

вод, охоронних зон вод, розташованих поряд оздоровчих санаторіїв та об'єктів природно-заповідного фонду.

Створення полігонів відходів дозволяється за умов улаштування дренажу з облаштованим протифільтраційним екраном, в зоні III поясу санітарної охорони водозборів – за наявності природної захищеності. Крім цього важливою умовою є розташування ґрунтових вод на ділянці полігонів на глибині не менше 2 м від його основи.

Таким чином для мінімізації забруднення водних екосистем полігонами ТПВ слід орієнтуватись на будівництво сталих полігонів ТПВ або, при проектуванні інженерних полігонів передбачати можливість їх переведення (реконструкцію) в сталі (sustainable) полігонали.

### Акумуляція рідкоземельних металів у донних відкладах р. Уж

Михайло ВАКЕРИЧ<sup>1</sup>, Віктор ШВАРТАУ<sup>2</sup>, Ярослава ГАСИНЕЦЬ<sup>1</sup>, Людмила МИХАЛЬСЬКА<sup>2</sup>,  
Владислав МІРУТЕНКО<sup>1</sup>

1- Ужгородський національний університет, біологічний факультет, Україна;  
e-mail: mykhailo.vakerich@uzhnu.edu.ua

2- Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Україна; e-mail: victorschwartau@gmail.com

Загальна площа поверхневих водних об'єктів України становить 24,1 тис.км<sup>2</sup> (4%) від загальної площі країни – 603,7 тис.км<sup>2</sup>. До них належать озера, водосховища, річки, канали, ставки тощо. В результаті воєнного вторгнення росії на територію України проблема зміни екологічного стану поверхневих водних об'єктів країни є особливо актуальною для усіх 9 водних басейнів, що існують на території держави. У басейнах річок Дніпра, річках Приазов'я, окремих приток Західного Бугу і Дністра, річки Сіверський Донець якість води відносять до VI класу («дуже брудна») відповідно до вимог СанПіН 2.2.4-171-10 [4].

Система екологічного моніторингу – це відкрита інформаційна система, основною метою функціонування якої є захист екологічних інтересів суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям [5].

Для об'єктивної комплексної екологічної оцінки гідроекосистеми одним з найбільш інформативних об'єктів вивчення є донні відклади. Донні відклади є відкритою фізико-хімічною системою, а складові іону донних відкладів можуть інформувати про перебіг біотичних та абіотичних процесів довкілля [9]. Акумуляючи поліюанти, що потрапляють у водний об'єкт протягом певного часового проміжку, донні відклади є індикатором екологічного стану території, своєрідним інтегральним показником рівня і масштабу техногенного забруднення [2, 8].

Річка Уж бере свій початок неподалік Ужоцького перевалу та впадає в річку Лаборець (Словацька Республіка). Протяжність р.Уж в межах області становить 112,8 км, а площа водозбору – 1 582 км<sup>3</sup>. Похил річки – 7,2 м/км, ширина – переважно 15–30 м. Гідробіологічні особливості даної водойми зумовлюють її поділ на три частини: верхню – гірську, середню – передгірну та нижню – низинну, де річка набуває рівнинного типу [3]. За статусом р. Уж належить до транскордонних водотоків, а також є одним з основних джерел питного водопостачання для м. Ужгород, так і для прилеглих сіл. Тому проведення комплексних досліджень щодо оцінки екологічного стану річки Уж є актуальним.

Нами проведено визначення концентрацій рідкоземельних металів (лантаноїдів) у донних відкладах р. Уж.

До родини лантаноїдів відносять 15 елементів Періодичної системи: лантан (La), церій (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометій (Pm), самарій (Sm), європій (Eu), гадоліній (Gd), тербій (Tb), диспрозій (Dy), гольмій (Ho), ербій (Er), тулій (Tm), ітербій (Yb) і лютецій (Lu).

Рідкоземельні метали (РЗМ) зустрічаються в багатьох мінералах, кількість яких досягає 100. Вони утворюються при поділі урану та плутонію та є побічними продуктами при виділенні таких промислово важливих металів, як уран, торій, ніобій, тантал, титан. Поклади руд РЗМ є в 34

країнах, найбільші з них розташовані в Бразилії (32%) та Китаї (22%). Концентрація металів у рудах дуже низька, а процеси видобутку й переробки до рівня промислового використання відрізняються токсичністю та витратністю [6].

Незважаючи на те, що лантаноїди дуже мало поширені в земній корі проте вони широко застосовуються в металургії, атомній енергетиці, оптичній промисловості, ракетобудуванні, хімічній промисловості та військово-промислому комплексі [1].

Завдяки особливостям структури РЗМ, що надають їм різні оптичні, електричні, металургійні та магнітні властивості, рідкоземи широко використовують у промислових і, передусім, оборонних технологіях [7]. Так з 12 т загальної маси американського багатодієвого винищувача п'ятого покоління F-35 рідкоземи становлять 417 кг (3,5%), для 9500-тонного ракетного есмінця типу Arleigh Burke цей показник становить 2360 кг, а для атомного підводного човна типу Virginia (8700 т) – 4173 кг [6]. Тому, РЗМ є важливою складовою сучасної світової економіки, а їх вміст в компонентах біоценозів може слугувати індикатором рівнів антропогенного впливу.

Для визначення вмісту рідкоземельних металів у донних відкладах р. Уж відбір зразків проводили у 3 точках: околиці міста Перечин (48°43'38.0"N 22°27'35.0"E), околиці села Сторожниця (48°36'33.0"N 22°14'40.2"E) та в якості контрольної точки було обрано найменш антропогенно трансформовану ділянку в околицях с. Волосянка (48°59'07.3" N, 22°50'01.7" E). Відбір проб проводили протягом червня-серпня 2016 року.

Визначення концентрацій рідкоземельних металів у донних відкладах р. Уж проводили на базі відділу мінерального живлення рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. Донні відклади відбирали згідно з ДСТУ 17.1.5.01.80, з врахуванням морфології русла річки. Аналіз проб здійснювали на емісійному спектрометрі на ICP-MS «Agilent 7700x». Донні відклади аналізували після озолення наважок азотною кислотою за допомогою мікрохвильової системи пробопідготовки Milestone Start D. Розчини готували на воді I класу (18 Мом), підготовленою на системі очищення води Scholar-UV Nex Up 1000 (Human Corporation, Корея). Як калібрувальні стандарти використовували розчини Multielement standard solution 5 for ICP (Fluka).

Отримані результати вмісту лантаноїдів у донних відкладах річки Уж демонструють відмінності у розподілі даних металів, залежно від точки відбору проби (див. таблицю).

Концентрація рідкоземельних металів у донних відкладах р. Уж

Рідкоземельний метал	Місце відбору проб та концентрація металу (мг/кг)		
	Волосянка	Перечин	Сторожниця
Лантан (La)	5,369±0,002	11,647±0,007	5,86±0,005
Церій (Ce)	12,899±0,003	24,747±0,006	12,901±0,004
Празеодим (Pr)	1,575±0,003	3,04±0,0069	1,576±0,004
Неодим (Nd)	6,846±0,004	12,362±0,008	6,325±0,004
Самарій (Sm)	1,974±0,005	2,5806±0,0093	1,347±0,002
Європій (Eu)	0,509±0,004	0,5498±0,015	0,272±0,003
Гадоліній (Gd)	2,275±0,005	2,544±0,0087	1,36±0,003
Диспрозій (Dy)	1,607±0,004	1,561±0,0093	0,897±0,002
Гольмій (Ho)	0,243±0,004	0,316±0,027	0,141±0,002
Ербій (Er)	0,617±0,003	0,687±0,014	0,403±0,009
Тулій (Tm)	0,054±0,0026	0,149±0,05	0,0302±0,01
Ітербій (Yb)	0,419±0,009	0,532±0,018	0,303±0,0019
Лютецій (Lu)	0,035±0,009	0,14±0,059	0,022±0,014

Відмічаємо, що концентрації лантану, церію, празеодиму, неодиму, самарію, тулію та лютецію в донних відкладах в околицях м. Перечин перевищували відповідні показники в с. Сторожниця та Волосянка в 2 рази. Припускаємо, що причиною цього можуть бути розміщення на території даного міста об'єктів хімічної промисловості, стоки виробництва яких частково самоочищуються шляхом замулення.

Концентрації європію, гадолінію, диспрозію, гольмію та ітербію в донних відкладах, відібраних на контрольній ділянці (с. Волосянка) були майже рівними визначеним концентраціям в пробах м. Перечин, що може свідчити про вимивання даних РЗМ з материнської породи дна річки за рельєфними особливостями водного об'єкта на даній території.

Дослідження розподілу РЗМ у донних відкладах річки Уж демонструє значний вплив рельєфної диференціації, а також підприємств промисловості щодо впливу на рівні їх акумуляції. Аналіз донних відкладів РЗМ може бути показником екологічного стану водного об'єкта та рівнів антропогенного впливу на нього.

1. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Наказ Міністерства охорони здоров'я від 12.05.2010 №400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.
2. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>.
3. Маджд С.М., Александрова А.С. Визначення потенційної небезпеки донних відкладів гідроекосистем з інтенсивним техногенним навантаженням // Наукоємні технології № 3 (31), 2016. – С. 331-334.
4. Ніколайчук В.І., Вакерич М.М., Шпонтан Ю.М., Карпюк М.К. Сучасний стан водних ресурсів Закарпаття // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2015. – Вип. 23 (2). – С. 116-123. <https://doi.org/10.15421/011517>
5. Любич О.Й., Пчелінцев В.О. Фізичні основи металургії, кольорових і рідкоземельних металів: навчальний посібник – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 226 с. ISBN 978-966-657-255-7.
6. США-Китай. Війна за метал. Матеріал друкованого видання «Український тиждень» № 24 (708) від 16.06.2021/ [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://tyzhden.ua/ssha-kytaj-vijna-za-metal/>.
7. Arienzo, M.; Ferrara, L.; Trifuoggi, M.; Toscanesi, M. Advances in the Fate of Rare Earth Elements, REE, in Transitional Environments: Coasts and Estuaries. Water 2022, 14, 401. <https://doi.org/10.3390/w14030401>.
8. Liu H, Li L, Wang X, Ren Y, Shi X. Determination of Rare Earth Elements in Pore Water Samples of Marine Sediments Using an Offline Preconcentration Method. Arch Environ Contam Toxicol. 2021 Nov;81(4):553-563. doi: 10.1007/s00244-020-00793-0. Epub 2021 Jan 2. PMID: 33386941.
9. Sojka, M., Choiński, A., Ptak, M. et al. Causes of variations of trace and rare earth elements concentration in lakes bottom sediments in the Bory Tucholskie National Park, Poland. Sci Rep 11, 244 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80137-z>

## Аналіз стану криничних вод міста Стебник методом біотестування

Наталія ГОЙВАНОВИЧ, Світлана МОНАСТИРСЬКА, Анна ГОЛОВКЕВИЧ

Дрогобицький державний педагогічний університет ім. Івана Франка, Україна;  
e-mail: [natahoyvan@gmail.com](mailto:natahoyvan@gmail.com); [svitlana.monastyrska@gmail.com](mailto:svitlana.monastyrska@gmail.com)

Упродовж останніх років ґрунтово-кліматичні умови Карпатського регіону значно змінилися. У 2019-2020 рр. за червень випала річна норма опадів й надмірне перезволоження ґрунтів зумовило паводки і надходження поверхневих вод у криниці. У 2021-2022 рр. навпаки спостерігалось дуже посушливе літо з аномальними температурними піками +33°C. Крім того, зими впродовж останніх п'яти років були малосніжними з невеликою кількістю опадів [1].

Усі ці фактори спричинили значні коливання рівня вод у криницях та концентраціях забруднюючих речовин у них. Упродовж літа фіксували низький рівень вод у криницях регіону. Це стало особливо відчутним при появі великої кількості внутрішньо переміщених осіб у зв'язку з воєнними діями в Україні.

Стебник є невеликим провінційним містом, для якого характерні регулярні екологічні проблеми у зв'язку з видобутком калійних добрив і його наслідків у вигляді шахт і хвостосховищ [2]. Частина міста забезпечена централізованим водопостачанням, якість вод якого контролюється відповідними службами. Проте, приватний сектор вживає воду з індивідуальних криниць і свердловин, якість вод в яких контролюється спорадично, й то на вимогу населення.