

<https://doi.org/10.15407/gpimo2025.01.091>

Н.О. Глебенко, аспірантка

e-mail: glebenkonina@gmail.com

ORCID: 0009-0003-5029-2961

В.В. Іванченко, завідувач відділу

e-mail: wivanchenko@ukr.net

ORCID: 0000-0003-4889-8975

ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України»

вул. Олесья Гончара, 55 б, Київ, 01054, Україна

СУЧАСНІ ВІДКЛАДИ РІЧОК І ПРОТОЧНИХ БАЛОК КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ: СПІЛЬНІ РИСИ ТА СУТТЄВІ ВІДМІННОСТІ

Проведене дослідження виявило суттєві природні відміни за гранулометричним, хімічним та мінералогічним складом донних відкладів річок і проточних балок Криворізького басейну. Встановлено, що діяльність підприємств гірничо-металургійного комплексу привела до змін природного складу донних відкладів у тальвегах балок і річок регіону. Виявлено значне забруднення їх продуктами діяльності гірничозбагачувальних комбінатів та порушення природної екосистеми. З'ясовано, що природно-техногенні відклади балок, у порівнянні з річковим алювієм, більше збагачені природними й техногенними мінералами заліза, що робить їх перспективними для виробництва рудних концентратів, згідно з вимогами циклічної економіки.

Ключові слова: балки, донні відклади, забруднення довкілля, переробка промислових відходів, циклічна економіка

Вступ

Балки і річки промислових регіонів зазнають суттєвого антропогенного впливу та забруднення внаслідок господарської діяльності людини. Гірничодобувні роботи спричиняють часткову або повну трансформацію ландшафту та гідрологічного режиму водотоків у тальвегах балок. Разом із природними компонентами сюди потрапляють втрачені продукти виробництва та інші забруднюючі речовини [2]. Дослідження донних наносів у струмках і річках Криворізького залізорудного басейну дає змогу оцінити вплив техногенного і антропогенного факторів на природні процеси утворення донних осадів та забруднення водних ресурсів, що має важливе значення для розуміння сучасного стану геоекосистем промислово навантажених регіонів.

Цитування: Глебенко Н.О., Іванченко В.В. Сучасні відклади річок і проточних балок Криворізького басейну: спільні риси та суттєві відмінності. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2025. **21**, № 1: 82—100. <https://doi.org/10.15407/gpimo2025.01.082>

Рис. 1. Місця відбору проб в балках: 1 — Скелевата; 2 — Грушувата; 3 — Червона; 4 — Суха; 5 — Північна Червона; 6 — Грядкувата; 7 — Приворотна; 8 — Петриківська



Актуальність дослідження зумовлена зростанням гостроти екологічних проблем і необхідністю розробки заходів захисту довкілля у промислових регіонах, де інтенсивна гірничодобувна та металургійна діяльність призводить до значного забруднення поверхневих вод важкими металами, органічними сполуками та іншими шкідливими речовинами. Незважаючи на численні дослідження, які присвячені загальній оцінці екологічного стану Криворізького залізорудного басейну, вплив промислових викидів і відходів системи поверхневих водоем у регіоні залишається недостатньо вивченим.

У цьому дослідженні подано комплексний аналіз складу донних відкладів балок і річок із застосуванням сучасних фізико-хімічних методів, ідентифіковано основні забруднювачі та оцінено їхній вплив на екосистему. Такий підхід дозволяє розробити ефективні стратегії відновлення порушених природних систем.

Мета — встановити закономірності утворення, транспортування та накопичення донних відкладів природно-техногенного походження, а також оцінити їхній внесок у забруднення балок і річок в межах Криворізького залізорудного басейну.

Завдання — визначити склад сучасного осаду балок і річок, виявити локації накопичення та оцінити перспективи повторного використання мінералів як природного, так і техногенного походження.

Об'єкти досліджень — донні відклади ярів, балок і річок Криворізького залізорудного басейну України. Ці геоморфологічні утворення демонструють широкий спектр промислового та антропогенного впливу: від відносно збережених природних територій (балка Північна Червона), до сильно деградованих ландшафтів (балки Грушувата, Петриківська), зайнятих хвостосховищами та відвалами (рис. 1) [1, 2].

Таблиця 1. Мінеральний склад донних відкладів балок біля промислових підприємств

№ з/п	Балки	Основні забруднювачі	Джерела забруднення	Особливості мінерального складу	Інші характеристики балок
1	Скелювата	Магнетитові, силікатні, гематитові кварцити, синтетичні волокна, пластик	Рудозбагачувальні фабрики РЗФ-1 та РЗФ-2, ПрАТ Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат, кар'єр	Високий вміст магнетиту, присутність шлаків	Розташована в межах промислового майданчика Інгулецького ГЗК, тальвег зрізаний кар'єром і заповнений шламами збагачувальної фабрики
2	Грушувата	Темно-сірі поклади рудних граувакк з підвищеним вмістом магнетиту, гематиту, гетиту, часточок металургійного походження	Хвостосховища Новокриворізького і Південного гірничо-збагачувального комбінатів, ПрАТ «Кривий Ріг Цемент»	Уламки залізитих кварцитів, сланці, підвищений вміст магнетиту	Розташована в південній частині Криворізького залізрудного басейну
3	Червона	Промислові відходи, нафтопродукти	АрселорМіттал Кривий Ріг, нафтобази	Різноманітні органічні забруднювачі	Проходить через центр міста
4	Суха	Залізисті мінерали, промислові відходи	Центральний гірничо-збагачувальний комбінат	Жорства, гравій, гумусовий мул	Постійний водотік, вплив Центрального гірничо-збагачувального комбінату
5	Північна Червона	Залізисті мінерали, вугілля, промислові відходи алюмінієва фольга, бітум, синтетичні волокна і смоли	Північний гірничо-збагачувальний комбінат	Кора вивітрювання, присутність мушель	Розташована в районі Первомайського рудоуправління
6	Грядкувата	Магнетитовий концентрат, будівельні матеріали, магнітні кульки	Північний гірничо-збагачувальний комбінат	Бурувато-сірий суглинок, магнітні кульки	Верхів'я балки
7	Приворотна, Петриківка	Залізисті мінерали, магнетитові кульки, будівельні і промислові відходи, пластик, скло	Північний гірничо-збагачувальний комбінат	Магнетитові кварцити, концентрати, водорозчинні солі	Постійний водотік, високий вміст водорозчинних солей (карбонати, сульфати, галогени тощо)

Результати

Гранулометричний склад донних відкладів у балках Криворізького залізорудного басейну вирізняється високою мінливістю, що пояснюється як природними чинниками, так і техногенною складовою. Подібна інтеграція процесів ерозії та осадонакопичення у тальвегах ерозійних форм спостерігається і в реконструйованих балкових системах Піренейського півострова [9]. Крупнозернисті фракції представлені уламками гірських порід, які надходять із відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів [3]. Дрібнозернисті фракції, зокрема піски, збагачені гематитом і оксидами заліза, що походять з кори вивітрювання порід залізисто-кремнистої формації. Алевритово-глиниста складова містить кварц, польові шпати, слюди, амфіболи та інші мінерали, характерні для відходів збагачення залізних руд [7]. Такий склад сприяє підвищенню кислотності ґрунтів і ґрунтових вод та сприяє акумуляції важких металів, що знижує біологічну продуктивність екосистем балкових ландшафтів (табл. 1).

Значні обсяги накопичень пилових часточок свідчить про участь еолових процесів у формуванні сучасних делювіально-пролювіальних відкладів (рис. 2).

На території деяких балок Криворізького залізорудного басейну розміщені шламосховища, ставки-накопичувачі, відстійники та відвали гірських порід, що спричиняє суттєве порушення водного режиму та забруднення довкілля (рис. 3)

Акумулююча ємність № 2 (рис. 3, а) — це велика прямокутна гідротехнічна споруда, розташована на південному схилі балки Грушуватої. Відстійник, який експлуатують з 1970-х років, частково заріс очеретом. Його стінки мають численні тріщини та ознаки корозії. На південному краю відстійника розташовані кілька шандор для відведення надлишкової води, більшість із яких заповнена



Рис. 2. Характер донного осаду у тальвезі балки Грушуватої (а); пил цементного заводу на поверхні рослинного покриву балки (б)



Рис. 3. Відстійник металургійних шламів АМКР (акумуляююча ємність № 2) на схилі балки Грушуватої (а); скидання солоної шахтної води з накопичувача у балці Свистунова в річку Інгулець (б)

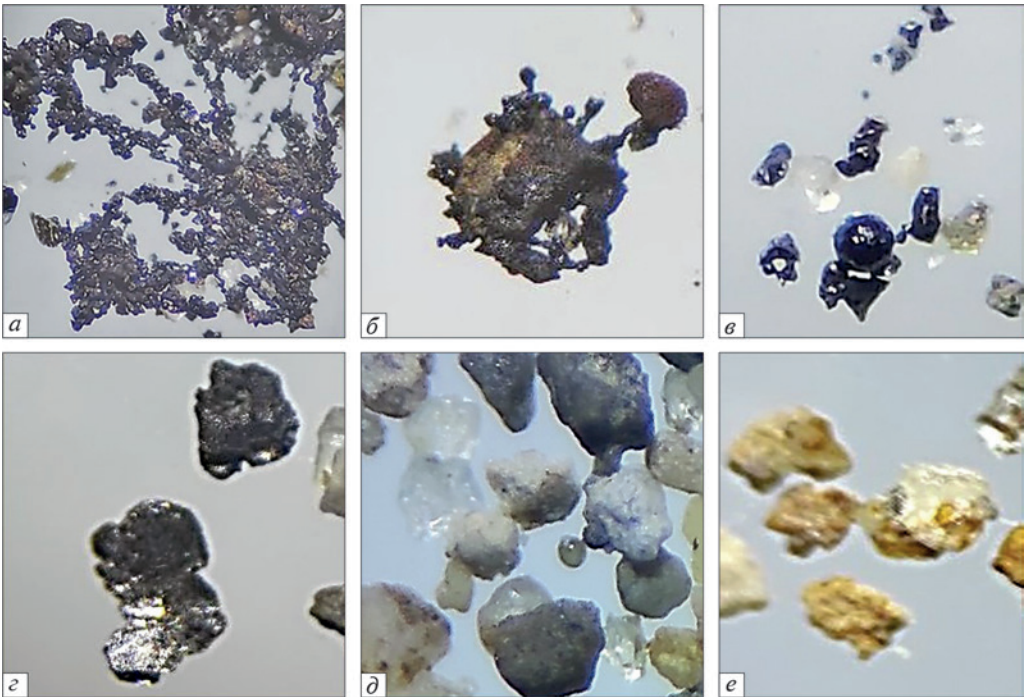


Рис. 4. Промислові компоненти донного осаду: а — магнітна флокула, що складається з магнетиту та магнітних кульок; б — зерно магнетиту з включенням кварцу; в — магнетит і магнітна кулька; г — луски графіту; д — силікатна кулька; е — карбонати

шламами. Це сприяє виходу металургійних відходів за межі споруди під час інтенсивних опадів [7].

Як видно з рис. 3, б, скидання солоної шахтної води з накопичувача в балці Свистунова безпосередньо в річку Інгулець поблизу села Новоселівка спричиняє значне погіршення стану водної екосистеми [4]. Вода має характерний жовтуватий відтінок, сірководневий запах та підвищену кислотність (рН 5,5), значний вміст мулу та дрібних частинок руди. Це призводить до інтенсивної каламутності води в річці навіть на відстані до 500 метрів нижче за течією, утворення

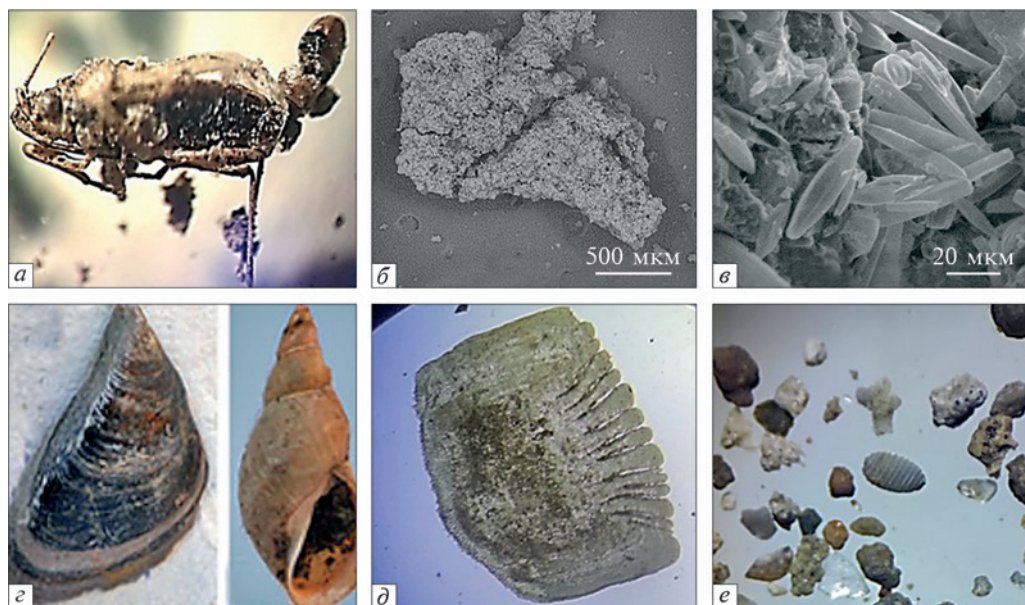


Рис. 5. Органічні рештки відкладів балок (а–в) і річок Криворізького басейну (з–е)

білої піни та масової загибелі риби. Місце скидання розташоване біля підніжжя крутого берега, де рослинність відсутня.

Серед природних складових донного осаду в річках і балках району досліджень переважають гематитові і гетит-гематитові кварцити, мартитові, дисперсногематит-гетитові руди і бурі залізняки, уламкові зерна кварцу, мартиту, залізної слюдки, гетиту, озалізненних силікатів та інших компонентів кори вивітрювання порід Криворізької серії. Поширені також перетворені природні гірські породи, руди і мінерали, представлені видобутими з кар'єрів і шахт залізними рудами, відходами збагачення, рідше втраченим магнетитовим концентратом (рис. 4) [1].

Органічні рештки в пробах з балок являють собою різноманітний спектр біологічного матеріалу, від видимих неозброєним оком часток рослин і тварин до мікроскопічних організмів та їхніх залишків. Вони представлені фрагментами рослин, комах, мушлями молюсків, водоростями (рис. 5) [7].

Порівняння фауни молюсків, виявленої в балках річки Саксагань, із типовими річковими екосистемами демонструє суттєві розбіжності у видовому складі. У річках зазвичай водяться такі молюски, як *Unio pictorum*, *Anodonta cygnea*, *Planorbis planorbis*, що живуть у водоймах зі стабільною течією та розвинутою донною рослинністю. Балкові водойми характеризуються наявністю менш вибагливих до умов видів: *Lemnaea occulta*, *Dreissena bugensis*, *Bithynia tentaculata*. Ці молюски здатні виживати в умовах змінного рівня води, підвищеного забруднення та нестабільного субстрату [5].

Результати аналізу донних відкладів у балках річки Саксагань вказують на значний рівень забруднення важкими металами, промисловими відходами та мікропластиком. Це суттєво впливає на склад молюскових угруповань. Деякі види, як-от *Dreissena bugensis*, добре пристосовані до техногенно змінених умов. Види, чутливі до забруднення, як-от *Unio pictorum*, майже не виявляють в балкових водоймах.

Водойми у тальвегах балок мають обмежену циркуляцію води, що також впливає на розподіл моллюсків. Так у балці Петриківська домінує *Lemnaea osculata*, що витримує високий рівень забруднення. У балці Північна Червона поширена *Dreissena bugensis*, яка потребує субстратів для прикріплення. У балці Грядкувата мешкає *Bithynia tentaculata*, що пристосована до стоячих вод із значною кількістю мулу [6]. В цілому, балкові водойми Криворізького регіону мають спрощений склад моллюскової фауни, де домінують види, стійкі до змінних умов і забруднення. У природних річкових екосистемах фауна моллюсків більш різноманітна, що свідчить про кращий екологічний стан. Подальші дослідження можуть допомогти оцінити можливість використання моллюсків як біоіндикаторів стану водних екосистем.

Порівнюючи балкові та річкові відклади, слід відзначити їхні спільні риси (природний уламковий матеріал, синтетичні компоненти, важкі метали) й відмінності. У балках звичайно переважають грубозернисті уламки та техногенні фракції, адже слабка течія сприяє швидкій акумуляції. У річках осади транспортуються на значні відстані, що призводить до дещо рівномірнішого розподілу фракцій і більших можливостей для самоочищення [4]. Водночас суттєве техногенне навантаження може знижувати цей асиміляційний потенціал річок. Прикладом значного забруднення є балка Грушувата, де накопичуються стоки металургійних і гірничодобувних підприємств. Тут функціонують відстійники й накопичувачі, що утримують важкі метали (Fe, Mn, Pb, Cd) в осадах тривалий час. Під час паводків ці речовини потрапляють у річки, викликаючи вторинне забруднення [6]. Аналітичні моделі ерозійного виносу з алювіальних ярів свідчать, що під час пікових паводків до 70 % річного виносу твердих частинок формується саме з подібних глибоко врізаних систем [12]. Річкові осади здебільшого застосовують у будівництві (піски) чи для поліпшення якості ґрунтів, а балкові — для рекультивації порушених територій або формування насипів.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує істотну трансформацію природних ландшафтів Криворізького залізорудного басейну через промислове освоєння. Значні обсяги техногенних відходів погіршують якість поверхневих і підземних вод, забруднюють ґрунти, знижують біорізноманіття, призводить до деградації екосистем. Петрографічний аналіз осадових відкладів балкових і річкових систем регіону показав наявність уламкового матеріалу порід Криворізької серії, зокрема гематитових і гематит-гетитових кварцитів, сланців, метаморфогенних та гідротермальних кварцових утворень. Це вказує на активні процеси вивітрювання та ерозії. Виявлені органічні рештки (рослинні залишки та мушлі гастропод) підтверджують функціонування біологічних ланцюгів у водних екосистемах.

Водночас проведений хімічний аналіз засвідчив наявність часток антропогенного походження, зокрема магнетитових і гематитових куль, синтетичних волокон, фрагментів полімерних матеріалів, скла, алюмінієвої фольги. У пробах зафіксовано підвищений вміст важких металів (Fe, Mn, V, Cu, Ag, Zn, Sn, Be, Sc, Y, Yb), що особливо характерно для районів, розташованих у безпосередній близькості до промислових підприємств. Наявність мікропластику та інших синтетичних сполук підкреслює актуальність проблеми забруднення довкілля стійкими органічними та неорганічними забруднювачами.

Накопичення токсичних речовин у донних відкладах може спричиняти негативні екологічні наслідки, зокрема погіршення якості води, вплив на гідробіонтів та потенційні ризики для здоров'я населення. Особливої уваги потребує стан балкових систем, оскільки їхня здатність до природного самоочищення є вкрай обмеженою. Комплексна оцінка екологічних і соціальних збитків від деградації балкових систем вказує на обов'язковість виконання чинного Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23 травня 2017 року № 2059—VIII про здійснення оцінки впливу на довкілля у процесі прийняття рішень про провадження планованої діяльності та необхідність урахувати «вартість впливу» при плануванні промислових проектів [11]. Ефективність біоінженерних і гідротехнічних споруд з гасіння ерозійної енергії у балках підтверджена багатьма оглядами [10].

Для покращення екологічної ситуації необхідно здійснювати комплексні природоохоронні заходи, впровадження новітніх технологій рекультивації деградованих територій, будівництво очисних споруд, посилення моніторингу та контролю за дотриманням екологічних стандартів промисловими підприємствами.

Поряд із вирішенням екологічних проблем доцільним є залучення сучасних методів збагачення осадових відкладів, що містять цінні мінерали, такі як магнетит, гематит та кварц. Використання методів магнітної сепарації та гравітаційного збагачення дозволяє отримувати залізорудні концентрати, що сприятиме раціональному використанню природних ресурсів і зниженню техногенного навантаження на довкілля.

Окрім промислової переробки, донні відклади можуть бути використані в будівництві, для укріплення ґрунтів, рекультивації порушених ландшафтів і підвищення родючості сільськогосподарських угідь.

Таким чином, мінімізація впливу техногенних забруднень та раціональне використання ресурсів Криворізького залізорудного басейну потребують інтегрованого підходу, що поєднує заходи з екологічного відновлення з ефективними технологіями утилізації та повторного використання корисних компонентів донних відкладів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агаджанов М.Є., Петров І.В., Сидоренко О.М. та ін. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водоем Криворізького залізорудного басейну. Кривий Ріг: Октан Прінт, 2008. 110 с.
2. Довгий С.О., Іванченко В.В, Коржнев М.М. та ін. Дослідження екологічного стану територій пост-майнінгу в Україні на прикладі Криворізького басейну та його оточення. Київ: Ніка-Центр, 2021. 196 с.
3. Змієвська К., Змієвський А. Дослідження яружно-балкової системи міста Дніпро з метою повернення їх територій до міської інфраструктури. Науковий вісник НГУ. 2019. 1(1). С. 72—77.
4. Іванченко В.В., Журавель Н.Р., Нестеренко Т.П. Мінерали заліза в сучасному осадку р. Інгулець. *Гірничий вісник*. 2009. № 10. С. 53—57.
5. Іванченко В.В., Ковальчук Л.М., Іванченко Д.В., Глебенко Н.О., Іванченко А.В. Сучасні молюски у донному осаді проточних балок річки Саксагань у Криворізькому залізорудному басейні України. XIV Міжнародна науково-практична конференція, Кривий Ріг, 28—29 листопада 2024 р. С. 123—126.
6. Лисняк А., Уткина К., Гарбуз А. Сучасний стан східного лісостепу України стосовно яружно-балкової системи «Митришин яр». *Науковий вісник НГУ*. 2018. 2(1). С. 45—50.

7. Малахов І.М., Петров І.В., Сидоренко О.М. та ін. Фактори формування складу сучасних донних осадків р. Інгулець. *Геологічний журнал*, 2010. № 3. С. 69–74. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2010.3.219201>
8. Смірнов О.Я., Петров І.В., Сидоренко О.М. та ін. Пролювіальний фактор у формуванні геолого-екологічного стану системи «ріка — море». Матеріали конференції «Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів». Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2002. С. 74–80.
9. Alfonso-Torreño, Á., Gómez-Gutiérrez, A., Schnabel, S. Dynamics of Erosion and Deposition in a Partially Restored Valley-Bottom Gully. *Land*, 2021. 10(1). P. 62. <https://doi.org/10.3390/land10010062>
10. Romero-Diaz, A., Diaz-Pereira E., De Vente J. Ecosystem services provision by gully control. A review. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 2019. 45(1). P. 333–366. <https://portalinvestigacion.um.es/documentos/63c0b3633df4c204fbb03810>
11. Kuhn, C.E.S., Reis, F.A.G.V., Zarfl, C. et al. Ravines and gullies, a review about impact valuation. *Nat Hazards*. 2023. 117. P. 597–624. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05874-6>
12. Shellberg, J., Brooks A., Rose C. Sediment production and yield from an alluvial gully in northern Queensland, Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2013. 38(15). P. 1765–1778. <https://doi.org/10.1002/esp.3414>

Стаття надійшла 09.05.2025

N.O. Hlebenko, PhD Student
e-mail: glebenkonina@gmail.com
ORCID: 0009-0003-5029-2961

V.V. Ivanchenko, PhD (Geol. & Mineral.), Docent, Head of Dept.
e-mail: vvivanchenko@ukr.net
ORCID: 0000-0003-4889-8975

SSI MorGeoEcoCenter NAS of Ukraine
55 b, st. Oles Honchar, Kyiv, 01054, Ukraine

MODERN DEPOSITS OF RIVERS AND RUNNING GULLIES IN THE KRYVYI RIH BASIN: COMMON FEATURES AND SIGNIFICANT DIFFERENCES

The conducted study revealed significant natural differences in the granulometric, chemical, and mineralogical composition of bottom sediments in the rivers and running gullies of the Kryvyi Rih basin. It was established that the activities of mining and metallurgical enterprises have altered the natural composition of bottom sediments in the thalwegs of gullies and rivers in the region. Considerable pollution by the byproducts of mining and processing plants and disruption of the natural ecosystem were identified. It was found that the natural-technogenic sediments of gullies, in comparison to river alluvium, are more enriched with both natural and anthropogenic iron-bearing minerals, making them promising for the production of ore concentrates in line with circular economy principles.

Keywords: active gullies, bottom sediments, environmental pollution, industrial waste recycling, circular economy.