

ВАЖКІ МЕТАЛИ У ЛІМНОСИСТЕМАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ (НА ПРИКЛАДІ ВОДОЙМ ЗОНИ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

З'ясовані особливості поширення важких металів у водоймах в межах зони радіоактивного забруднення Волинської області. Виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій важких металів у ланках лімносистем.

Ключові слова: лімносистема, важкі метали, гранично допустима концентрація, радіоекологічний аналіз, водойми, геосистеми, радіоактивне забруднення.

Громик О. М. Тяжелые металлы в лимносистемах Западного Полесья (на примере водоемов зоны радиоактивного загрязнения Волынской области).

Выявлены особенности распространения тяжелых металлов в водоемах в пределах зоны радиоактивного загрязнения Волынской области. Обнаружено превышение предельно допустимых концентраций тяжелых металлов в звеньях лимносистем.

Ключевые слова: лимносистема, тяжелые металлы, предельно допустимая концентрация, радиоэкологический анализ, водоемы, геосистемы, радиоактивное загрязнение.

Gromyk O.M. Heavy metals in limnosystems of West Polesie (for example water zone of radioactive contamination of the Volyn region).

Found features of distribution of heavy metals in waters within the zone of radioactive contamination of the Volyn region. Excess of maximum permissible concentrations of heavy metals in Links limnosystem.

Keywords: limnosystems, heavy metals, the maximum permissible concentration, radiological analysis, ponds, geosciences, radioactive contamination.

Водойми Українського Полісся мають багаті природні ресурси. Оцінювання якості й запасів ресурсів, визначення напрямів раціонального їх використання й охорони від забруднення та виснаження – одні з основних завдань природокористування і збереження екосередовищної стійкості природи [4]. На території, що досліджується, розміщено значну кількість водойм природного походження (озера). Більшість із них належать до категорії дуже малих, малих і середніх. Розподіл їх за площею досить нерівномірний і зумовлений природними чинниками. Лімносистема – екосистема озера (ставка, водосховища, кар'єрної водойми), яка характеризується збалансованістю біотичних й абіотичних чинників та гармонією на всіх стадіях свого розвитку [5].

Вивченню водних об'єктів у регіоні, що досліджується присвячено роботи багатьох вчених. Зокрема, Л. В. Ільїн з'ясував джерела надходження токсичних речовин різних видів у лімносистеми Українського Полісся (важких металів (ВМ), нітритів і нітратів, пестицидів, радіонуклідів) [4–5]. В. М. Самойленко розробив комплекс методів і методик стосовно оцінки, прогнозу, районування та обмеження

ймовірних негативних наслідків для здоров'я населення, яке користується місцевими природними ресурсами водних об'єктів [6, 10–11]. Є. І. Іванов розробив пропозиції щодо нормування радіоактивного навантаження і радіоекологічного моніторингу досліджуваних територій [3].

Статтю присвячено одній з найважливіших проблем – визначення забруднення лімносистем Волинської області ВМ (Cd, Pb, Cu, Zn). В основу досліджень покладено власні аналізи, а також фондові матеріали Науково-інформаційного центру водогосподарсько-екологічного моніторингу та оптимізації водокористування (“НІЦ ВЕМОВ”) [6, 10–11].

Метою нашого дослідження є оцінка вмісту ВМ у лімносистемах зони радіоактивного забруднення в межах Волинської області. Ключовими об'єктами досліджень були лімносистеми у населених пунктах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневицького адміністративних районів.

Серед забруднюючих сполук, що містяться у водоймах одне з перших місць за токсичністю займають ВМ, до яких включають кольорові метали із густиною більшою, ніж у заліза (свинець, мідь, цинк, нікель, кадмій, кобальт, олово, сурма, вісмут, ртуть). Мікрозабруднення у вигляді ВМ у водному середовищі виступають у вигляді розчинів, колоїдів і суспензій. У розчиненому вигляді виступають вільні гідрат-іони, прості неорганічні й органічні комплекси. Іони металу, пов'язані із складними, багатомолекулярними органічними лігандами, що мають розмір частинок у діапазоні 0,001–0,01 μm , утворюють колоїдні форми. Іони металів, адсорбовані на частинках колоїдних міцел або органічних частинках розміру 0,01–0,1 μm , утворюють суспензії. Седиментаційні суспензії входять до складу мулу. Для ВМ дуже розповсюдженою формою існування є комплекси як з органічними, так і з неорганічними лігандами. Вважається, що близько 90 % свинцю виступає у вигляді комплексних сполук. Цей факт має істотне значення для біохімічних процесів і токсичності іонів металів. Звичайно більш токсичними є вільні іони (гідрат-іони) металів, ніж комплексні форми [1]. Pb перебуває у воді у розчиненому й завислому (сорбованому) стані. У розчиненій формі зустрічається у вигляді мінеральних й орґано-мінеральних комплексів, а також простих іонів, у нерозчинній – у вигляді сульфідів, сульфатів і карбонатів. У річкових водах концентрація Pb коливається від десятих часток до одиниць мікрограмів у 1 дм^3 . Pb – промислова отрута, здатна за несприятливих умов виявитися причиною отруєння [7–8]. Для оцінки рівня забруднення середовища використовують показник, який називають гранично допустимою концентрацією (ГДК). ГДК – це максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі, за якої не спостерігається прямого або опосередкованого шкідливого впливу цієї речовини на організм людини. На основі ГДК розраховують розміри гранично допустимих викидів (ГДВ) політантив в атмосферу та гранично допустимі скиди (ГДС) забруднювачів у водойми. ГДК Pb у воді питних та водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового користування становить 0,03 мг/дм^3 [2, 9]. Найвища концентрація солей

важких металів Pb (0,0362 мг/л) у воді зафіксовано у с. Черче Камінь-Каширського адміністративного району, що становить перевищення ГДК у 1,2 раза (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1

Вміст ВМ у водоймах (узагальнено за фондовими матеріалами екологічного центру “НІЦ ВЕМОВ”, 1997 р.)

№ з/п	Населений пункт, ланка лімносистеми	Вміст солей важких металів (мг/л, мг/кг)			
		Свинець	Цинк	Мідь	Кадмій
1	2	3	4	5	6
Камінь-Каширський адміністративний район					
1	с. Нуйно				
	Вода	0,00156	0,0195	0,0069	0,000214
	Донні відклади	0,452	3,360	1,36	0,675
	Риба	0,559	18,151	1,16	0,015
	Птахи	0,243	19,313	2,08	0,042
2	с. Черче				
	Вода	0,0362	0,126	0,0035	0,000135
	Донні відклади	0,398	2,27	1,37	0,0548
	Риба	0,25	15,23	1,26	0,0133
	Птахи	0,127	15,41	1,73	0,0148
Любешівський адміністративний район					
3	с. Березна Воля				
	Вода	0,00779	0,0621	0,0122	0,000242
	Донні відклади	0,721	2,07	1,80	0,1058
	Риба	0,272	22,42	1,46	0,029
	Птахи	0,297	27,41	4,31	0,0307
4	с. Ветли				
	Вода	0,00466	0,0629	0,0081	0,00021
	Донні відклади	0,328	3,46	1,06	0,058
	Риба	0,111	29,338	1,33	0,017
	Птахи	0,224	20,130	2,24	0,013
Маневицький адміністративний район					
5	с. Велика Осниця				
	Вода	0,00256	0,0771	0,0093	0,00016
	Донні відклади	0,662	4,867	1,133	0,0383
	Риба	0,187	37,597	3,253	0,0060
	Птахи	0,173	26,40	2,82	0,0388
6	с. Комарове				
	Вода	0,00219	0,137	0,0036	0,00027
	Донні відклади	1,309	1,500	1,733	0,054
	Риба	0,3190	16,279	1,240	0,0088
	Птахи	0,153	31,94	1,78	0,0250
7	с. Куликовичі				
	Вода	0,00450	0,0475	0,119	0,000139
	Донні відклади	1,373	3,43	2,80	0,0956
	Риба	0,365	31,38	2,42	0,0237
	Птахи	0,249	22,35	3,41	0,0195
8	с. Прилісне				
	Вода	0,00283	0,0384	0,0129	0,000329
	Донні відклади	0,459	3,83	2,67	0,0563
	Риба	0,130	12,45	1,90	0,157
	Птахи	0,089	48,31	3,75	0,0142

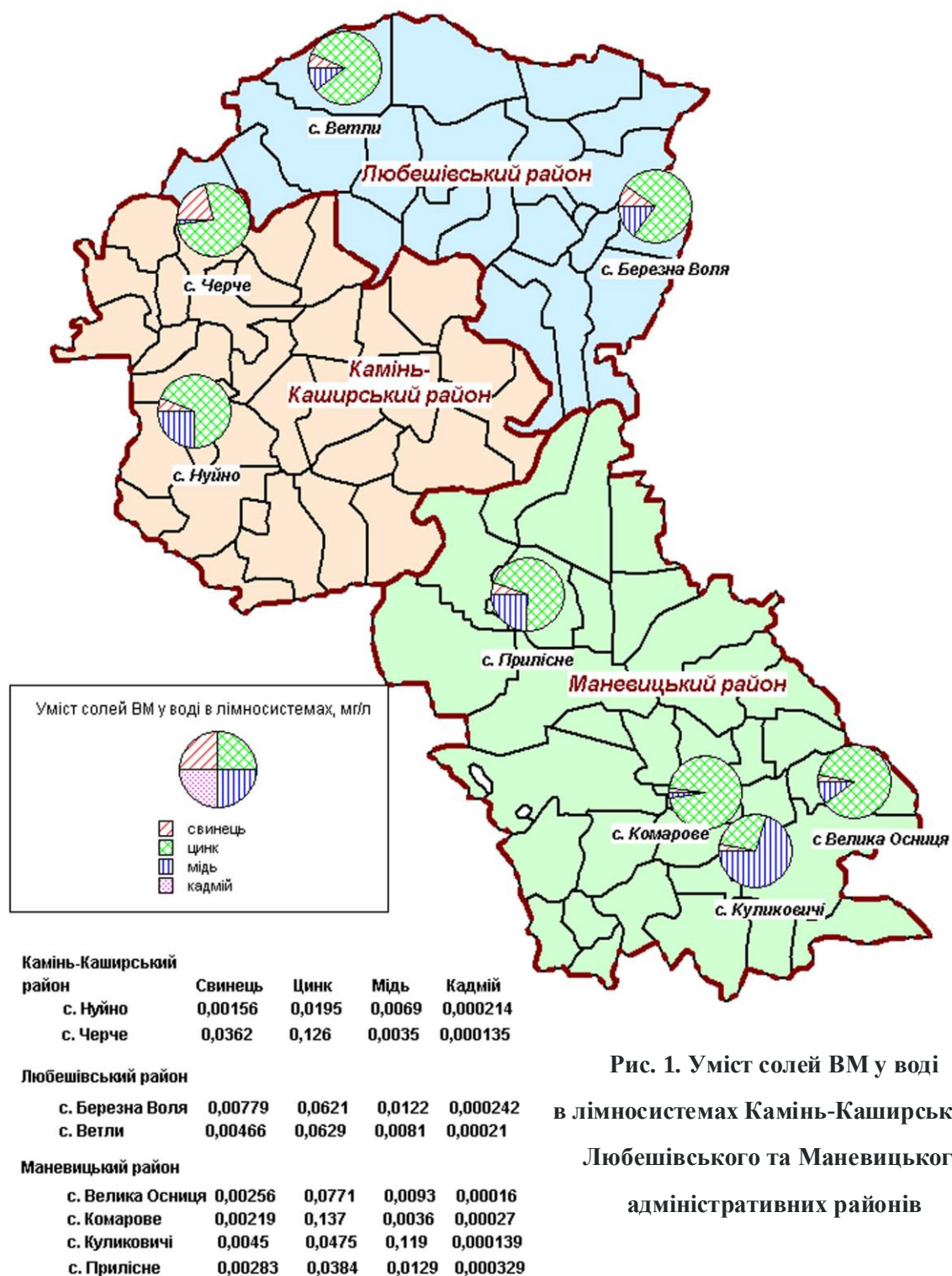


Рис. 1. Уміст солей ВМ у воді в лімносистемах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневицького адміністративних районів

Перевищення встановлених нормативів у воді Р_в у досліджених лімносистемах Любешівського та Маневицького адміністративних районів не виявлено (рис. 1–2).

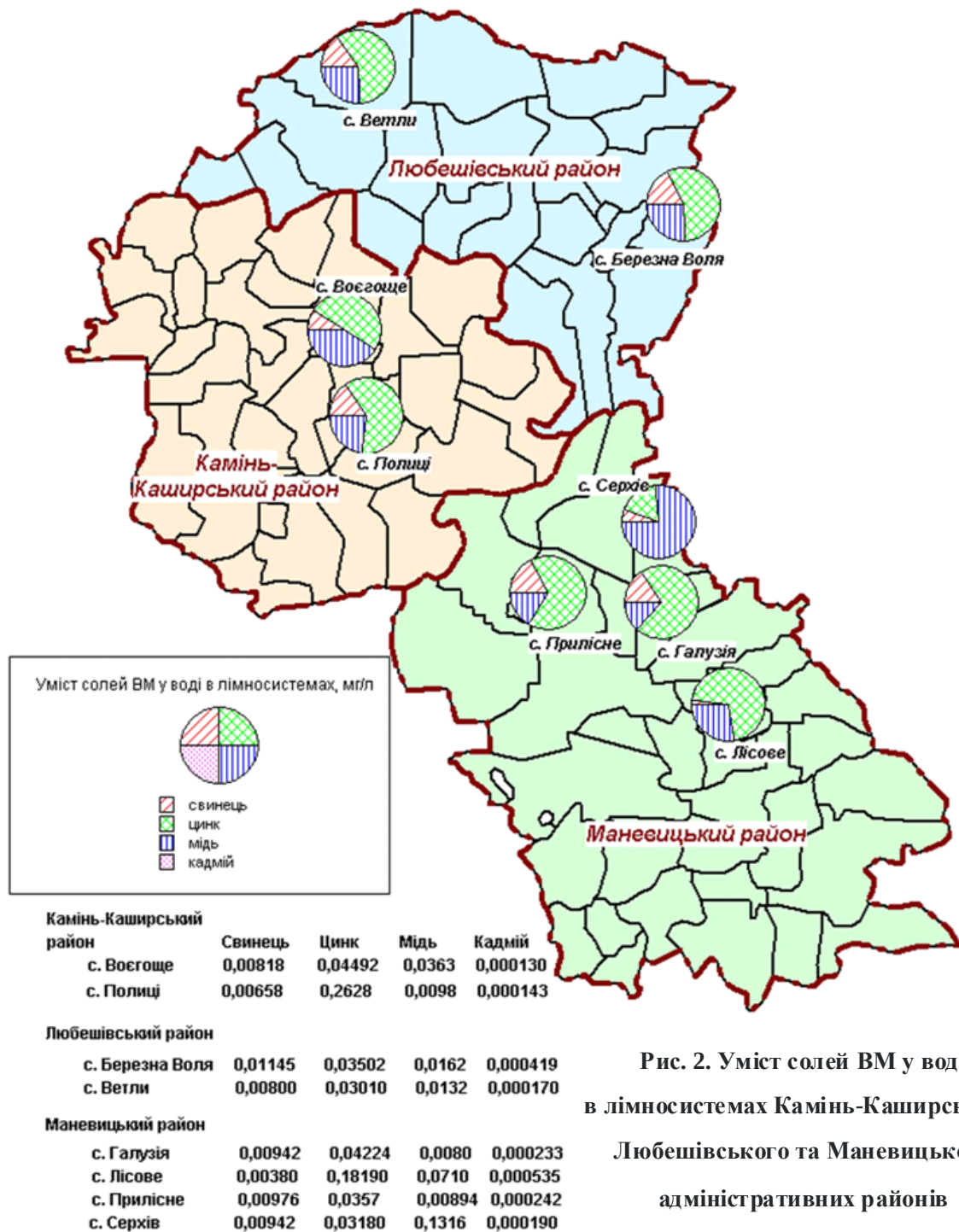


Рис. 2. Уміст солей ВМ у воді в лімносистемах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневського адміністративних районів

У донних відкладах значну концентрацію Рb виявлено у лімносистемах Маневського (с. Комарове – 1,309 мг/кг, с. Куликовичі – 1,373 мг/кг, с. Галузія – 2,388 мг/кг) та Любешівського (с. Ветли – 2,99 мг/кг) адміністративних районів (див. табл. 1–2).

Вміст ВМ у водоймах (узагальнено за фондовими матеріалами екологічного центру “НІЦ ВЕМОВ”, 1998 р.)

№ з/п	Населений пункт, ланка екосистеми	Вміст солей важких металів (мг/л, мг/кг)			
		Свинець	Цинк	Мідь	Кадмій
1	2	3	4	5	6
Камінь-Каширський адміністративний район					
1	с. Воєгоще				
	Вода	0,00818	0,04492	0,0363	0,00013
	Донні відклади	0,68	4,15	3,34	0,17
	Риба	0,223	21,83	2,29	0,073
	Птахи	0,072	13,83	3,25	0,32
2	с. Полиці				
	Вода	0,00658	0,02628	0,00978	0,000143
	Донні відклади	2,4	18,36	3,01	0,15
	Риба	0,095	30,98	1,15	0,090
	Птахи	0,26	23,08	1,19	0,021
Любешівський адміністративний район					
3	с. Ветли				
	Вода	0,008	0,0301	0,0132	0,00017
	Донні відклади	2,99	32,64	2,66	0,29
	Риба	0,127	39,49	1,35	0,118
	Птахи	0,428	9,74	1,12	0,084
4	с. Березна Воля				
	Вода	0,01145	0,03502	0,0162	0,000419
	Донні відклади	1,13	32,82	2,5	0,27
	Риба	0,089	41,02	1,44	0,092
	Птахи	0,130	16,..13	2,34	0,040
Маневицький адміністративний район					
5	с. Прилісне				
	Вода	0,00976	0,0357	0,00894	0,000242
	Донні відклади	0,89	2,78	1,1	0,10
	Риба	0,064	11,57	0,81	0,019
	Птахи	0,188	28,17	1,20	0,036
6	с. Галузія				
	Вода	0,00942	0,04224	0,00798	0,000233
	Донні відклади	2,388	6,13	2,8	0,15
	Риба	0,088	10,78	0,81	0,025
	Птахи	0,263	17,79	0,88	0,046
7	с. Серхів				
	Вода	0,00942	0,0318	0,1316	0,000190
	Донні відклади	2,16	4,8	2,62	0,60
	Риба	0,13	25,43	0,98	0,126
	Птахи	0,672	25,44	1,51	0,020
8	с. Лісове				
	Вода	0,00380	0,1819	0,0710	0,000535
	Донні відклади	1,69	20,27	2,95	0,19
	Риба	0,08	31,82	1,53	0,049
	Птахи	0,224	31,40	2,29	0,026

У рибі вміст Pb у лімносистемах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневицького адміністративних районів не перевищує ГДК (1,0–2,0 мг/кг) [9]. Перевищення встановлених рівнів у птахів (0,5 мг/кг) за вмістом солей Pb у 1,3 рази спостерігається у лімносистемах поблизу с. Серхів Маневицького адміністративного району (0,672 мг/кг) (див. табл. 2). Встановлено, що у птахів в Любешівському адміністративному районі поблизу водойми с. Березна Воля (0,297 мг/кг) та с. Ветли (0,428 мг/кг) зосереджено максимальну кількість свинцю (див. табл. 1–2).

У воді Zn знаходиться у іонній формі або у формі мінеральних й органічних комплексів. Іноді зустрічається у нерозчинній формі: у вигляді гідроксиду, карбонату, сульфиду й ін. Майже усі сполуки цинку, крім ZnF_2 , добре розчинні у воді. Внаслідок цього, на відміну від міді й свинцю, цинк поширений у воді. Міграційна здатність Zn вища, ніж міді та свинцю. Zn мігрує у завислій і розчиненій формах [4]. Zn відноситься до числа активних мікроелементів, що впливають на ріст і нормальний розвиток організмів. У той же час багато сполук Zn токсичні, насамперед його сульфат і хлорид [7]. ГДК Zn у питній воді становить 1 мг/дм^3 , а у водних об'єктах господарсько-питного користування – $1,03 \text{ мг/дм}^3$ [2, 9]. Перевищення у воді (див. рис. 1–2) та птахів (70 мг/кг) [9] встановлених норм Zn у досліджених лімносистемах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневицького адміністративних районів не виявлено. Значну кількість Zn у донних відкладах зосередження у лімносистемі с. Березна Воля (32,82 мг/кг) Любешівського адміністративного району. У рибі поблизу водойми с. Березна Воля (41,02 мг/кг) Любешівського адміністративного району виявлено перевищення ГДК (40,0 мг/кг) [9] Zn у 1,03 рази. Значна кількість Zn у птахів виявлено у лімносистемах Маневицького адміністративного району у с. Прилісне (48,31 мг/кг) та с. Лісове (31,40 мг/кг) (див. табл. 1–2).

Cu у природних сполуках буває одно- і двовалентним. Переважна більшість мідних мінералів, відомих у природі, належить до двовалентних сполук. До водойм мідь потрапляє у складі звислих речовин і частково у вигляді розчинів, сорбується з природних поверхневих вод тонкодисперсними відкладами, гелями багатьох мінеральних речовин, які мають негативний заряд, гідроокислами заліза, марганцю, кремнезему, а також глинами. При міграції міді велике значення мають розчинні органічні сполуки. Мідь утворює розчинні комплекси з амінокислотами, щавлевою та лимонною кислотами. У міграції розчинної міді беруть значну участь органічні комплекси – гумусні речовини, високомолекулярні органічні кислоти [5]. Фізіологічна активність міді пов'язана головним чином із включенням її до складу активних центрів окислювально-відновних ферментів. Недостатній вміст міді у ґрунтах негативно впливає на синтез білків, жирів і вітамінів і сприяє безплідності рослинних організмів. У природних водах частіше зустрічаються сполуки Cu (II). Із сполук Cu (I) найпоширеніші важкорозчинні у воді Cu_2O , Cu_2S , $CuCl$ [7].

ГДК Cu у воді питній та водоймах господарсько-питного користування становить $1,0 \text{ мг/дм}^3$, у рибі 10 мг/кг та у птиці $5,0 \text{ мг/кг}$ [2, 9]. Перевищення у воді, рибі та птиці ГДК Cu у досліджених лімносистемах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневицького адміністративних районів не виявлено. Значну кількість означеного елемента у донних відкладах виявлено у лімносистемах поблизу с. Лісове ($2,95 \text{ мг/кг}$), с. Куликовичі ($2,8 \text{ мг/кг}$) Маневицького та с. Воєгоще ($3,34 \text{ мг/кг}$) Камінь-Каширського адміністративних районів. У рибі Cu у максимальній кількості виявлений у лімносистемах поблизу с. Велика Осниця ($3,25 \text{ мг/кг}$) Маневицького адміністративного району. Велику кількість Cu у птиці зосереджено у лімносистемах поблизу с. Березна Воля ($4,31 \text{ мг/кг}$) Любешівського адміністративного району.

У воді Cd виступає у вигляді попередньо заміщеного гідрат-іону, а також у вигляді численних комплексних сполук. З погляду теорії м'яких та твердих кислот та основ Піарсона кадмій є типово м'якою кислотою, а отже, він буде переважно утворювати комплексні сполуки з м'якими лігандами. Вважається, що близько 80 % кадмію виступає у водах у формі комплексних сполук [1]. Зниження концентрації розчинених сполук Cd у воді відбувається за рахунок процесів сорбції, випадання в осад гідроксиду й карбонатів Cd. Розчинені форми Cd у річкових незабруднених й слабо забруднених водах утримується в субмікрограммових концентраціях, у забруднених концентрація Cd може досягати десятків мікрограмів в 1 дм^3 [7–8]. Перевищення встановлених нормативів Cd у воді господарсько-питного користування $0,0013 \text{ мг/дм}^3$ та у рибі $0,2 \text{ мг/кг}$ [9] у досліджених лімносистемах Камінь-Каширського, Любешівського та Маневицького адміністративних районів не виявлено (рис. 1–2). Велика кількість Cd у донних відкладах зазначено у лімносистемах поблизу с. Нуйне ($0,675 \text{ мг/кг}$) Камінь-Каширського та с. Серхів ($0,6 \text{ мг/кг}$) Маневицького адміністративних районів. У птахів виявлено перевищення ГДК ($0,05 \text{ мг/кг}$) [9] Cd поблизу лімносистем с. Воєгоще ($0,32 \text{ мг/кг}$) Камінь-Каширського у 6,4 раза та с. Ветли ($0,084 \text{ мг/кг}$) Маневицького адміністративних районів у 1,7 раза (див. табл. 1–2).

Отже, в результаті дослідження вмісту ВМ у водоймах зони радіоактивного забруднення у межах Волинської області було виявлено перевищення ГДК, зокрема:

- Pb у воді у лімносистемі с. Черче Камінь-Каширського адміністративного району у 1,2 раза;
- Pb у птахів неподалік водойми, що розташована у с. Серхів Маневицького адміністративного району у 1,3 раза;
- у рибі Zn у водоймі с. Березна Воля Любешівського адміністративного району у 1,03 раза;
- Cd у птахів поблизу лімносистем с. Воєгоще Камінь-Каширського у 6,4 раза та с. Ветли Маневицького адміністративних районів у 1,7 раза.

1. Безак-Мазур Е., Шендрік Т. Транскордонні проблеми токсикології довкілля. – Донецьк: ГП “Информационно-аналитический центр “Донбассинформ”. – 2008. – 300 с.
2. Вода. Норми похибки вимірювань показників складу і властивостей. ГОСТ 27384-2002. – ДП “Волинськостандартметрологія”, 2006. – 8 с.
3. Іванов Є. А. Радіоекологічні дослідження: Навч. посіб. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. – 149 с.
4. Ільїн Л.В. Лімнок комплекси Українського Полісся: Монографія: у 2-х т. – Т. 1: Природничо-географічні основи дослідження та регіональні закономірності. – Луцьк: РВВ “Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 316 с.
5. Ільїн Л.В. Лімнок комплекси Українського Полісся: Монографія: у 2-х т. – Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація. – Луцьк: РВВ “Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 400 с.
6. Кадастр радіоактивного забруднення водних об’єктів України місцевого водокористування / В.М. Самойленко, Ю.С. Тавров, М.І. Буянов: Т. 2. Стохастично-рейтингові оцінки доз опромінення населення за рахунок місцевого водокористування. – К.: Ніка-Центр, 1998. – 160 с.
7. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
8. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа сточных вод. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
9. СанПиН № 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР, 1988. – 69 с.
10. Самойленко В. М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об’єктів України місцевого водокористування: Т. 1. Радіогідроекологічний стан і використання водойм та загальнометодологічні проблеми. – К.: Ніка-Центр, 1998. – 192 с.
11. Самойленко В. М. Комплексне районування радіоактивно забруднених територій Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування. – К.: Ніка-Центр, 1999. – 280 с.