори [5, 6, 8, 10, 17].

З огляду на зазначене, *метою дослідження* є визначення середньомісячного вмісту ВМ у воді малих річок Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження та співставлення цих даних з фоновими показниками і значеннями ГДК, а також встановлення факторів, що визначають вміст та форму знаходження металів у воді.

## Матеріал і методика досліджень

Об'єктом дослідження були водні екосистеми малих річок Рівненської області з різним рівнем антропогенного навантаження. У складі Рівненської області було умовно виділено 4 типи територій, що відрізняються за рівнем антропогенного навантаження: рекреаційна, аграрна, урбанізована та техногеннотрансформована території.

У зв'язку з тим, що до основних об'єктів природно-заповідного фонду Рівненщини належить регіональний ландшафтний парк «Прип'ять-Стохід», розташований у Зарічненському районі, за рекреаційну територію було обрано Зарічненський район Рівненської області. Оскільки найбільш розораними є південні райони області, до числа яких входить і Дубенський, останній було віднесено до аграрної території. За урбанізовану територію було прийнято м. Рівне, за техногеннотрансформовану - Здолбунівський район, в якому зосереджено найбільші підприємства Рівненщини (ВАТ «Укрцемремонт» та ВАТ «Здолбунівський ремонтно-механічний завод»).

Проаналізовано 48 проб води малих річок Рівненщини, відібраних у весняний період впродовж квітня-травня 2012 р. Зразки води було відібрано по різних створах Рівненщини відповідно до рівня антропогенного навантаження території. Проби води відбирали з середини річки з поверхневого горизонту водойм з глибини 0,5-0,7 м за допомогою пластикових пробовідбірників об'ємом 1 дм<sup>3</sup>. Воду фільтрували через мембранний фільтр з діаметром пор 0,45 мкм, концентрували у 10 разів і визначали вміст ВМ методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-115 М1 при відповідних довжинах хвиль, які відповідали максимуму поглинання кожного з досліджених металів згідно зі стандартними методиками [14]. рН води визначали за допомогою іономіра ЕВ-74, вміст кисню у воді - за допомогою киснеміра АЖА-101М.

Статистичне опрацювання одержаних даних здійснювали за методом [9, 16].

## Результати дослідження та їх обговорення

**Вміст ВМ у поверхневих водах Рівненщини.** Порівняння середнього вмісту 8 біогенних елементів – важких металів (Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Co, Ni) у воді малих річок екосистем Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження у весняні місяці 2012 року (квітень і травень) наведено на рис. 1. Відповідні стандартні фонові показники вмісту ВМ та значення їх ГДК (господарсько-питтєве та культурно-побутове, а також рибогосподарське) у воді наведено у табл. 1.

*Таблиця 1*

Стандартні фонові показники та допустимі концентрації важких металів у воді водних об'єктів

Біогенні елементи – важкі метали	Концентрація, мг/дм <sup>3</sup>		
	Фонові показники [15]	ГДК [7]	
		Господарсько-питтєве та культурно-побутове	Рибогосподарське
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Fe	0,1	0,3	0,1
Zn	0,015	1,0-5,0	0,01
Cu	0,002	0,1-0,5	0,001-0,01
Mn	0,1	0,1	0,01

1	2	3	4
Pb	0,003	0,03-0,1	0,03-0,1
Cd	0,0001	0,01	0,005
Co	0,008	1,0	0,01
Ni	0,003	0,1	0,0002

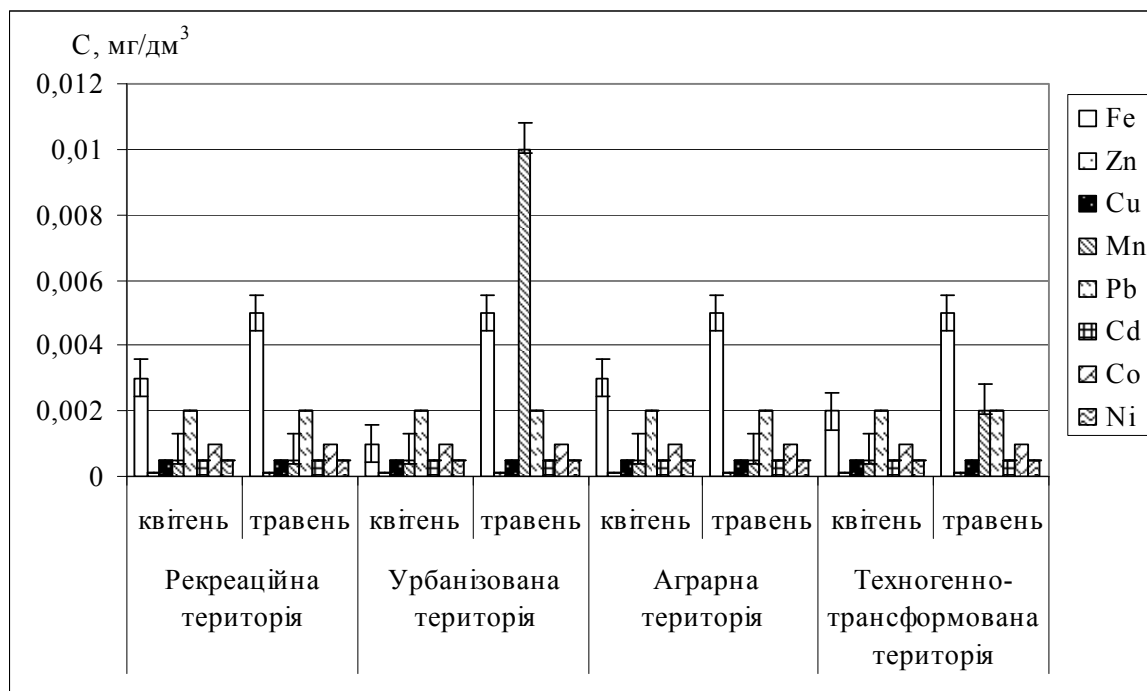


Рис. 1 Порівняння середнього вмісту деяких важких металів у воді малих річок екосистем Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження впродовж квітня-травня 2012 р.,  $mg/dm^3$  ( $M \pm m$ ,  $n=6$ )

**Залізо.** Вміст заліза у воді всіх досліджених територій впродовж квітня-травня 2012 р. варіював від 0,001 до 0,005  $mg/dm^3$ . Найменші концентрації Fe спостерігали у квітні на урбанізованій та техногенно-трансформованій територіях, відповідно, 0,001 та 0,002  $mg/dm^3$ . У воді річок рекреаційної та аграрної територій вміст Fe у квітні був однаковим і становив 0,003  $mg/dm^3$ . Вміст Fe в травні 2012 р. збільшився відносно квітня до 0,005  $mg/dm^3$  на усіх територіях, що досліджувалися, проте знаходився у межах ГДК (ГДК<sub>р-г</sub>=0,1  $mg/dm^3$  [7]).

Залізо потрапляє у воду переважно в результаті хімічного руйнування гірських порід під дією вітру. Значна кількість заліза надходить у водні об'єкти з відходами підприємств різних галузей промисловості і сільського господарства та з дренажними водами меліоративних систем [2], чим пояснюється підвищення його концентрації у воді. Забруднення поверхневих вод залізом може носити локальний техногенний характер у результаті випадання кислотних дощів і вимивання елемента з ґрунту.

**Цинк.** Вміст цинку у воді усіх досліджених територій Рівненщини впродовж квітня-травня 2012 р. був однаковий і становив 0,0001  $mg/dm^3$ , що значно менше за ГДК рибогосподарського призначення для водойм (ГДК<sub>р-г</sub>=0,01  $mg/dm^3$  [7]).

Zn надходить у поверхневі води зі стоком гальванічних цехів машинобудівної та електротехнічної промисловості, целюлозно-паперових підприємств, заводів міндобрив. Його токсичність зумовлюється антагонізмом з іншими важкими металами [2].

*Мідь.* Вміст міді в досліджених пробах води свідчить, що концентрація цього мікроелемента впродовж квітня-травня 2012 р. на усіх зазначених територіях не перевищувала гранично допустимих параметрів і складала  $0,0005 \text{ мг/дм}^3$  (ГДКр-г= $0,001-0,01 \text{ мг/дм}^3$  [7]).

Основним джерелом надходження сполук міді у водні об'єкти є стічні води хімічних і металургійних підприємств, а також сільськогосподарських угідь, на яких використовують різні препарати з вмістом Cu для боротьби з шкідливими рослинами [20].

*Марганець.* Концентрація марганцю у воді малих річок варіювала від  $0,0005$  до  $0,01 \text{ мг/дм}^3$ . Спостерігали різке підвищення вмісту Mn впродовж травня 2012 р. на урбанізованій та техногеннотрансформованій територіях, що складало, відповідно,  $0,01$  та  $0,002 \text{ мг/дм}^3$  (ГДКр-г= $0,01 \text{ мг/дм}^3$  [7]). Вміст Mn у воді не перевищував фонових значень і показників ГДК.

Високий вміст Mn на урбанізованій території може бути спричинений доброю розчинністю у воді його сполук, їх низькою здатністю до комплексоутворення та високою міграційною здатністю [12, 19].

*Свинець.* Вміст свинцю у річкової воді знаходився в межах фонові концентрації та мав стабільно-невеликі показники ( $0,002 \text{ мг/дм}^3$ ) на усіх досліджених територіях (ГДКр-г= $0,03-0,1 \text{ мг/дм}^3$  [7]).

*Кадмій.* У квітні та травні 2012 р. концентрація кадмію в усіх досліджених пробах води була стабільною і становила  $0,0005 \text{ мг/дм}^3$  (ГДКр-г= $0,005 \text{ мг/дм}^3$  [7]).

Джерелом надходження сполук цього металу в навколишнє середовище є виробничі процеси, пов'язані з добуванням і промисловим використанням кадмію. До процесів, що здатні сприяти забрудненню водних об'єктів сполуками кадмію, належать інтенсивне ведення сільського господарства (застосування мінеральних добрив і пестицидів, використання стічних вод для іригаційних робіт) та нагромадження побутових відходів [4, 6, 13].

*Кобальт.* У поверхневих водах малих річок вміст кобальту становив  $0,001 \text{ мг/дм}^3$  і не перевищував фонових значень та рибогосподарських ГДК впродовж усього періоду дослідження (ГДКр-г= $0,01 \text{ мг/дм}^3$  [7]).

*Нікель.* Вміст нікелю у воді малих річок досліджених територій Рівненщини впродовж квітня-травня 2012 р. був незмінним та знаходився на рівні  $0,0005 \text{ мг/дм}^3$ , що в 2,5 рази перевищує норму ГДК (ГДКр-г= $0,0002 \text{ мг/дм}^3$  [7]) та в 1,6 рази перевищує фонові значення. Зростання вмісту Ni у поверхневих водах може бути пов'язано з акумуляцією його сполук в інших компонентах середовища з подальшим надходженням у водойми [18].

**Кисневий режим.** Кисень є одним з найважливіших розчинених газів, які постійно присутні у поверхневих водах. Кисневий режим поверхневих вод значною мірою визначає їх хіміко-біологічний стан [3]. Концентрація розчиненого у воді кисню слугує своєрідним індикатором екологічного стану будь-якої водойми, оскільки достатня його кількість чи дефіцит істотним чином відбиваються на життєдіяльності багатьох груп гідробіонтів, а також на інтенсивності та спрямованості процесів окиснення-відновлення.

При нормальній насиченості води киснем (не менше  $4-6 \text{ мг/дм}^3$ ) у водоймі домінують процеси окиснення та переважає самоочищення водного середовища від забруднюючих речовин [3]. Інтенсивність самоочищення зменшується, коли вміст кисню у воді не перевищує  $7,0-8,0 \text{ мг/дм}^3$ , а за концентрації розчиненого кисню менше за  $5,0 \text{ мг/дм}^3$  відбувається значне уповільнення бактеріальної деструкції органічних речовин.

Порівняння середньомісячної концентрації розчиненого кисню у поверхневих водах малих річок Рівненщини на територіях різного рівня антропогенного навантаження у квітні та травні 2012 р. подано у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняння середньомісячного вмісту розчиненого кисню у воді малих річок Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження у квітні та травні 2012 р.,  $\text{мг/дм}^3$  ( $M \pm m$ ;  $n=6$ )

Місяці 2012 р.	Характер антропогенного навантаження території			
	Рекреаційна	Аграрна	Урбанізована	Техногенно-трансформована
квітень	3,44±0,02	3,50±0,00	3,48±0,00	3,50±0,00
травень	2,97±0,08	2,96±0,01	3,15±0,01	3,44±0,03

Середньомісячний вміст розчиненого кисню у поверхневих водах малих річок усіх досліджених територій Рівненщини впродовж квітня-травня незначно відрізнявся і склав, у середньому,  $3,31 \text{ мг/дм}^3$  ( $\text{ГДК}(\text{O}_2)_{\text{р-г}} > 6 \text{ мг/дм}^3$ ) [3]. Максимальні концентрації кисню спостерігались у квітні ( $3,50 \text{ мг/дм}^3$ ) на техногеннотрансформованій і аграрній та у травні ( $3,44 \text{ мг/дм}^3$ ) на техногеннотрансформованій, мінімальні - в квітні ( $3,44 \text{ мг/дм}^3$ ) на рекреаційній та в травні ( $2,96 \text{ мг/дм}^3$ ) на аграрній територіях. Вміст розчиненого кисню у поверхневих водах малих річок в травні 2012 р. у порівнянні з квітнем значно зменшився, розбіжність у концентраціях склала на рекреаційній території 14%, на аграрній – 15%, на урбанізованій - 9%, на техногеннотрансформованій - 2%.

Слід зазначити, що розчинений кисень може витрачатись на окиснення надлишку забруднюючих речовин, які надходять зі стоками, що посилює дефіцит кисню.

**Рівень концентрації водневих іонів (рН).** Концентрація іонів водню має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Значення рН у річкових водах звичайно варіює в межах 6,5-8,5. Від величини рН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин та сталість різноманітних форм міграції елементів. Крім того, рН води впливає на процеси перетворення різноманітних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин.

Порівняння середньомісячних величин рН у поверхневих водах малих річок Рівненщини у квітні та травні 2012 р. наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння середньомісячних значень рН у воді малих річок Рівненщини з різним характером антропогенного навантаження у квітні та травні 2012 р. ( $M \pm m$ ;  $n=6$ )

Місяці 2012 р.	Характер антропогенного навантаження території			
	Рекреаційна	Аграрна	Урбанізована	Техногенно-трансформована
квітень	7,83±0,05	5,90±0,09	6,15±0,13	6,71±0,11
травень	5,90±0,07	6,00±0,15	6,33±0,19	7,50±0,07

У зазначених річкових басейнах впродовж квітня-травня 2012 р. спостерігалася тенденція до зростання рН поверхневих вод. Величини рН змінювались в інтервалі від 5,90 до 7,83, з переважанням у слабкокислому діапазоні. У квітні найбільші значення рН були виявлені на рекреаційній території (7,83), найменші (5,90) – на аграрній. У травні максимальне значення рН (7,50) зафіксовано на техногеннотрансформованій території, мінімальне (5,90) - спостерігали на рекреаційній території.

У поверхневих водах малих річок усіх досліджених територій, за винятком рекреаційної, спостерігалось збільшення рН у травні 2012 р. відносно квітня (на 2% на

аграрній, на 3% на урбанізованій та на 12% на техногеннотрансформованій). На рекреаційній території рівень рН, навпаки, зменшився від 7,83 до 5,90, тобто на 25 %, що свідчить про значне закислення водойм і збільшення концентрації іонів  $H^+$  майже в 100 разів.

Поступове збільшення впродовж квітня-травня 2012 р. величини рН у поверхневих водах малих річок аграрної, урбанізованої, техногеннотрансформованої територій Рівненщини може бути викликано зменшенням вмісту розчинених органічних речовин та посиленням фотосинтетичних процесів. Останнє, в свою чергу, обумовлене впливом абіогенних факторів, у першу чергу, сприятливими погодними умовами (температура, обсяг опадів) у весняні місяці 2012 р. на Рівненщині.

**Абіогенні фактори впливу на вміст ВМ у поверхневих водах.** Акумуляція та перерозподіл ВМ у гідроекосистемі значною мірою визначається абіогенними чинниками [5, 11]. Для визначення факторів впливу на вміст ВМ у малих річках Рівненщини впродовж квітня-травня 2012 р. було досліджено температурні умови та обсяги атмосферних опадів. На рис. 2 наведено порівняння середньомісячної температури повітря (а) та обсягів опадів (б) впродовж періоду досліджень.

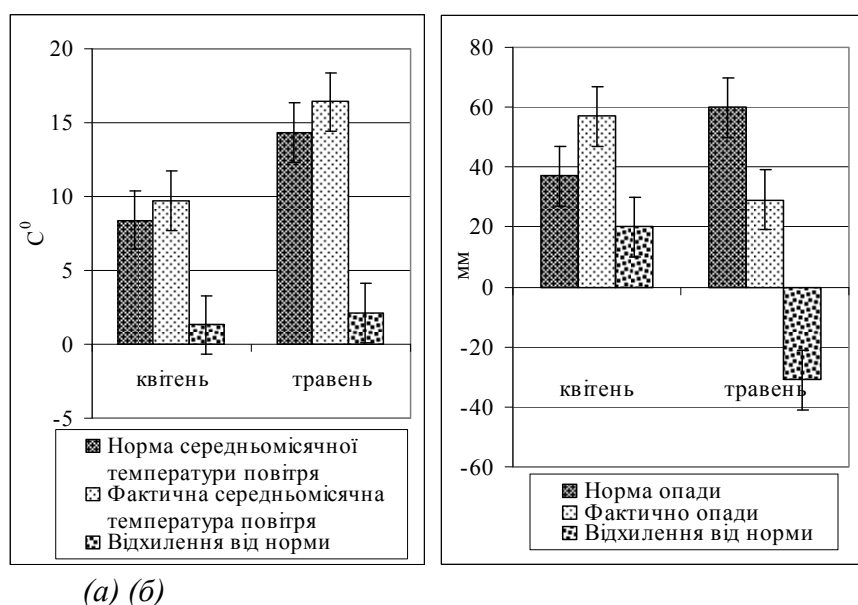


Рис. 2 Порівняння середньомісячної температури ( $^{\circ}C$ ) повітря (а) та обсягів (мм) опадів (б) у квітні та травні 2012 р. в Рівненській області

Впродовж дослідженого періоду спостерігали відхилення від норми середньомісячної температури повітря. Зокрема, у квітні підвищення температури понад норму становило 1,3  $^{\circ}C$ , у травні - 2,1  $^{\circ}C$ . Обсяг атмосферних опадів у квітні перевищував норму на 20 мм (що склало 154% середньомісячної норми), у травні, навпаки, був менше за норму на 31 мм (що склало 48% від середньомісячної норми).

## Висновки

У квітні-травні 2012 р. вміст 7 досліджених біогенних елементів – важких металів (Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Cd, Co) у воді малих річок усіх досліджених територій Рівненщини не перевищував ГДК для рибогосподарських водойм. Вміст Ni у поверхневих водах малих річок Рівненської області впродовж усього періоду досліджень був високим і складав 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує рибогосподарське ГДК у 2,5 рази. У травні 2012 р. було виявлене

різке підвищення вмісту Mn на урбанізованій та техногеннотрансформованій територіях, що може бути викликане впливом антропогенних чинників, основними з яких є викиди автотранспорту на урбанізованій та скиди цементного заводу на техногеннотрансформованій територіях, а також зменшення середньомісячних обсягів опадів більше, ніж у 2 рази у порівнянні з нормою. Загалом, вплив антропогенного тиску на хімічний склад річкових вод Рівненщини є відчутним.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Андрусин Т. Сезонна динаміка вмісту важких металів у воді та донних відкладах річки Збруч / Т. Андрусин, В. Грубінко // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2012. – Вип. 58. – С. 165-174.
2. Гопчак І.В. Результати екологічної оцінки та екологічного нормування поверхневих вод Волинської області / І.В. Гопчак // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К.: ВГЛ Обрій, 2006. – Т. 11. – С. 370-374.
3. Гранично допустимі значення показників якості води для рибогосподарських водойм. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм (№ 12-04-11 від 09.08.1990). – К.: Мінрибгосп СРСР, 1990. – 45 с.
4. Гриб Й.В. Влияние хозяйственной деятельности человека на гидрохимический режим малых рек / Й.В. Гриб, Н.В. Лалыкин, Б.И. Набиванец. // Гидромелиорация и гидротехнологическое строительство. – 1985. – №13. – С. 32-35.
5. Гуменюк Г.Б. Порівняльна характеристика розподілу важких металів у гідроекосистемах різного типу / Г.Б. Гуменюк // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. вип.: Гідроекологія. – 2010. – № 2 (43). – С.139-148.
6. Давыдова С.Л. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века: Учебн. пос. / С.Л. Давыдова, В.И. Тагасов. – М., 2002. – 140 с.
7. Загальний перелік ГДК і ОБРВ шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм (№ 12-04-11 від 09.08.1990).
8. Клименко М.О. Кругообіг важких металів у водних екосистемах. Монографія. / М.О. Клименко, О.О. Бедункова. – Рівне: НУВГП, 2008. – 216 с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
10. Линник П.Н. Тяжелые металлы в поверхностных водах Украины: Содержание и формы миграции / П.Н. Линник // Гидробиол. журн. – 1999. – Т. 35. – № 1. – С. 22-42.
11. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Під ред. В.Д. Романенко. – К.: ЛОГОС, 2006. – 628 с.
12. Мур Дж. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния / Дж. В. Мур, С. Рамаурти. – М.: Мир, 1987. – С.117-133.
13. Нейко Є.М. Інтоксикація кадмієм: токсикокінетика і механізм біоцидних ефектів/ Є.М. Нейко, Ю.І. Губський, Г.М. Ерстенюк // Журнал АМН України. – 2003. – Т. 9. – № 2. – С. 262-277.
14. Новиков Ю.В. Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
15. Окснюк О.П. Экологические нормативы качества воды для Шацких озер / О.П. Окснюк // Гидробиол. журн. – 1999. – Т.53, № 5. – С. 75-85.
16. Орлов А.И. Прикладная статистика / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2006. — 672 с.
17. Ситник Ю.М. Вивчення еколого-токсикологічного стану річок Прип'ять та Стохід / Ю.М. Ситник, О.М. Арсан, Г.Є. Киричук, Л.М. Янович // Вісн. Житомир. держ. пед. ун-ту. – 2001. – № 8. – С. 244-248.

18. Триснюк І.В. Екологічна безпека агроecosистем Прикарпаття / І.В. Триснюк // Наукові записки Вінницького держ. пед. ун-ту. Серія “Географія”. – 2008. – Вип. 17. – С. 118-123.
19. Тяжелые металлы как фактор экологической опасности: Метод. указ. / Сост. Ю.А. Холопов. – Самара : СамГАПС, 2003. – 16 с.
20. Федоненко О.В. Антропогенний вплив важких металів на екосистему Запорізького (Дніпровського) водосховища / О.В. Федоненко, Т. С. Шарамок // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2010. – № 1 (10). – С. 173-177.
21. Яцик А.В. Водні ресурси України як основа сталого розвитку держави / А.В. Яцик // Вісник / Український держ. ун-т водного господарства та природокористування. – Рівне, 2002. – Вип. 5 (18), ч.1: Рациональне використання і охорона природних ресурсів. – С. 164-175.

**И.Б. Грюк, И.Л. Суходольская**

### **ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МАЛЫХ РЕКАХ РОВЕНЩИНЫ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

Определено среднее содержание 8 тяжелых металлов в воде малых рек Ровенщины на территориях с разным уровнем антропогенного давления. Проведен сравнительный анализ результатов исследования содержания тяжелых металлов с ПДК и фоновыми показателями. Выявлено влияние абиогенных факторов на содержание тяжелых металлов в воде малых рек. Состояние воды малых рек Ровенщины в отношении содержания биотических компонентов свидетельствует о высокой степени загрязнения никелем.

**I.B. Gryuk, I.L. Suchodolska**

### **DYNAMICS OF CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SMALL RIVERS OF RIVNE REGION IN THE CONDITIONS OF THE ANTHROPOGENIC LOADING IN A SPRING PERIOD**

The article analyzes the dynamics of heavy metal content in water of small rivers ecosystems with different levels of anthropogenic load of Rivne region. A comparative analysis of survey results with MPC and background characteristics.

Надійшла 20.02.2013 р.