

УДК 911.53

## ОЦІНКА ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ДОНБАСУ

Є. О. Яковлев<sup>1</sup>, А. О. Сплодитель<sup>2</sup>, С. М. Чумаченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Інститут телекомунікації і глобального інформаційного простору НАН України,  
Чоколівський б-р, 13, 03086, Київ, Україна, yakovlev@niss.gov.ua  
<https://orcid.org/0000-0001-6934-618X>

<sup>2</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М. П. Семененка НАН України,  
просп. Академіка Палладіна, 34, 03142, Київ, Україна, asplodytel@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-8109-3944>

<sup>3</sup>Національний університет харчових технологій,  
вул. Володимирська, 68, 01033, Київ, Україна, sergiy23.chumachenko@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-8894-4262>

Стаття присвячена оцінці еколого-геохімічного стану поверхневих вод Донбасу, їхньому забрудненню внаслідок просторово-часових змін природних та техногенних факторів. Встановлено, що хімічне забруднення виникає внаслідок проникнення елементів-полутантів в поверхневі води в результаті фільтраційних витоків з відстійників, скидів вод підприємствами вугільної, хімічної, металургійної, коксохімічної і нафтохімічної промисловості. Зафіксовано підвищені концентрації біогенних елементів (мінеральних форм азоту і заліза) у водах річки Сіверський Донець та Лугань. Найбільш істотне погіршення якості підземних вод за рахунок високого вмісту сульфатів та хлоридів спостерігається на вододілах долини річки Лугань.

Результати вимірювань вмісту металів засвідчили підвищений вміст міді та марганцю, окремі значення виходять за межі середньорічної концентрації встановленого нормативу. В цілому, аналіз результатів вмісту забруднюючих речовин в досліджуваних річкових басейнах не виявив значних змін вмісту важких металів за період військових дій у порівнянні з результатами державного моніторингу до 2014 р. Отримані експериментальні дані свідчать, що у всіх досліджуваних об'єктах за вмістом в донних відкладах домінує ванадій, хром, мідь. Найбільше накопичення вмісту важких металів відбувається в р. Бахмутка та р. Кривий Торець. Встановлено, що в пробах донних відкладів р. Кривий Торець кратність перевищення фонового значення для міді та свинцю становить 4-5 разів. Перевищення фонового вмісту цинку сягає 10 разів, ванадію – 4 рази. Аналогічні показники дещо нижчі у Волинцевському водосховищі, що пов'язано з більш інтенсивними процесами водообміну та особливостями гранулометричного складу донних відкладів. Концентрація цинку перевищує фоновий рівень у 3 рази, ванадію і марганцю в 2 рази.

Важкі метали в донних відкладах досліджуваних водних об'єктів розподілені нерівномірно. Домінуючу роль за вмістом в донних відкладах займає ванадій та мідь. Концентрація цинку, ванадію, нікелю в окремих об'єктах також перевищує їх регіональний фоновий вміст. У мінімальних кількостях виявлений титан.

**Ключові слова:** еколого-геохімічні умови; поверхневі води; донні відклади; важкі метали; промислові стоки.

### 1. ВСТУП

Прискорений розвиток промисловості у Донбасі призвів до широкомасштабного зарегулювання поверхневих вод у малих та середніх річках Донбасу, а також визначив нові еколого-геохімічні умови формування поверхневого стоку. Техногенний вплив комунально-промислових стоків на річковий стік Донбасу за умов нестійкої роботи очисних споруд більшості міст та селищ є досить небезпечним. Крім того, зростання впливу додаткового територіального забруднення як поверхневих, так і підземних джерел господарсько-питного водопостачання

(ГПВ) при затопленні шахт і неконтрольованих витоків мінералізованих і забруднених вод є підставою виникнення надзвичайних ситуацій на об'єктах, що є ключовими елементами критичної інфраструктури життєзабезпечення місцевого населення. Така техногенна вразливість джерел ГПВ формує високий ризик надзвичайних ситуацій екологічного походження, в тому числі інфекційних та неінфекційних захворювань, що можуть виникати через вживання забрудненої питної води.

Збройний конфлікт, що триває тут з 2014 року, окрім інших проблем, став також причиною

нових екологічних загроз у регіоні. Дослідження сучасного еколого-геохімічного стану поверхневих та підземних вод Донбасу ускладнені важкою доступністю до багатьох територій, неможливістю виконання повноцінних експериментальних робіт та отримання необхідної інформації.

Головною метою роботи є оцінка еколого-геохімічного стану поверхневих вод Донбасу як джерел господарсько-питного водопостачання для населення Донецької і Луганської областей.

*Аналіз досліджень і публікацій.* Численні наукові прогнози екологічних змін природного середовища Донбасу відображені в працях В.Д. Бабушкіна, Г.І. Рудька, М.М. Коржнева, Н.Г. Лютої, А.В. Лушика, С.М. Чумаченка, В.М. Шестопалова, С.О. Яковлева та інших науковців.

Оснвою еколого-геохімічних досліджень техногенно забруднених територій складають праці Б.Ф. Міцкевича (1971, 1981), Е.В. Соботовича (1991, 2002), А.С. Войновського (1983), Л.Л. Малишевої (1998), В.В. Доліна (2004, 2011), І.В. Кураєвої (2002, 2015, 2019), Н.Г. Лютої (2003), інших дослідників.

Дослідження свідчать про нестабільність показників хімічного складу та водно-фізичних параметрів (температура, прозорість, смак тощо) поверхневих вод регіону, що визначається перманентною гірничодобувною діяльністю. Зниження водовідливу обумовлює прискорення затоплення шахт і збільшення перетоків шахтних забруднених мінералізованих вод у горизонт ґрунтових вод та поверхневий стік річок, які є провідним и джерелами ГПВ.

Оцінка еколого-геохімічного стану поверхневих вод Донбасу на підконтрольній та невідконтрольній українському уряду територіях була обумовлена активним використанням місцевим населенням локальних джерел за межами центральної системи водопостачання «Вода Донбасу». Тому з урахуванням рекомендацій місцевих підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Міністерства охорони здоров'я та обласних військово-цивільних адміністрацій були визначені пункти обстеження поверхневих водотоків з метою виявлення джерел забруднення та встановлення рівня небезпеки.

## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Регіональні геохімічні оцінки вразливості поверхневих вод Донбасу до природних та техногенно-порушених умов регіону були виконані за ініціативою Центру гуманітарного діалогу імені Анрі Дюнан (HD center, Швейцарія) групою фахівців НАН України в рамках проєкту «Попе-

редня оцінка екологічної небезпеки резервних джерел господарсько-питного водопостачання населення Донбасу (Донецька та Луганська області) за умов АТО» та науково-дослідної роботи відділу геохімії техногенних металів та аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України «Трансформація сполук важких металів у компонентах довкілля урбанізованих території України» (2017-2021).

Лабораторні дослідження проб води виконано методами мас-спектрометрії з індукційно зв'язаною плазмою (ICP-MS аналіз, аналізатор ELEMENT-2, виробництво Німеччина) в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України та в науково-технічному центрі випробування води Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України. Досліджено 338 проб води.

## 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### *Гідрогеологічні умови.*

В регіональному аспекті умови накопичення ресурсів і формування якості поверхневих та підземних вод Донбасу є складними і різноманітними. Специфіка гідрогеологічних умов різних зон Донецької і Луганської областей на сучасному етапі формування є результатом складної взаємодії геологічних (склад водоносних порід, їх розчинність та ін.), фізико-географічних (кількість опадів, розвиток річкової мережі, клімат та ін.) та, в останні десятиріччя техногенних (дренування шахтами, кар'єрами, водозаборами, інфільтрація техногенних забруднень та інші) чинників. Характерними є розвиток тріщинувато-пористих вод з достатньою промітністю водоносних порід до глибини 100-200 м [1-3].

Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн багатий на прісні підземні води, які формуються у мезо-кайнозойських відкладах. У Донецькій гідрогеологічній складчастій області в межах поширення палеозойського складчастого комплексу метаморфізованих осадових порід (від девону до початку мезозою) запаси підземних вод приурочені до водоносних комплексів юрських, тріасових, нижньопермських і кам'яновугільних відкладів [3].

Природні та техногенно-порушені території у вугледобувних районах Донбасу у теперішніх умовах функціонування гірничо-добувних комплексів, промислово-міських агломерацій, об'єктів критичної інфраструктури, в тому числі систем ПГВ, а також в зонах бойових дій мають

певні особливості та відміни. До особливостей природних та техногенно-порушених територій Донбасу належать [3,4]:

- *геолого-структурні*: різноманітність форм та розмірів складчастих структур басейну (по формі це синклінальні та антиклінальні споруди від лінійних до брахіскладок із заляганням верств порід від горизонтального до майже вертикального); приналежність шахт до певних геоморфологічних елементів та ступінь розчленування рельєфу в зонах формування водозбору над шахтними полями; анізотропність кам'яновугільних відкладів у просторі і часі;

- *гідрологічні*: залежність площ підземних прісних та слабо- мінералізованих вод від протягання порід та перешарування добре- і слабо-проникних порід, що складають водоносні горизонти кам'яновугільних відкладів; скорочення кількості їх ділянок та площ з початком процесу затоплення нерентабельних шахт та кар'єрів;

- *способи і система розробки родовищ кам'яного вугілля*: наявність дуже складної системи гірничих виробок у широкому діапазоні глибин з великою кількістю закритих і затоплених шахт; тривалість експлуатації шахт;

- *гідродинамічні*: неврегульований характер руху підземних вод в діючих та закритих шахтах; наявність регіональних та місцевих депресійних воронок, що поширюються далеко за межі шахтних полів;

- *інженерно-геологічні*: формування мульд просідання земної поверхні над шахтними полями, в яких утворились ділянки підтоплених територій; гідростатичне та дегідратійне стискання ґрунтового покриву внаслідок утворення депресійних воронок.

*Фактори впливу екологічно небезпечних об'єктів.*

Екологічний вплив промислових об'єктів Донбасу здебільшого залежить від їх положення відносно регіонально розвинутої техногенної тріщинуватості порід, тектонічних порушень.

Результатом комплексного впливу посиленої інфільтрації мінералізованих шахтних вод, геохімічного забруднення, порушення регіональних водотривів та інших процесів стала практично повна трансформація ландшафтно-геохімічної структури території [2,3].

В зв'язку з різкою різницею проникності та величини інфільтраційного живлення покривних та кам'яновугільних відкладів у межах більшості територій Донбасу сформувалася двошарова структура гідрогеофільтраційного потоку [3]:

- латеральний розвиток техногенного ґрунтового водоносного горизонту, що мають природно-техногенний режим живлення;

- площинні групи локальних депресій рівнів підземних вод в межах шахтних полів та ділянок геологічних структур, що приурочені до зон підвищеного дренажного впливу гірничих робіт (пласти проникних піщаників, вугілля, тектонічні порушення, гідравлічні збійки виробок та ін.).

Технічний вплив підприємств вугільної промисловості на водні ресурси здійснюється також через породні відвали шахт та збагачувальні фабрики, які містять сполуки сірки та є активними джерелами сульфатів. З одного породного відвалу дощовий стік вимиває 407 т/год зважених речовин і до 8 т солей.

Всі ці забруднювальні речовини потрапляють в водотоки та ґрунтові води. Використовувані в басейні джерела підземних вод не захищені з поверхні та мають тісний гідравлічний зв'язок не лише з сильно забрудненими водоймами, але з великою кількістю ставків-накопичувачів, хвостосховищ, відстійників, масивами зрошення поверхневими стічними водами [2,3].

Поверхневий стік середніх і малих річок в басейні формується, в основному, за рахунок забруднюючих промислових скидів, шахтних водовідливів (табл. 1). Ці водотоки є основними

**Таблиця 1** – Розподіл забруднюючих промислових скидів  
**Table 1** – Distribution of industrial polluting discharges

	Скид підприємствами, млн. м <sup>3</sup> /год						
	Донецька обл.	Луганська обл.	р. Казенний Торець	р. Кальміус	р. Сіверський Донець	р. Лугань	Азовське море
Всього	2731,92	1053,65	422,23	1012,24	1966,38	356,70	4661,38
Стічних	2177,45	746,95	389,76	830,34	1698,32	214,76	3578,79
Шахтно-рудничих	447,09	287,02	29,31	177,68	243,87	133,47	686,05
Колекторно-дренажних	6,76	11,54	2,17	4,26	16,05	7,84	397,54

приймачами всіх стічних вод і наносів, які не справляються з обсягами забруднення.

Саме тому в них не відбувається природна очистка за рахунок розбавлення природними водами річок та природних біологічних процесів.

Шахтні води щодобово привносять лише в басейн р. Лугань більше 1000 т солей переважно сульфатно-хлоридного складу. Річки Сіверський Донець і Лугань в середньоводні роки приймають в 2,2 рази більше обсягів промислових стоків з водозбірної площі Луганської області в порівнянні з маловодними фазами.

В Луганській області шахтний водовідлив є одним з основних факторів, що призводить до осушення окремих водоносних горизонтів. Найбільше зниження рівня підземних вод спостерігається в шахтах Горської-Первомайськ-Кіровської групи. Вплив шахтного водовідливу проявляється в дренаванні підземних вод всіх основних водоносних горизонтів, де депресійні воронки досягнули значних розмірів. Орієнтовна площа здренованого четвертинного водоносного горизонту для вищезазначеної території складає 9 км<sup>2</sup> [4-6].

Хімічному забрудненню сприяє проникнення елементів-поллютантів в поверхневі та підземні води в результаті фільтраційних витоків з відстійників, скидів вод підприємствами вугільної, хімічної, металургійної, коксохімічної і нафтохімічної промисловості. Найбільший осередок засолення підземних вод площею 66 км<sup>2</sup> сформувався в басейні р. Сіверський Донець в районі відходів Лисичанського содового заводу (Лисичанськ), ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» (Северодонецьк), ТОВ «Рубіжанський Краситель» (Рубіжне). Мінералізація підземних вод досягає 124 г/дм<sup>3</sup>, фенолу – 0,8 г/л, амінопродуктів – 0,16 г/дм<sup>3</sup>, нітропродуктів – 0,57 г/дм<sup>3</sup>. Аналіз міграції високотоксичних рідинно-газових аерозолів в гірничих виробках свідчить про їх об'ємний розподіл в поровому просторі, синергізмі з органічно-мінеральними спо-

луками гірничих порід (вугільна смола, сульфідні сполуки піриту), можливості надходження з парами шахтної води. Крім того, температура випаровування багатьох токсичних сполук (нітрозних, хлорбензольних та ін.) складає 7-700° С, в зв'язку з чим можлива їх локальна концентрація в рідкій (при зниженні температури) та газовій (при нагріванні) формах.

Другий осередок забруднення продуктами нафтопереробної промисловості площею 9,8 км<sup>2</sup> і на глибину 0,4 м сформований Лисичанським нафтопереробним заводом.

Найбільш істотне погіршення якості підземних вод за рахунок високого вмісту сульфатів та хлоридів спостерігається на вододілах долини річки Лугань (табл. 2), нижче Хорошанського вододілу:

- Родаківський водозбір – зростання мінералізації з 930 до 972 мг/дм<sup>3</sup>;
- Насосна станція м. Луганська №3 – з 793 до 835 мг/дм<sup>3</sup>;
- Насосна станція №4 м. Луганська – з 1055 до 1129 мг/дм<sup>3</sup>;
- Насосна станція «Луганськтепловоз» – 1319 до 1445 мг/дм<sup>3</sup>.

В водах р. Сіверський Донець в межах Луганської області перевищені ГДК за сухим залишком, азотом та фенолом. Нижче за течією від ТОВ «Рубіжанський Краситель» в воді зафіксовано амінопродукти (анілін), нітропродукти (нітрохлорбензол), цинк, азот нітритний, феноли.

Більшість підземних джерел питного водопостачання розташовані в долинах річок та малих водотоків і пов'язані з крейдовими відкладами. Тому їхнє забруднення досягає критичних значень, що може призвести водопостачання регіонів до катастрофічних наслідків в найближчій перспективі [4].

Визначення впливу підприємств вугледобувної промисловості на формування екологічних параметрів поверхневого стоку

Таблиця 2 – Вміст забруднювальних речовин в водах р. Лугань  
Table 2 – Pollutants content in the waters of river Luhan

Найменування пункту відбору	Вміст, мг/дм <sup>3</sup> (гх10 <sup>-3</sup> /л)			
	Сухий залишок, мінералізація	Азот амонійний	Хлориди (ГДК-250,0)	Нафтопродукти (ГДК-0,1)
ГДК	100,0	0,5	250,0	0,1
Вище м. Кадіївка (до впадіння в р. Камишуваху)	2220,5	0,35	424,0	не визначено
У м. Луганськ (біля насосної станції)	1890,0	1,0	386,0	0,6

**Таблиця 3** – Вміст забруднювальних речовин в басейнах річок Казенний Торець, Кривий Торець, Бахмутка та по руслу р. Сіверський Донець (2018-2019 р.р.), (мг/дм<sup>3</sup>)**Table 3** – Pollutants content in river basins of Kazennyi Torets, Kryvyi Torets, Bakhmutka also along the Siverskyi Donets riverbed (2018-2019), (mg/dm<sup>3</sup>)

ЗР	Сіверський Донець нижче гирла Казенний Торець	Сіверський Донець нижче міста Лисичанськ	Кривий Торець	Казенний Торець	Бахмутка	Лугань	ГДК [7,8]
Азот амон.	1,42	0,97	1,75	1,81	1,92	1,43	0,5
Залізо заг.	0,421	0,347	0,378	0,342	0,702	0,532	0,2
Кобальт	0,08	0,09	0,05	0,2	0,3	0,08	0,1
Марганець	0,02	0,07	0,03	0,05	0,04	0,03	0,05
Мідь	0,4	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	1
Хром	0,03	0,02	0,04	0,05	0,07	0,02	0,05
Свинець	0,007	0,003	0,003	0,006	0,005	0,004	0,01
Цинк	0,42	0,28	0,57	0,98	0,46	0,68	1
Сульфати	1126	1145	782	728	1350	1120	250
Нафтопродукти	0,25	-	0,28	0,25	0,19	0,21	0,1
Нітроти	0,072	0,079	0,054	0,072	0,061	0,057	0,5

базувалося на зіставленні природних показників режиму річок в непорушеному стані з такими показниками в умовах техногенного впливу. Зафіксовано підвищені концентрації біогенних елементів (мінеральних форм азоту і заліза) у водах всіх річок, що досліджувалися (табл. 3).

Результати вимірювань вмісту металів засвідчили підвищений вміст міді та марганцю, окремі значення виходять за межі середньорічної концентрації встановленого нормативу. В цілому, аналіз результатів вмісту забруднювальних речовин в досліджуваних річкових басейнах не

виявив значних змін вмісту важких металів за період військових дій в порівнянні з результатами державного моніторингу до 2014 р.

Підвищений вміст амонійного азоту в порівнянні з річкою Сіверський Донець було відзначено у воді річок Казенний Торець і Кривий Торець: його вміст сягав 1,81 мг/дм<sup>3</sup>, і це також може вказувати на забруднення води сполуками азоту зі стічних вод (табл.4,5). Для води гирлової частини річки Казенний Торець встановлено зростання вмісту нафтопродуктів та нітратів.

**Таблиця 4** – Якість води річки Казенний Торець та Кривий Торець (мг/дм<sup>3</sup>)**Table 4** – River water quality of Kazennyi Torets, Kryvyi Torets (mg/dm<sup>3</sup>)

Назва забруднюючої речовини	р. Казенний Торець 2018 рік	р. Кривий Торець, 2018 рік
Сульфати	724	776
Хлориди	428	523
Сухий залишок	2842	2606
Залізо загальне	0,381	0,358
Азот амонійний	1,81	1,75
Нітроти	0,345	0,311
Нітрати	21,0	16,6
Нафтопродукти	0,28	0,23
БСК5	4,26	4,18
Фосфати	1,34	0,92
Завислі речовини	52,7	42,4

Таблиця 5 – Середньорічний вміст забруднювальних речовин в р. Казенний Торець

Table 5 – Average annual content of pollutants in Kazennyi Torets

Компоненти	Середньорічний вміст, мг/дм <sup>3</sup>			
	Створ №1 (вище від м. Краматорськ)	Створ №2 (нижче скиду вод заводу КМЗ)	Створ №3 (нижче скиду КМЗ, м Краматорськ)	ГДК [7,8]
Ціаніди	0,44	0,001	0,063	<b>0,050</b>
Роданіди	0,189	0,282	0,251	-
Феноли	0,125	0,255	0,090	<b>0,001</b>
Залізо загальне	0,62	0,63	0,58	<b>0,2</b>
Фтор	0,95	0,97	0,84	-
Сухий залишок	2003	2015	1876	<b>1000,0</b>
Аміак	2,91	3,14	3,75	<b>0,5</b>
Хлориди	334	342	337	<b>250,0</b>
Сульфати	648	676	626	<b>250,0</b>
Нітрити	0,27	0,28	0,39	<b>0,5</b>
Нітрати	2,68	3,68	2,81	<b>50,0</b>
Загальна жорсткість, моль/м <sup>3</sup>	14,7	15,1	14,1	<b>7,0</b>

Більшість річкових систем регіону збагачені широким спектром металів. У таблиці 6 представлено дані вмісту ВМ в донних відкладах річок Донбасу. Оскільки на сьогодні не існує ГДК для вмісту ВМ у донних відкладах, тому порівняння вмісту проводилося за регіональними фоновими значеннями в ґрунтах. Отримані експериментальні дані свідчать, що у всіх досліджуваних об'єктах за вмістом в донних відкладах домінує ванадій, хром, мідь. Найбільше накопичення вмісту ВМ відбувається в р. Бахмутка та р. Кривий Торець.

Техногенне надходження ВМ в водне середовище річок очевидно здійснюється внаслідок діяльності ряду підприємств: шахта «Голубівська», ТОВ ЦЗФ «Узловська» (м. Горлівка), ТОВ

«Інтер-інвест Вугілля» (м. Первомайськ), Кіровський ковальський завод «Центрокуз», ПрАТ «Бахмутський аграрний союз», Ясиновський КХЗ (м. Макіївка), Ясинуватський машзавод (м. Ясинувата), ЗАТ «Еластомер» (м. Горлівка) тощо [5,6].

Так, в пробах донних відкладів р. Кривий Торець кратність перевищення фонових значень для міді та свинцю становить 4-5 разів. Перевищення фонових значень вмісту цинку сягає 10 разів, ванадію – 4 рази. Аналогічні показники дещо нижчі в Волинцевському водосховищі, що, мабуть, пов'язано з більш інтенсивними процесами водообміну та особливостями гранулометричного складу донних відкладів. Концентрація цинку

Таблиця 6 – Результати аналізу вмісту ВМ у донних відкладах поверхневих водних об'єктів Донбасу (мг/кг)

Table 6 – Results of analysis of HM content in bottom sediments of surface water bodies of Donbas (mg/kg)

Точка відбору проби	V	Cr	Cu	Pb	Ti	Mn	Zn	Ni
Фонове значення	20	100	15	15	-	500	50	20
р. Лугань	23,5	28,2	12,7	5,8	3,62	223	15,2	6,7
Нижньокальміуське водосховище	68,2	43,2	16,2	11,3	2,64	480	45,7	23,7
Волинцевське водосховище	43,2	54,3	23,4	22,4	1,45	985	143,7	20,2
р. Кривий Торець	83,4	119	65,5	87,2	2,87	1134	587	43,3
р. Бахмутка	48,2	51,8	117	16,3	3,02	452	124	27,6
р. Сіверський Донець	17,3	19,4	14,2	7,2	1,41	148	24,2	4,8
водосховище Клебан-Бик	72,5	87,7	21,3	15,6	3,07	321	57,3	42,5

перевищує фоновий рівень у 3 рази, ванадію і марганцю в 2 рази.

Мінімальні концентрації ВМ характерні для приуслівних ділянок р. Лугань, що пов'язано з піщаним гранулометричним складом відкладів. Вміст титану та свинцю знаходиться в інтервалі 3,21-5,8 мг/кг, що значно нижче середніх значень по інших об'єктах дослідження.

Резюмуючи вищенаведене, можна констатувати, що важкі метали в донних відкладах досліджуваних водних об'єктів розподілені нерівномірно. Домінуючу роль за вмістом в донних відкладах займає ванадій та мідь. Концентрація цинку, ванадію, нікелю в окремих об'єктах також перевищує їх регіональний фоновий вміст. У мінімальних кількостях виявлений титан. Накопичення ВМ у донних відкладах залежить від їх гранулометричного складу та вмісту органічної речовини. Найбільша кількість забруднювачів виявлена в мулах дрібнодисперсних фракцій, багатих органічною речовиною.

#### 4. ВИСНОВКИ

Сучасні еколого-геохімічні умови формування поверхневого і підземного стоку в Донбасі внаслідок значних просторово-часових змін природних і техногенних факторів є вкрай складними, що формує високі ризики надзвичайних ситуацій екологічного походження. В умовах інтенсивного антропогенного впливу на ландшафти Донбасу відбувається підвищення рівня фонових характеристик водного середовища, посилюються рівні коливання концентрацій хімічних сполук, змінюються закономірності процесів формування хімічного складу поверхневих і підземних вод. Шахтні води Донбасу є потужним провідним джерелом забруднення природних вод регіону. Першочерговими заходами із забезпечення екологічної безпеки є проведення системного екологічного моніторингу зони АТО з метою вивчення потенційних шляхів міграції забруднювальних речовин на території та наукового обґрунтування системи заходів з відновлення критичної інфраструктури, зокрема водопостачання та очистки промислових стоків.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екогеологія України: навчальний посібник / Шестопапов В. М., Коржнев М. М., Вишва С. А. та ін. Київ, 2011. 671 с.
2. Яковлев Є. О. Асиміляційний потенціал геологічного середовища гірничо-добувних регіонів України як провідний показник екологічних проблем надрокористування. *Мінеральні ресурси України*. 2015. 4. С. 37–43.
3. Яковлев Є. О. Теоретичні основи оцінки часу затоплення шахт і кар'єрів. *Мінеральні ресурси України*. 2010. 2. С. 35–39.
4. Яковлев Е. А., Госк Е. В., Сляднев В. А. Предварительная оценка регионального влияния закрытия шахт Макеевско-Горловско-Енакиевской горно-городской агломерации на активизацию процесса подтопления, ухудшение инженерно-геологических условий и рост экологической уязвимости подземных вод. *Галузеві інформаційні бюлетені 1, 2*. Київ-Донець-Копенгаген: Державні геологічні служби України та Данії, 2001. 57 с.
5. Экологическая гидрогеология / Белоусова А. П., Гавич И. К., Лисенков А. Б., Попов Е. В. Москва, 2006. 397 с.
6. Бондар О. І., Улицький О. А., Єрмаков В. М. Звіт про результати вивчення екологічної ситуації на території Донецької та Луганської області / Міністерство з питань тимчасово окупованих територій та внутрішньо переміщених осіб України. Київ, 2018. 70 с.
7. ДСТУ 7525:2014. Вода питна та методи контролювання якості. Київ. Мінекономрозвитку, 2014. 26 с.
8. Керівництво з контролю якості питної води. Т.2. Гігієнічні критерії та інша релевантна інформація / Всесвітня організація охорони здоров'я. Москва: Медицина, 1987. 325 с.

#### REFERENCES

1. Shestopalov, V.M., Korzhnev, M.M., Vyzhva, S.A. et al. (2011). *Ekoheolohiia Ukrainy [Ecogeology of Ukraine]*. Kyiv. (in Ukr.)
2. Yakovliev, Ye.O. (2015). Asymiliatsiyni potentsial heolohichnoho seredovyshcha himycho-dobuvnykh rehioniv Ukrainy yak providnyi pokaznyk ekolohichnykh problem nadrokorystuvannia. [Assimilation potential of the geological environment of mining regions of Ukraine as a leading indicator of ecological problems of subsoil use]. *Mineral resources of Ukraine*, 4, pp. 37-43 (in Ukr.)
3. Yakovliev, Ye.O. (2010). [Theoretical bases for estimating the time of flooding of mines and quarries]. *Mineral resources of Ukraine*, 2, pp. 35–39 (in Ukr.)
4. Yakovlev, E.A., Gosk, E.V. & Slyadnev, V.A. (2001). Predvaritelnaya otsenka regionalnogo vliyaniya zakrytiya shakht Makeevsko-Gorlovsko-Enakievskoy gorno-gorodskoy aglomeratsii na aktivizatsiyu protsessu podtopleniya, ukhudshenie inzhenerno-geologicheskikh usloviy i rost ekologicheskoy uyazvimosti podzemnykh vod [Preliminary assessment of the regional impact of the closure of mines in the

Makeyevsko-Gorlovsko-Yenakievskaya mountain-urban agglomeration on the intensification of the process of flooding, deterioration of engineering and geological conditions and an increase in the ecological vulnerability of groundwater]. *Haluzevi informatsiini biuleteni 1, 2 [Branch news bulletins 1, 2].* Kiev-Donetsk-Copenhagen: State Geological Services of Ukraine and Denmark (in Ukr.)

5. Belousova, A.P. et al. (2006). *Ekologicheskaya gidrogeologiya [Ecological hydrogeology]*. Moscow (in Russ.)

6. Bondar, O.I., Ulytskyi, O.A., & Yermakov, V.M. (2018). *Zvit pro rezultaty vyvchennia ekolohichnoi sytuatsii na terytorii Donetskoi ta Luhanskoi oblasti [Report on the results of studying the ecological situation in the Donetsk and Luhansk re-*

*gions]*. Kyiv: Ministry of the Temporarily Occupied Territories and Internally Displaced Persons of Ukraine. (in Ukr.)

7. DSTU 7525: 2014. *Voda pytna ta metody kontroliuvannia yakosti. [State Standard of Ukraine 7525: 2014. Drinking water and quality control methods]*. Kyiv. Ministry of Economic Development. (in Ukr.)

8. *Kerivnytstvo z kontroliu yakosti pytnoi vody [Guide to drinking water quality control]*. Vol.2. *Hihienichni kryterii ta insha relevantna informatsiia. [Hygienic criteria and other relevant information]*. (1987). World Health Organization. Moscow: Medytsyna (in Ukr.)

## EVALUATION OF THE ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STATE OF SURFACE WATER IN DONBAS

Ye. O. Yakovliev<sup>1</sup>, A. O. Splodytel<sup>2</sup>, S. M. Chumachenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of telecommunication and Global Information Space of National Academy of Science of Ukraine, Chokolivskyi Blvd., 13, 03086, Kyiv, Ukraine, yakovlev@niss.gov.ua*  
<https://orcid.org/0000-0001-6934-618X>

<sup>2</sup>*M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34 Palladin Ave., 03142, Kyiv, Ukraine, asplodytel@gmail.com*  
<http://orcid.org/0000-0002-8109-3944>

<sup>3</sup>*National University of Food Technologies, Volodymyrska St., 68, 01033, Kyiv, Ukraine, sergiy23.chumachenko@gmail.com*  
<http://orcid.org/0000-0002-8894-4262>

The article covers evaluation of the ecological and geochemical state of surface water and bottom sediments in Donbas, as well as their pollution resulting from spatio-temporal changes of natural and anthropogenic factors. It was established that chemogenic pollution occurs due to penetration of polluting elements into surface water as a result of filtration leaks from sedimentation tanks and water discharges made by enterprises of coal, chemical, metallurgical, coke-chemical and petrochemical industries. Increased concentrations of biogenic elements (mineral forms of nitrogen and iron) were recorded in the water of the Siverskyi Donets and the Luhan rivers. The most significant deterioration of groundwater quality because of high content of sulfates and chlorides is observed within the watersheds of the Luhan River's valley.

Measurement results of the metals content indicated an increased content of copper and manganese. Some values even exceed the average annual concentrations specified by the existing normative values. In general, the results of the pollutants content analysis in the river basins under study did not reveal significant changes in the content of heavy metals during the period of military actions as compared to the results of government monitoring by 2014. The obtained experimental data indicate that vanadium, chromium and copper dominate in bottom sediments of all the studied objects. The greatest accumulation of heavy metals is observed in the Bakhmutka River and the Kryvyi Torets River. The research established that copper and plumbum in the bottom sediment samples taken from the Kryvyi Torets exceed the background values by 4-5 times. Zinc and vanadium exceed the background content values by 10 and 4 times, respectively. The same indicators are slightly lower in the Volyntsevske Reservoir and this fact is associated with more intense processes of water exchange and certain peculiarities of bottom sediments granulometric composition. Concentration of zinc is 3 times as much as the background level, vanadium and manganese – twice as much.

Heavy metals in the bottom sediments of the studied water bodies are characterized by uneven distribution. Vanadium and copper dominate in the content of bottom sediments. Concentrations of zinc, vanadium and nickel at certain objects also exceed their regional background content values. Titanium was detected in minimum quantities.

**Keywords:** ecological and geochemical conditions; surface water; bottom sediments; heavy metals; industrial discharges.



## ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ДОНБАССА

Е. А. Яковлев<sup>1</sup>, А. О. Сплодитель<sup>2</sup>, С. М. Чумаченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины,  
Чоколовский б-р, 13, 03086, Киев, Украина, yakovlev@niss.gov.ua  
<https://orcid.org/0000-0001-6934-618X>

<sup>2</sup>Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины,  
просп. Академика Палладина, 34, 03142, Киев, Украина, asplodytel@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-8109-3944>

<sup>3</sup>Национальный университет пищевых технологий,  
ул. Владимирская, 68, 01033, Киев, Украина, sergiy23.chumachenko@gmail.com  
<http://orcid.org/0000-0002-8894-4262>

Статья посвящена оценке эколого-геохимического состояния поверхностных вод Донбасса, их загрязнения в результате пространственно-временных изменений природных и техногенных факторов. Установлено, что хемотропное загрязнение возникает вследствие проникновения элементов-загрязнителей в поверхностные воды в результате фильтрационных утечек из отстойников, сбросов вод предприятиями угольной, химической, металлургической, коксохимической и нефтехимической промышленности. Зафиксировано повышенные концентрации биогенных элементов (минеральных форм азота и железа) в водах рек Северский Донец и Лугань. Наиболее существенное ухудшение качества подземных вод в результате высокого содержания сульфатов и хлоридов наблюдается на водоразделах долины реки Лугань.

Результаты измерений содержания металлов показали повышенное содержание меди и марганца, отдельные значения выходят за пределы среднегодовой концентрации установленного норматива. В целом, анализ результатов содержания загрязняющих веществ в исследуемых речных бассейнах не выявил значительных изменений содержания тяжелых металлов за период военных действий по сравнению с результатами государственного мониторинга до 2014 г. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что во всех исследуемых объектах (по содержанию в донных отложениях) доминирует ванадий, хром, медь. Наибольшее накопление тяжелых металлов происходит в реках Бахмутке и Кривой Торец. Установлено, что в пробах донных отложений р. Кривой Торец кратность превышения фоновое значения меди и свинца составляет 4-5 раз. Превышение фоновое содержания цинка достигает 10 раз, ванадия – 4 раза. Аналогичные показатели несколько ниже в Волынцевском водохранилище, что связано с более интенсивными процессами водообмена и особенностями гранулометрического состава донных отложений. Концентрация цинка превышает фоновый уровень в 3 раза, ванадия и марганца в 2 раза.

Тяжелые металлы в донных отложениях исследуемых водных объектов распределены неравномерно. Доминирующую роль по содержанию в донных отложениях занимает ванадий и медь. Концентрация цинка, никеля в отдельных объектах также превышает их региональное фоновое содержание. В минимальных количествах обнаружен титан.

**Ключевые слова:** эколого-геохимические условия; поверхностные воды; донные отложения; тяжелые металлы; промышленные стоки.

Подання до редакції : 01. 11. 2021  
Надходження остаточної версії : 12. 11. 2021  
Публікація статті : 26. 11. 2021