

УДК 544.6

**Моніторинг екологічного стану внутрішніх водойм міста Чернівці та річки Прут**© Білоголовка В.Т.<sup>1</sup>, Кобаса І.М.<sup>1</sup>, Цимбалюк В.В.<sup>2</sup><sup>1</sup>Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича<sup>2</sup>Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

*Вивчено екологічний стан водних об'єктів внутрішніх ставків міста Чернівці та річки Прут, яка протікає в зоні міста. Досліджено фізико-хімічні параметри вод, а саме: водневий показник, солевміст, концентрацію розчиненого амоніаку, нітрит - іонів і сполук важких металів.*

**Ключові слова:** коефіцієнт забруднення, атомно-абсорбційний аналіз, важкі метали.

Запаси води на Землі величезні –  $1,46 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup>, що становить 0,025% усієї її маси [1]. Абсолютна більшість цієї маси – це солоня морська вода, непридатна для пиття та технологічного використання. Маса прісної води на планеті складає  $31 \cdot 10^6$  км<sup>3</sup> (усього 2% її загальної кількості) та зосереджена, переважно, в льодових щитах Антарктиди та Гренландії, айсбергах, у зоні вічної мерзлоти. З усієї кількості прісної води лише 0,6-1,0 % перебуває в рідкому стані (річки, прісноводні озера, частина підземних вод тощо). Саме ця вода використовується людством для своїх чисельних потреб.

В останній час для м. Чернівці актуальна екологічна проблема, пов'язана з техногенним забрудненням його природних водних об'єктів (річок, озер, ставків, водосховищ), зокрема сполуками важких металів (ВМ), які належать до групи найбільш небезпечних забруднюючих речовин у природних водах. Їх сполуки володіють високою токсичністю та здатністю накопичуватися в різних компонентах екосистеми, в тому числі й в живих організмах. На відміну від інших компонентів хімічного складу природних вод, вони не піддаються деструкції, а лише змінюють форми існування зі зміною фізико-хімічних умов середовища.

У роботі подано результати дослідження вмісту ВМ і деяких фізико-хімічних характеристик води у річці Прут і озерах, розташованих на вул. Винниченка та Південно-Кільцевій.

**Методика експерименту**

Проби води із зазначених вище озер відібрали за периметром в чотирьох реперних точках, а з річки біля нового й старого мостів у весняний період 2008 року. Відбір проб здійснили відповідно до вимог ДОСТу 24481-80 [2]. Проби відбирали з поверхневого шару 20-30 см на віддалі 50-80 см від берегової лінії у склянки з поліетилену.

У відібраних пробах води визначали показники рН, солевмісту, концентрації нітрит-іонів і амонійних солей згідно з загальновідомими методиками. Однак основну увагу зосереджено на вимірюванні, методом атомно-абсорбційної спектроскопії, концентрації ВМ, зокрема Cr, Pb, Cu, Ni, Zn, Fe і Mn. Оскільки концентрація більшості мікроелементів у природних водах досить низька й знаходиться за межею прямого атомно-абсорбційного визначення [3], тому проби досліджуваних вод попередньо піддавали частковому концентруванню методом випаровування. Для цього 200 мл досліджуваної води наливали у термостійку склянку і, не допускаючи розбрикування, випаровували до одержання вологих солей. Потім додавали 2 мл концентрованої нітратної кислоти й 3 мл пероксиду водню (для мінералізації органічних компонентів проб) і випарювали до сухого залишку. Далі до проби додавали 1 мл нітратної кислоти та 9 мл дистильованої води і після перемішування одержаний розчин фільтрували й досліджували.

Вимірювання концентрації ВМ проводили атомно-абсорбційним комплексом вітчизняного виробництва КАС-120, в якому рідка проба за допомогою атомізатора переводилася у стан атомної пари. Остання просвічувалася світлом від джерела, що випромінювало ряд вузьких спектральних ліній, у тому числі й з резонансною довжиною хвилі елемента, який визначався. Монохроматор виділяв із усього спектра необхідну довжину хвилі. Проходячи через шар атомної пари, резонансне випромінювання поглиналося атомами визначуваного елемента. Сигнал підсилювався й оброблявся системою реєстрації [3,4].

Атомізатором у цьому виді спектрофотометрів слугував полум'яний атомізатор типу пневматичний розпилювач-пальник попереднього змішування. Використовувалася повітряно-ацетиленова суміш, полум'я якої з мак-

симальною температурою 2300-2600°C стабільне, має високу прозорість у межах від 200 до 750 нм і слабку власну емісію, що забезпечувало високу ефективність атомізації. Проби вносили в атомізатор у вигляді розчинів. Для полум'яних методів атомізації характеристичні концентрації різних елементів коливаються в межах від 0,01 до 10 мг/л: Cu - 0,005, Ni - 0,0012, Pb - 0,01, Cr - 0,006, Zn - 0,0003.

Вимірювання проводили на таких довжинах хвиль, нм: Pb - 283.3, Cu - 324.8, Cd -228.8, Ni -232.0, Co - 240.7, Cr - 357,9, Zn - 213.9, Mn - 279.5, Fe - 248.3. Режими атомізації для кожного елемента підбирали індивідуально.

Забруднення води ВМ оцінювали, вираховуючи коефіцієнти поелементного забруднення, які є співвідношенням між концентрацією цього елемента та його величиною граничнодопустимої концентрації за формулою прийнятою СанПіНом України [5]:

$$R_z = \frac{C}{C_{ГДК}}$$

де С – загальна концентрація токсикантів у воді; С<sub>ГДК</sub> – граничнодопустима концентрація.

### Результати та їх обговорення

Природні водойми, екологічний стан вод яких оцінювали, знаходяться в різних частинах міста. Води озер застійні, з незначними надходженнями свіжої джерельної води, і тому, природно, належить очікувати значного нагромадження в них токсичних елементів. Дослідження вод цих озер, їх фізико-хімічних параметрів, зокрема, рН, солевмісту, концентрації нітрит-іона, а також вмісту азоту амонійних солей подано в (табл. 1, 2).

Для порівняння вказаних фізико-хімічних характеристик проведено також дослідження проб води річки Прут. Результати подані в (табл. 3).

Нижній рядок в усіх цих таблицях вказує величину середніх значень досліджуваних параметрів.

Таблиця 1

Фізико-хімічні характеристики проб води озера, розташованого на вул. Південно-Кільцевій

№ проби	рН	Загальний солевміст, г/дм <sup>3</sup>	Вміст нітрит-іона (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	Вміст азоту амонійних солей, мг/л
1.	7,9	0,45	0,020	0,04
2.	7,4	0,75	0,004	0,04
3.	7,8	0,75	0,020	0,04
4.	8,0	0,30	0,020	0,04
$\bar{X}$	7,7	0,56	0,016	0,04

Таблиця 2

Фізико-хімічні характеристики проб води озера, розташованого на вул. Винниченка

№ проби	рН	Загальний солевміст, г/дм <sup>3</sup>	Вміст нітрит-іона (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	Вміст азоту амонійних солей, мг/л
1.	8,0	0,90	0,002	0,08
2.	7,9	0,90	0,001	0,04
3.	7,3	0,55	0,002	0,08
4.	8,0	0,35	0,001	0,08
$\bar{X}$	7,8	0,67	0,0015	0,07

Таблиця 3

Фізико-хімічні характеристики проб води річки Прут

№ проби	рН	Загальний солевміст, г/дм <sup>3</sup>	Вміст нітрит-іона (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мг/л	Вміст азоту амонійних солей, мг/л
1.	6,9	0,06	0,004	0,04
2.	7,0	0,07	0,002	0,08
3.	6,8	0,05	0,004	0,08
4.	7,0	0,08	0,004	0,04
$\bar{X}$	6,9	0,065	0,0035	0,06

Аналіз отриманих результатів (табл. 1-3) показує, що значення величини рН у досліджуваних пробах води коливаються в межах 6,9-7,8. Це вказує на нейтральний характер водневого показника. Що стосується солевмісту проб води зі ставків, то його можна охарактеризувати як середній зі значеннями від 0,3–0,90 г/дм<sup>3</sup>. У відібраних пробах води із річки Прут встановлено значно менший загальний

солевміст із середнім значенням 0,065 г/дм<sup>3</sup>.

Із наведених вище результатів видно, що концентрації нітрит-іонів та іонів амоніаку досить низькі та коливаються в межах 0,0015–0,0035 мг/л для нітрит-іонів і 0,04-0,07 мг/л для амонійних солей.

Результати атомно-абсорбційного аналізу проб води відібраних з досліджуваних озер і річки Прут на вміст ВМ подано у (табл. 4-6).

Таблиця 4

Вміст важких металів у пробах води озера, розташованого на вул. Південно-Кільцевій

Об'єкт	Концентрація елементів, мг/л						
	Zn $\sigma=\pm 8\%$	Cu $\sigma=\pm 9\%$	Cr $\sigma=\pm 6\%$	Pb $\sigma=\pm 6\%$	Mn $\sigma=\pm 3\%$	Fe $\sigma=\pm 3\%$	Ni $\sigma=\pm 6\%$
1	0,055	0,009	0,018	0,056	0,041	0,098	0,013
	<b>0,035</b>	<b>0,008</b>	<b>0,017</b>	<b>0,051</b>	<b>0,029</b>	<b>0,076</b>	<b>0,011</b>
2	0,039	0,007	0,017	0,039	0,029	0,038	0,012
	<b>0,029</b>	<b>0,004</b>	<b>0,013</b>	<b>0,024</b>	<b>0,016</b>	<b>0,031</b>	<b>0,006</b>
3	0,031	0,005	0,014	0,065	0,024	0,203	0,038
	<b>0,028</b>	<b>0,004</b>	<b>0,009</b>	<b>0,045</b>	<b>0,022</b>	<b>0,176</b>	<b>0,028</b>
4	0,043	0,005	0,016	0,047	0,008	0,181	0,044
	<b>0,029</b>	<b>0,003</b>	<b>0,011</b>	<b>0,041</b>	<b>0,007</b>	<b>0,127</b>	<b>0,029</b>
$\bar{X}$	0,039	0,006	0,016	0,052	0,026	0,130	0,028
	<b>0,030</b>	<b>0,004</b>	<b>0,012</b>	<b>0,040</b>	<b>0,018</b>	<b>0,103</b>	<b>0,018</b>
ГДК	1,000	0,100	0,500	0,030	0,100	0,300	0,100

Таблиця 5

Вміст важких металів у пробах води озера, розташованого на вул. Винниченка

Об'єкт	Концентрація елементів, мг/л						
	Zn	Cu	Cr	Pb	Mn	Fe	Ni
1	0,043	0,015	0,022	0,046	0,068	0,365	0,088
	<b>0,037</b>	<b>0,009</b>	<b>0,014</b>	<b>0,042</b>	<b>0,049</b>	<b>0,288</b>	<b>0,065</b>
2	0,040	0,007	0,007	0,022	0,014	0,129	0,036
	<b>0,037</b>	<b>0,004</b>	<b>0,005</b>	<b>0,018</b>	<b>0,006</b>	<b>0,097</b>	<b>0,031</b>
3	0,039	0,007	0,013	0,035	0,02	0,222	0,052
	<b>0,033</b>	<b>0,005</b>	<b>0,009</b>	<b>0,026</b>	<b>0,015</b>	<b>0,127</b>	<b>0,046</b>
4	0,034	0,009	0,005	0,031	0,016	0,115	0,012
	<b>0,029</b>	<b>0,006</b>	<b>0,003</b>	<b>0,022</b>	<b>0,009</b>	<b>0,053</b>	<b>0,008</b>
$\bar{X}$	0,039	0,009	0,012	0,034	0,029	0,208	0,047
	<b>0,034</b>	<b>0,006</b>	<b>0,008</b>	<b>0,027</b>	<b>0,020</b>	<b>0,141</b>	<b>0,037</b>
ГДК	1,000	0,100	0,500	0,030	0,100	0,300	0,100

Таблиця 6

Вміст важких металів у пробах води річки Прут

Об'єкт	Концентрація елементів, мг/л						
	Zn	Cu	Cr	Pb	Mn	Fe	Ni
1	0,183	0,028	0,016	0,015	0,374	0,761	0,052
	<b>0,145</b>	<b>0,016</b>	<b>0,009</b>	<b>0,009</b>	<b>0,321</b>	<b>0,706</b>	<b>0,045</b>
2	0,191	0,013	0,028	0,023	0,307	0,243	0,024
	<b>0,176</b>	<b>0,008</b>	<b>0,015</b>	<b>0,015</b>	<b>0,274</b>	<b>0,217</b>	<b>0,020</b>
3	0,178	0,022	0,019	0,018	0,354	0,654	0,043
	<b>0,165</b>	<b>0,015</b>	<b>0,012</b>	<b>0,012</b>	<b>0,325</b>	<b>0,563</b>	<b>0,028</b>
4	0,184	0,025	0,024	0,024	0,343	0,724	0,039
	<b>0,159</b>	<b>0,013</b>	<b>0,015</b>	<b>0,017</b>	<b>0,331</b>	<b>0,653</b>	<b>0,023</b>
$\bar{X}$	0,184	0,022	0,021	0,020	0,344	0,595	0,039
	<b>0,161</b>	<b>0,013</b>	<b>0,012</b>	<b>0,013</b>	<b>0,310</b>	<b>0,534</b>	<b>0,029</b>
ГДК	1,000	0,100	0,500	0,030	0,100	0,300	0,100

У таблицях для кожної проби елемента подано два значення. Верхні значення відповідають валовому вмісту мікроелементів, а нижні характеризують їх вміст у профільтрованих через фільтр „синя стрічка” воді. Для порівняльної характеристики хімічного складу вод у нижньому рядку таблиць подано значення ГДК.

Аналіз результатів атомно-абсорбційного дослідження фільтрованих і нефільтрованих проб води показав, що значна частина досліджуваних мікроелементів знаходиться у твердих суспензійних частинках, які затримуються фільтром і характерніші для Плюмбуму, Феруму і Нікелю.

За даними середньостатистичних значень концентрацій досліджуваних мікроелементів побудована гістограма, яка зображена на (рис.1.). Ліві стовпчики кожного з елементів описують вміст мікроелементів у пробах води ставка, розташованого на вул. Південно-Кільцевій, середні – вул. Винниченка, праві – річки Прут.

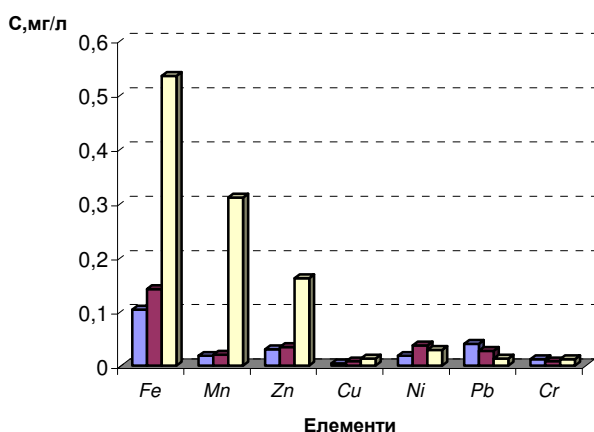


Рис. 1. Середній вміст мікроелементів у пробах води

З даних (табл. 4-6 і рис. 1.) видно, що внутрішні водойми міста мають значно

нижчий рівень концентрації Mn, Fe, Zn, Cu порівняно з такими для річки Прут. Проте у водах озер значно більший рівень таких небезпечних токсикантів, як Pb і Ni. Очевидно, що дані озера знаходяться в зоні міста, зазнаючи техногенного впливу від викидів автотранспорту, які використовують неякісне паливо, до складу якого входять сполуки Pb.

Високий рівень Mn і Fe у водах річки Прут можна пояснити тим, що ґрунти Буковини багаті вказаними мікроелементами (їх вміст може складати до кількох г/кг ґрунту). Природно, що з частинками ґрунту ці інгредієнти попадають у природні води. Забруднення Fe може носити локальний техногенний характер у результаті випадання кислих дощів і вимивання його з ґрунту.

За результатами вимірювань концентрацій мікроелементів у воді, розраховано коефіцієнти поелементного (Rz) та поліелементного (Hj) забруднення. Результати подані у (табл. 7).

У (табл. 7) подано величини коефіцієнтів поліелементного забруднення, який є сумою значень коефіцієнтів поелементного забруднення. Аналіз отриманих результатів показує, що коефіцієнт Hj має найменше значення для проб води озера, розташованого на вул. Винниченка, величина якого 2,7, а найбільше – для проб води річки Прут, яке дорівнює 6,9.

Отже, враховуючи якісний та кількісний склад токсикантів (Pb, Fe, Ni) можна стверджувати, що води озер мають підвищений рівень забруднення порівняно з граничнодопустимими їх значеннями. Екологічний стан річки Прут оцінити важче, оскільки основні забрудники в ній – Mn і Fe, підвищена концентрація яких пов'язана з високим рівнем каламутності води під час відбору проб.

Таблиця 7

Коефіцієнти поелементного (Rz) та поліелементного (Hj) забруднення важкими металами досліджуваних вод

Об'єкт	Rz							Hj
	Zn	Cu	Cr	Pb	Mn	Fe	Ni	
Озеро на вул. Південно-Кільцевій	0,1	0,1	0,1	1,7	0,3	0,4	0,3	2,8
Озеро на вул. Винниченка	0,1	0,1	0,1	1,1	0,3	0,7	0,5	2,7
р. Прут	0,2	0,2	0,1	0,7	3,4	1,9	0,4	6,9

### Висновки

Проведено аналіз поверхневих вод озер, розташованих на вул. Південно-Кільцевій, Винниченка та річки Прут на вміст Cr, Pb, Cu, Ni, Zn, Fe і Mn. Установлено, що найбільшого техногенного забруднення зазнають води, що знаходяться в зонах, поблизу автомагістралей.

Методом атомно-абсорбційної спектроскопії доведено, що вміст Zn, Cr, Cu і Ni в досліджуваних пробах води не перевищує значення їх ГДК. Зафіксовано незначне перевищення вмісту Pb, Mn і Fe, максимальний рівень яких дорівнює: Pb – 0,040 мг/л, Mn – 0,344 мг/л і Fe – 0,534 мг/л.

### Література

1. Білявський С.П., Падун М.М., Бурдей Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 308 с.
2. ГОСТ 17.15.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – Издательство стандартов, 1987.
3. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. – Л.: Химия, 1983. – 141 с.
4. Спектрометр атомно-абсорбционный С-115-М5. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 2.851.034. – 04ГО.
5. Нові державні санітарні правила і норми „Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання”. – К., 1999. – 52 с.

### Summary

**Bilogolovka V.T., Kobasa I.M., Tsimbalyuk V.V.**

### **Monitoring of the ecological state of the internal waters and river Prut of the city Chernivtsi**

The ecological state of water objects of internal ponds and the river Prut, which flows in the area of the city Chernivtsi was studied. Such the physical and the chemical parameters of waters as pH, concentration of ammonia, of nitrites ions and compounds of heavy metals have been investigated.