

measures to minimize income of these toxicants to the reservoir in order to prevent its antropogenic transformation and to improve of its ecological state.

*Key words: anionic surfactants, phenolic compounds, Kaniv reservoir, aquatic ecosystem, megalopolis*

Рекомендує до друку

Надійшла 07.03.2018

В. В. Грубінко

УДК 556.536 (477.51)

<sup>1</sup>Г. В. ГУМЕНЮК, <sup>1</sup>І. Б. ЧЕНЬ, <sup>2</sup>Н. Г. ЗІНЬКОВСЬКА

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. Кривоноса 2, Тернопіль, 46027

<sup>2</sup>Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка  
вул. Ліцейна 1, Кременець, 47003

## **ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГІДРОЕКОСИСТЕМІ р. САКСАГАНЬ (м. КРИВИЙ РІГ)**

Виявлено сезонну динаміку вмісту важких металів у воді, прибережному мулі та ґрунті ставу ім. Леніна, що утворений річкою Саксагань. Встановлено, що вода річки Саксагань, яка протікає в межах м. Кривий Ріг належить до V класу, 7 категорії – дуже брудна, згідно класифікації про ступінь антропогенного забруднення поверхневих вод суші та естуаріїв України.

*Ключові слова: важкі метали, гідроекосистема, перерозподіл, акумуляція, мул, вода, ґрунт, забруднення, р. Саксагань, м. Кривий Ріг*

Кривий Ріг – велике промислове місто з населенням більш ніж півмільйона осіб. Питання екологічної чистоти, в даний час, є найважливішим з точки зору збереження здоров'я населення промислового регіону. Це пов'язано з тим, що основним видом промисловості тут є гірничодобувна сфера – чорна та кольорова металургія. На Кривбасі видобувають три основні промислові типи залізних руд: багаті залізні руди, які безпосередньо використовуються в металургії, а також магнетитові і окиснені залізні кварци. В процесі видобутку і збагачення руд у навколишнє середовище викидається велика кількість металів, серед яких значна частка припадає на важкі метали. Важливими компонентами складових гідроекосистем є йони металів. Залежно від умов середовища (рН, окисно-відновного потенціалу, наявності лігандів) вони існують в різних ступенях окиснення і входять до складу різноманітних неорганічних і металоорганічних сполук [1,3].

Води Криворіжжя мають погану якість. Головними забруднювачами водойм регіону є підприємства металургійної промисловості, комунально-побутові скиди і змив з сільськогосподарських угідь [5].

Метою роботи є дослідити особливості накопичення важких металів (ВМ) в екосистемі річки Саксагань міста Кривий Ріг.

### **Матеріал і методи досліджень**

Об'єктом дослідження є поверхневі води річки Саксагань, що протікає в межах м. Кривий Ріг. Для дослідження вмісту Ni, Co, Pb, Zn, Cd, Fe, Cu, Mn у воді, прибережному мулі та прибережному ґрунті зразки відбирали у ставі ім. Леніна, який утворився від р. Саксагань у м. Кривий Ріг. Цей став знаходиться в близько біля шахт, зокрема відстань між шахтою «Тернівська» і точкою відбору зразків ~ 1км. Проби води відбирали з середини річки із поверхневого горизонту водойм на глибині 0,5-0,7 м. за допомогою пластикових

пробовідбірників об'ємом 1 дм<sup>3</sup>, проби прибережного мулу відбирали на глибині біля 50 см., а проби прибережного ґрунту на відстані 50 см від водойми.

Воду фільтрували через мембранний фільтр з діаметром пор 0,45 мкм, концентрували до 10 разів і визначали вміст ВМ методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії на спектрофотометрі С-115 при відповідних довжинах хвиль, що відповідали максимуму поглинання кожного з досліджуваних металів відповідно до стандартних методик [8].

Валовий (загальний) вміст важких металів визначали так: абсолютно сухий мул або ґрунт масою 0,25 г поміщали в тефлоновий тигель, додавали 2,5 мл суміші HF і 2,5 мл HClO<sub>4</sub> та випарювали насухо. Потім додавали 2,5 мл HF і 0,25 мл HClO<sub>4</sub> і нагрівали до виділення білих парів. Після цього знову додавали 0,25 мл HClO<sub>4</sub>. Залишок розчиняли в 2,5 мл HNO<sub>3</sub>. Охолоджували і добавляли 3 мл 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, суміш нагрівали протягом години, після чого фільтрували і розбавляли водою до об'єму 50 мл. Вміст металів виражали в мг на 1 дм<sup>3</sup> досліджуваних зразків. Отримані дані порівнювали з гранично допустимими концентраціями досліджуваних металів [2, 5].

Статистичну обробку одержаних експериментальних даних проводили з використанням пакету прикладних програм Microsoft Office Excel 2010 та Statistica 6.0.

### Результати досліджень та їх обговорення

**Вода.** Динаміку змін концентрацій важких металів у воді ставу ім. Леніна подано у таблиці 1. Спостерігається коливання концентрацій у період з травня по липень 2016 року, що має неоднозначний характер; спочатку знижуються показники концентрацій, а потім збільшуються. Це може свідчити лише про нерівномірне надходження важких металів у воду, а також внаслідок вторинного забруднення [6].

Таблиця 1

Сезонні зміни середніх концентрацій важких металів у воді ставу ім. Леніна, мг/дм<sup>3</sup>,  
(M±m; n=4).

Метал	Травень 2016р., мг/л	Червень 2016р., мг/л	Липень 2016р., мг/л
Cu	0,08±0,01	0,04±0,009	0,02±0,007
Pb	0,09±0,01	0,09±0,01	0,1±0,01
Cd	0	0	0
Co	0,5±0,012	0,5±0,018	1±0,08
Ni	0,15±0,07	0,02±0,005	0,12±0,07
Mn	0,34±0,09	0,27±0,08	0,6±0,1
Fe	0,7±0,012	0,5±0,01	1,36±0,2
Zn	0,007±0,0006	0,004±0,0005	0,008±0,0001

**Прибережний мул.** Прибережний мул – це найбільш стабільна складова водних екосистем, в якій відображаються основні фізико-хімічні і біологічні водні процеси. Визначальну роль в перерозподілі ВМ відіграє міцність їх зв'язування з твердими субстратами прибережного мулу, яка зростає від обмінної фракції до залишкової [6,7].

Високі частки важких металів у прибережному мулі (табл. 2.) пов'язані із формуванням комплексів з органічними речовинами природного походження навесні. Спостерігається стале зменшення концентрацій металів в прибережному мулі, що абсолютно корелює з концентраціями металів у воді ставу ім. Леніна, які зростають. Винятком є тільки нікель, концентрація якого досягла максимального показника під час дослідження у липні.

Визначальним фактором є те, що джерелом надходження нікелю у поверхневі води р Саксагань є стічні води хімічної промисловості, виробництво сплавів, виробництво кольорових металів [4].

Сезонні зміни середніх концентрацій важких металів у прибережному мулі ставу ім. Леніна, мг/дм<sup>3</sup>, (M±m; n=4).

Метали	Травень 2016р., мг/кг	Червень 2016р., мг/кг	Липень 2016р., мг/кг
Cu	1,9±0,2	0,6±0,08	1,2±0,09
Pb	4,1±0,3	2,6±0,02	2,3±0,2
Cd	0	0	0
Co	12,3±1,2	8,2±0,63	7,4±1,01
Ni	1,8±0,02	1,8±0,02	2,1±0,9
Mn	68±2,5	67,3±6,1	66,8±3,3
Fe	376,9±12,3	225±25,1	212,8±17,2
Zn	45,3±3,1	51±2,5	65,4±2,1

**Прибережний ґрунт.** Прибережний ґрунт також є повноцінним компонентом гідроєкосистеми, тому важливо дослідити динаміку коливань концентрацій важких металів у період з травня по липень 2016 р. Ґрунт є відкритою підсистемою геохімічного ландшафту, яка пов'язана потоками речовин і енергії з приземною атмосферою, із сукупністю нижчих і вищих рослин та тварин, поверхневими і підземними водами. З іншого боку він є інформаційною системою про техногенні аномалії внаслідок дії токсикантів – важких металів. Ґрунт безпосередньо впливає на забруднення харчового ланцюга. Одним із поширених видів антропогенного забруднення є надходження важких металів в ґрунт. Мобільність важких металів і, відповідно, токсичність їх для водних організмів в умовах забруднення залежать від багатьох компонентів і властивостей ґрунту. У профілі ґрунтів важкі метали розподіляються по-різному [9].

Однак, найчастіше збагачені ними верхні гумусові горизонти. Особливо характерний такий розподіл для забруднених ґрунтів. Збагачення верхніх горизонтів ґрунтів важкими металами пов'язують, звичайно, з двома процесами – надходженням ВМ у верхні горизонти ґрунтів з атмосфери і міцним зв'язуванням їх гумусовими речовинами ґрунтів. Накопичення деяких важких металів у верхніх горизонтах незабруднених ґрунтів пов'язують також з біологічним переносом важких металів з нижніх горизонтів по кореневих системах рослин, а також з режимом випаровування ґрунтів.

Кислі ґрунти, які зустрічаються поблизу р. Саксагань, демонструють меншу здатність утримувати важкі метали, ніж інші види ґрунтів [4]. Високі частки важких металів пов'язані із залуженням ґрунтів в знижених ділянках поблизу водойм, що спричинює утворення сполук важких металів із складовими ґрунту навесні (табл. 3.). Концентрації купруму, кобальту, феруму та мангану плавно зменшуються від травня до липня. Загальновідомо, що купрум, ферум, кобальт, манган утворюють досить міцні комплексні сполуки з природними органічними лігандами. Слід зазначити, що поверхнева взаємодія таких комплексів з глинистими частинками є досить значною. Навесні у ґрунтах також формуються комплекси купруму, феруму, кобальту, мангану з органічними речовинами природного походження. Цим можна пояснити високі концентрації згаданих металів навесні. Зауважимо, що зменшення вмісту даних металів у липні пов'язано їх важливою роллю у колообігу речовин організмів (табл. 3).

Головним джерелом цинку є сульфатні руди, які залягають в ґрунтах Криворіжжя. Також, цинк використовують у водопровідних та опалювальних системах. Наявність цинку в прибережних ґрунтах можна також пояснити спорідненістю металу з оксидами феруму та мангану, які утворюють фракцію залізо-марганцевих оксидів.

Сезонні зміни середніх концентрацій важких металів у прибережному ґрунті ставу ім. Леніна, мг/дм<sup>3</sup>, (M±m; n=4).

Метали	Травень 2016р., мг/кг	Червень 2016р., мг/кг	Липень 2016р., мг/кг
Cu	2,2±0,61	2,8±0,2	0,21±0,01
Co	9,1±0,9	4±0,032	6,3±0,08
Cd	0	0	0
Pb	2,4±0,03	4±0,021	4,2±0,011
Ni	3,6±0,12	1,8±0,005	1,9±0,004
Fe	231,1±9,2	190±5,9	203,7±10,1
Mn	85,5±8,2	26±1,2	35,7±3,9
Zn	52,8±4,2	76±5,9	102,9±8,1

Проаналізувавши отримані дані і порівнявши їх з ГДК<sub>рибогосп.</sub> можемо зробити висновок про наявність у складових гідроекосистеми р. Саксагань великої кількості концентрацій важких металів. Їх концентрація перевищує ГДК<sub>рибогосп.</sub> у кілька разів, деякі у десятки разів [2, 4].

### Висновки

Досліджено сучасний рівень токсикологічного забруднення р. Саксагань важкими металами на основі аналізу зразків води, прибережного мулу та прибережного ґрунту.

Виявлено сезонну динаміку вмісту важких металів у воді, прибережному мулі та прибережному ґрунті ставу ім. Леніна, який утворений річкою Саксагань, що має коливальний характер: у воді спостерігається зниження рівня концентрації всіх досліджуваних металів (червень), а потім підвищення (липень), та позитивно корелює з концентраціями металів в прибережному мулі.

Для удосконалення екологічного стану річки Саксагань у м. Кривий Ріг необхідно покращити стан шахтних стічних вод, що потрапляють у водойму, шляхом застосування фізико-хімічних, хімічних та біологічних методів очистки.

1. *Белоконь В.Н.* Формы нахождения тяжелых металлов в донных отложениях водохранилищ Днепра / Белоконь В.Н., Нахшина Е.П. // Гидробиологический журнал. — 1990. — Т. 26, № 2. — С. 83—89.
2. *Валовий* фоновий вміст і ГДК важких металів [Електронний ресурс]: [Веб-сторінка]. — Електронні дані. — Режим доступу: [www.studfiles.ru/preview/5513287/page:5/](http://www.studfiles.ru/preview/5513287/page:5/)
3. *Гуменюк Г.Б.* Сезонна динаміка вмісту і міграції міді, кобальту, кадмію та свинцю в екосистемі Тернопільського ставу / Г.Б. Гуменюк // Наукові записки ТДПУ. Сер. „Біологія”. — 2001. — Т. 2, № 13 — С. 190—193.
4. *Екологічна* ситуація у місті Кривий Ріг [Електронний ресурс]: [Веб-сторінка]. — Електронні дані. — Режим доступу: [http://kr.gov.ua/karta\\_saytu\\_pidrozdili\\_vikonkomu/upravlinnya\\_ekologii/ekologichna\\_situatsiya\\_u\\_misti\\_kriviy\\_rig](http://kr.gov.ua/karta_saytu_pidrozdili_vikonkomu/upravlinnya_ekologii/ekologichna_situatsiya_u_misti_kriviy_rig)
5. *Клименко М. О.* Моніторинг довкілля: підруч. / М. О. Клименко, А. М. Прищеп, Н. М. Вознюк. — К. : Видавничий центр «Академія», 2006. — 360 с.
6. *Линник П. Н.* Обмен органическими веществами и соединениями металлов в системе “донные отложения — вода” в условиях модельного эксперимента / П. Н. Линник, Т. А. Васильчук, Ю. Б. Набиванец // Экол. хим. — 1997. — Т. 6, № 4. — С. 217—225.
7. *Линник П.Н.* Тяжёлые металлы в поверхностных водах Украины: содержание и формы миграции / П.Н. Линник // Гидробиол. журн. — 1999. — Т. 35, № 1. — С. 22—41.
8. *Методические* указания. Атомно – абсорбционное определение металлов (Al, Ag, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, V, Zn) в поверхностных водах суши с прямой электротермической атомизацией проб./ Старушенко Л. И., Бушуев С. Г. — Одесса: Астропринт, 2001. — 151 с.
9. *Klerks P.L.* Ecotoxicology: Problems and Approaches / P.L. Klerks, J.S. Levinton. — New York: Springer, 1989. — P. 41—67.

*Г. Б. Гуменюк, И. Б. Чень, Н. Г. Зиньковская*

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка  
Кременецкая областная гуманитарно-педагогическая академия имени Тараса Шевченко

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГИДРОЭКОСИСТЕМЕ  
р. САКСАГАНЬ (г. КРИВОЙ РОГ)**

Выявлено сезонную динамику содержания тяжелых металлов в воде, прибрежном иле и прибрежной почве пруда им. Ленина, что образован рекой Саксагань.

Установлено, что вода реки Саксагань, которая протекает в черте г. Кривой Рог относится к V классу, 7 категории – очень грязная, согласно классификации о степени антропогенного загрязнения поверхностных вод суши и эстуариев Украины.

*Ключевые слова: тяжелые металлы, гидроэкосистема, перераспределение, аккумуляция, вода, почва, загрязнение, р. Саксагань, г. Кривой Рог*

*H. B. Humenyuk, I. B. Chen, N. G. Zinkovska*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine  
Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine

**HEAVY METALS ACCUMULATION IN THE SAKSAGAN RIVER'S HYDROECOSYSTEM,  
KRYVVI RIH**

Kryvvi Rih waters are poor quality. The main contaminants of reservoirs are the enterprises of the metallurgical industry, communal and domestic discharges and flushing out of agricultural land.

Metal ions are important components of hydroecosystem. Depending on the environmental conditions (hydrogen index, oxidation-specific potential, availability of ligands), they exist in different degrees of oxidation and metal ions are part of various inorganic and organometallic compounds.

The seasonal dynamics of the content of heavy metals is revealed in water, coastal muds and soil of Lenin pond, which is formed by the Saksagan River. In water, there is a decrease in the concentration level of all the metals under study (June), and then an increase (July), which positively correlates with the concentrations of metals in the coastal mud.

It was established that the water of the Saksagan River, which flows within the city Kryvvi Rih, belongs to the V class, and 7th category is very dirty according to the classification of the level of anthropogenic pollution of surface waters of land and estuaries of Ukraine.

In order to change the ecological state of the Saksagan River in the city Kryvvi Rih, it is necessary to improve the status of the mine wastewater entering the reservoir, using physical, chemical and biological methods of treatment.

*Key words: heavy metals, hydroecosystem, redistribution, accumulation, silt, water, soil, contamination, the Saksagan, Kryvvi Rih*

Рекомендує до друку  
В. В. Грубінко

Надійшла 12.03.2018