

АГРОПОТЕНЦІАЛ ДОННИХ ВІДКЛАДІВ: ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ЗЕМЕЛЬ

Д.М. Руденко

аспірантка

Національний науковий центр

“Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського” (м. Харків, Україна)

e-mail: d.n.rudenko@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8516-0094>

У статті досліджено агрономічний потенціал донних відкладів як перспективного ресурсу для сталого сільського господарства та відновлення деградованих земель. Протягом останніх десятиліть зріс інтерес до використання відкладів водних об'єктів для підвищення родючості ґрунтів і покращення їхніх фізико-хімічних властивостей. Відклади багаті на мінерали й мікроелементи, що робить їх цінним ресурсом для збагачення збіднелих ґрунтів. Досліджуються також можливості фіторе-медіації, де рослини використовують для видалення або нейтралізації токсичних речовин із ґрунту. Дослідження, проведене на основі аналізу наукових публікацій, підтвердило, що використання донних відкладів може підвищити врожайність основних сільськогосподарських культур, таких як кукурудза й пшениця, порівняно з традиційними добривами. У роботі проведено бібліометричний аналіз публікацій з використанням бази Scopus і програми VOSviewer, що дозволило виявити провідні наукові центри та напрями досліджень у цій галузі. Значну увагу приділено питанням екологічної безпеки, особливо оцінці вмісту важких металів у відкладах, що важливо для уникнення потенційних ризиків для екосистем та здоров'я людини. Крім того, у статті розглянуто перспективи застосування донних відкладів для зменшення деградації й ерозії ґрунтів та збереження вологості, що критично важливо для регіонів із посушливим кліматом. Дослідження показують, що відклади можуть покращувати структуру ґрунту, збільшуючи його пористість і аерацію, що сприяє розвитку кореневої системи рослин і підвищує їхню стійкість до стресових умов. Отже, донні відклади є перспективним компонентом замкнених агроєкосистем, де відходи можуть бути використані для підвищення продуктивності. У статті наголошується на необхідності міжнародної співпраці для розвитку сталих методів застосування донних відкладів, що не лише підвищує продуктивність ґрунтів, а й сприяє екологічному відновленню деградованих територій — важливому кроку для досягнення Цілей сталого розвитку.

Ключові слова: переробка органічних матеріалів, відновлення родючості, ремедіація ландшафтів, поліпшення агрономічних властивостей, бібліометричний аналіз.

ВСТУП

Донні відклади є невід'ємною складовою природних водних екосистем, що накопичуються внаслідок процесів ерозії та седиментації. Вони формуються за участю як природних, так і антропогенних чинників. Цей матеріал, збагачений органічними речовинами, мінералами та поживними елементами, має потенціал стати цінним ресурсом для сільського господарства. У світі, де відновлення ґрунтової родючості та ефективне управління відходами набувають особливої ваги, донні відклади розглядаються не лише як продукт осадження, але й як перспективне добриво. Однак їхнє використання потребує детального вивчення складу, можливих ризиків забруднення та впливу на екосистеми.

Використання донних відкладів у сільському господарстві дозволяє вирішити декілька нагальних проблем: підвищення родючості ґрунтів, зменшення потреби у хімічних добривах,

скорочення обсягів накопичення осадів у водоймах. Водночас актуальними залишаються питання щодо забруднення цих матеріалів важкими металами та органічними забруднювачами, а також регуляторних обмежень, які можуть ускладнювати їхнє широке застосування.

Мета статті — виявити агрономічний потенціал донних відкладів як ресурсу для відновлення родючості ґрунтів, охарактеризувати їхній вплив на фізико-хімічні властивості ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур, з'ясувати екологічні ризики, пов'язані з можливим вмістом забруднювачів, та описати перспективи використання цих матеріалів у сталому сільському господарстві.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Донні відклади, багаті на органічні речовини та поживні елементи, такі як азот, фосфор і калій, є перспективними добавками до ґрунту.

Однак їхнє використання ускладнюється забруднювачами, такими як важкі метали та стійкі органічні забруднювачі, які можуть завдати шкоди навколишньому середовищу та посівам.

У дослідженні М.А. El-Alfy та ін. оцінено забруднення донних відкладів важкими металами в дренажних системах озера Манзала. Виявлено, що основними джерелами забруднення є антропогенні види діяльності, зокрема сільське господарство, промисловість і скидання стічних вод. Найбільшу небезпеку становлять кадмій і кобальт, концентрація яких значно перевищує екологічно допустимі межі. Дослідження підкреслює важливість екологічного моніторингу та впровадження управлінських стратегій для мінімізації впливу цих забруднювачів [1].

У статті G. Renella наголошується на технічних і законодавчих перешкодах для повторного використання відкладів, особливо через перевищення допустимих концентрацій забруднювачів для сільського господарства [2].

Тим часом у дослідженні J. Jaskuła зі співавторами виявлено значне забруднення донних відкладів у міських зонах, що підкреслює необхідність їхньої попередньої обробки перед використанням у сільському господарстві [3].

Донні відклади можуть суттєво підвищити родючість ґрунту та врожайність за умови правильного використання. У статті W. Kazberuk та ін. показано підвищення врожайності гірчиці за рахунок внесення відкладів, хоча водночас зросли концентрації важких металів у ґрунті та рослинах, що потребує ретельного контролю [4].

У роботі D. Drożdż зі співавторами наголошено на багатстві поживних речовин у відкладах ставків, придатних для вирощування культур, але зазначено екологічні ризики через їхнє швидке розкладання. Учені також акцентують увагу на методах біоконверсії для відновлення поживних речовин, що підвищує безпечність та ефективність відкладів у сільському господарстві [5].

У дослідженні А. Baran та ін. підкреслюється покращення рН ґрунту, вмісту органічного вуглецю та доступності макроелементів після внесення відкладів. Водночас наголошується на необхідності додаткового внесення добрив для досягнення оптимальної врожайності [6]. В іншій роботі А. Baran зі співавторами досліджено роль органічної фракції у зв'язуванні токсичних елементів, що за певних умов забезпечує безпечність використання відкладів [7].

Управління забруднювачами залишається ключовим викликом для повторного використання донних відкладів у сільському господарстві. Е.А. Abou El-Anwar визначає кадмій

та цинк як основні екологічні ризики, що підкреслює важливість місцевих оцінок перед використанням [8].

Дослідження А. Baran та ін. пов'язує високий рівень забруднення з промисловою діяльністю, наголошуючи на необхідності біоремедіації перед використанням [9].

У роботі Т. Koniarz зі співавторами оцінено вплив додавання донних відкладів до піщаних ґрунтів на їхні властивості та врожайність рослин. Результати показали, що внесення відкладів у пропорції до 10% покращує хімічні характеристики ґрунту та сприяє збільшенню біомаси трав'яної суміші. Однак через підвищений вміст кадмію та цинку отриману біомасу рекомендується використовувати для промислових цілей, а не як корм для тварин [10].

Українські вчені, зокрема дослідники ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського”, визначили можливість використання донних відкладів для післявоєнного відновлення ґрунтів, і результати свідчать про значний потенціал цього підходу. Застосування донних відкладів як джерела вуглецю, азоту, фосфору, калію та мікроелементів може стати важливим кроком для покращення ґрунтових властивостей, рекультивації та меліорації. Учені стверджують, що донні відклади можна застосовувати як добрива, ґрунтополіпшувачі та матеріал для структурної меліорації. Водночас необхідний контроль якості донних відкладів за еколого-токсикологічними показниками, зокрема щодо вмісту токсичних забруднювачів [11; 12].

З огляду на високий потенціал, застосування донних відкладів є доцільним способом відновлення ґрунтів і зменшення збитків для аграрного сектору України. Таким чином, донні відклади можуть бути ефективно використані для покращення ґрунтів у сільськогосподарських і рекультиваційних проєктах.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У цьому дослідженні для вивчення агрономічного потенціалу донних відкладів використано комплексний підхід до збору та аналізу наукових публікацій. Основним інструментом збору даних стала наукова база Scopus, що містить широкий спектр академічних матеріалів у галузі аграрних наук та екологічного менеджменту. Для візуалізації й аналізу співавторства та тенденцій у дослідженнях застосовувався програмний інструмент VOSviewer, який забезпечує побудову бібліометричних карт.

На першому етапі проведено пошук за ключовим словосполученням “*bottom sediments*”, обмеженим тематикою аграрних і біологічних

наук. Пошуковий запит дав змогу відібрати 813 наукових документів, які включають журнальні статті, огляди, тези конференцій і монографії. Далі було проведено фільтрацію матеріалів за роками публікації, що дозволило простежити динаміку наукової активності в цій галузі та виявити ключові тенденції розвитку теми протягом останніх десятиліть. Усі відібрані документи були додатково класифіковані за типом джерела, що представлено у вигляді діаграм на рис. 1.

Було проаналізовано географічний розподіл публікацій щодо досліджень донних відкладів та визначено провідні наукові центри в цій сфері. Для побудови карт співпраці між дослідниками з різних країн використовувався програмний інструмент VOSviewer, що дозволило оцінити інтенсивність міжнародної співпраці в цій сфері. Завдяки цим методам було отримано комплексне уявлення про стан і напрями досліджень, а також основні наукові результати, які визначають потенціал застосування донних відкладів у сільському господарстві.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Динаміка публікацій (рис. 1) показує зростання наукового інтересу до використання донних відкладів у сільському господарстві, особливо після 2005 року. Поліноміальна динамічна модель із високим значенням R^2 (0,8403) вказує на значну варіативність кількості публікацій, підтверджуючи надійність цієї тенденції.

Після 2010 року спостерігається ще більш стрімке зростання кількості публікацій, яке досягає піку у 2022 році, ймовірно, через розвиток сталих аграрних практик і збільшення фінансування наукових досліджень. Ця висхідна траєкторія підкреслює актуальність досліджень у цій сфері та потенціал для майбутніх інновацій і застосувань у сталому сільському господарстві.

Аналіз показує, що 95% документів щодо використання донних відкладів у сільському господарстві становлять журнальні статті, що підкреслює домінування цього формату для поширення досліджень. Інші типи документів, такі як тези конференцій, огляди, нотатки, розділи книг та виправлення (*erratum*), разом становлять лише 5%, що свідчить про значну перевагу первинних наукових статей над іншими формами наукової комунікації в цій галузі.

Візуалізація в VOSviewer на рис. 2 підкреслює значні національні кластери серед японських і російських науковців, демонструючи активну внутрішньонаціональну співпрацю з окремими ізольованими кластерами, такими як групи Kawai, Akira та Kamiyama, а також Sigareva, Timofeeva та Zakonnov. Відсутність міжнародних зв'язків свідчить про зосередженість на національних дослідницьких програмах або про існування бар'єрів для міждержавного академічного обміну. Яскравіші області на карті щільності вказують на потужніші мережі, підкреслюючи потенційні переваги розвитку міжкластерних зв'язків для посилення глобальної наукової співпраці та інновацій.

На наступному етапі дослідження дані були екстраговані та візуалізовані за допомогою VOSviewer, з акцентом на співпрацю між країнами, що показано на рис. 3. Представлена карта відображає інтенсивну співпрацю серед дослідників з Польщі, України, Росії, Японії та Китаю, які утворюють щільний кластер взаємопов'язаних наукових активностей. Натомість Єгипет виявився менш інтегрованим у цю мережу. Західноєвропейські країни, такі як Бельгія, Норвегія та Швеція, також займають менш центральні позиції, що може відображати більш локалізовані дослідницькі ініціативи або нижчий рівень міжнародної співпраці в цій галузі. Ця візуалізація підкреслює глобальний розподіл і різну інтенсивність співпраці у ви-

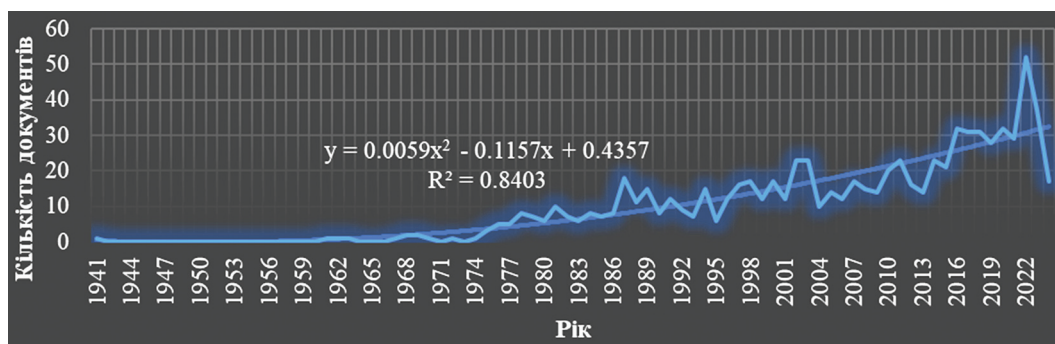


Рис. 1. Динаміка наукової продуктивності у світі

щодо досліджень донних відкладів в аграрних науках за даними бази Scopus

Джерело: розроблено на основі даних бази Scopus із використанням програмного забезпечення VOSviewer.

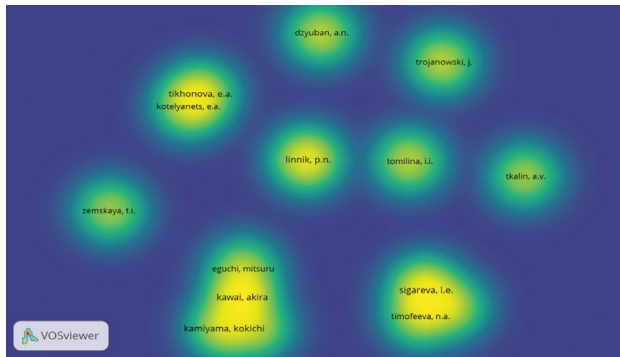


Рис. 2. Візуалізація мереж співавторства за допомогою VOSviewer

Джерело: розроблено на основі даних бази Scopus із використанням програмного забезпечення VOSviewer.

вченні донних відкладів у сільському господарстві.

Для оцінки рівня наукового інтересу та значущості досліджень, пов'язаних із використанням донних відкладів, було проведено аналіз найцитованіших робіт у цій галузі за даними бази Scopus. Вибрані публікації охоплюють різноманітні аспекти, включаючи екологічні, геохімічні й аграрні дослідження, що підтверджує міждисциплінарний характер теми. У табл. 1 представлено п'ять статей, які отримали найбільшу кількість цитувань, що підкреслює їхній вплив на подальший розвиток науки в цій сфері.

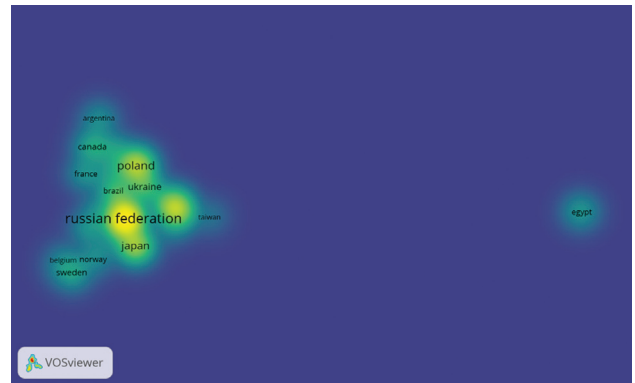


Рис. 3. Візуалізація щільності мереж співавторства в різних країнах за результатами аналізу у VOSviewer

Джерело: розроблено на основі даних бази Scopus із використанням програмного забезпечення VOSviewer.

Аналіз даних табл. 1 демонструє, що найцитованіші дослідження з тематики донних відкладів охоплюють широкий спектр екологічних і геофізичних аспектів. Зокрема, встановлено, що розподіл динофлагелятних кіст у донних відкладах Північної Атлантики залежить від циркуляції океану, що впливає на зони їхньої концентрації та розмноження [14]. Експериментальні дослідження з підняття донних відкладів у зважений стан під впливом густих придонних течій показали, що такі процеси можуть бути передбачуваними за допомогою адаптованих

Таблиця 1

Рейтинг п'яти найцитованіших у світі статей у галузі аграрних і біологічних наук, які містять термін “bottom sediments” у назві (згідно з базою Scopus)

№	Назва публікації	Автори	Джерело	Рік	Цитати
1	Distribution maps of recent dino-flagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas	Harland R.	Palaeontology	1983	320
2	Experiments on the entrainment of sediment into suspension by a dense bottom current	Garcia M., Parker G.	Journal of Geophysical Research	1993	244
3	Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf	Van Hoey G., Degraer S., Vincx M.	Estuarine, Coastal and Shelf Science	2004	207
4	Microplastics in Baltic bottom sediments: Quantification procedures and first results	Zobkov M., Esiukova E.	Marine Pollution Bulletin	2017	200
5	Trapping efficiency of bottom-tethered sediment traps estimated from the intercepted fluxes of ^{230}Th and ^{230}Pa	Yu E.-F., Francois R., Bacon M.P., Honjo S., Fleer A.P., Manganini S.J., Rutgers Van Der Loeff M.M., Ittekkot V.	Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers	2001	185

Джерело: сформовано на основі даних бази Scopus.

Примітка: концепція ранжування адаптована з [13].

математичних моделей, що має значення для управління відкладами [15].

Дослідження макробентосних спільнот на Бельгійському континентальному шельфі виявило чотири основні спільноти, кожна з яких відповідає певним фізико-хімічним умовам і типам донних відкладів. Це дозволило визначити ключові фактори, які впливають на різноманітність і розподіл видів у донних відкладах [16]. В іншій роботі оцінено ефективність пасток для донних відкладів, що використовуються в глибоководних умовах. Зокрема, виявлено зниження точності вимірювань на середніх глибинах через зміни гідродинамічних властивостей часток. Водночас глибоководні пастки показали стабільні результати після корекції даних, що підкреслює важливість правильного врахування змінних параметрів у таких дослідженнях [17].

ВИСНОВКИ

Донні відклади мають значний потенціал для сталого використання в сільському господарстві, оскільки вони покращують фізико-хімічні властивості ґрунтів і сприяють підвищенню їхньої родючості. Вони позитивно впли-

вають на розвиток кореневої системи рослин і підвищують їхню стійкість до стресових умов. Крім того, донні відклади можуть ефективно використовуватися у фіторемедіації — процесі очищення ґрунтів від токсичних речовин за допомогою рослин, що є актуальним для рекультиватії забруднених територій. Аналіз наукових досліджень підтверджує їхню екологічну значущість та міждисциплінарний інтерес до цієї теми.

Перед використанням донних відкладів необхідна їх попередня обробка для зниження концентрації потенційно шкідливих речовин, а також розробка чітких законодавчих норм для регулювання їхнього застосування. Перспективним напрямом є розробка технологій стабілізації цих матеріалів для відновлення деградованих ґрунтів. Відклади також сприяють зменшенню ерозії ґрунту та покращенню його здатності утримувати вологу, що підвищує ефективність їхнього використання. Інтеграція таких підходів допоможе збалансувати екологічні ризики та аграрні переваги. Подальші дослідження необхідні для оцінки їхнього впливу на різні типи ґрунтів і визначення оптимальних способів застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. El-Alfy M.A., El-Amier Y.A., El-Eraky T.E. Land use/cover and eco-toxicity indices for identifying metal contamination in sediments of drains, Manzala Lake, Egypt. *Heliyon*. 2020. Vol. 6. Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03177>
2. Renella G. Recycling and reuse of sediments in agriculture: where is the problem? *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Issue 4. P. 1648. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13041648>
3. Jaskuła J., Sojka M., Fiedler M., Wróżyński R. Analysis of spatial variability of river bottom sediment pollution with heavy metals and assessment of potential ecological hazard for the Warta river, Poland. *Minerals*. 2021. Vol. 11. Issue 3. P. 327. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11030327>
4. Kazberuk W., Szulc W., Rutkowska B. Use bottom sediment to agriculture — Effect on plant and heavy metal content in soil. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Issue 6. P. 1077. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061077>
5. Drozd D., Malinska K., Mazurkiewicz J., Kacprzak M., Mrowiec M., Szczypiór A., Postawa P., Stachowiak T. Fish pond sediment from aquaculture production: Current practices and the potential for nutrient recovery. *International Agrophysics*. 2020. Vol. 34. Issue 1. DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/116394>
6. Baran A., Tarnawski M., Urbaniak M. An assessment of bottom sediment as a source of plant nutrients and an agent for improving soil properties. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2019. Vol. 18. Issue 8. P. 1647–1656. DOI: <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.155>
7. Baran A., Mierzwa-Hersztek M., Gondek K., Tarnawski M., Szara M., Gorczyca O., Koniarz T. The influence of the quantity and quality of sediment organic matter on the potential mobility and toxicity of trace elements in bottom sediment. *Environmental Geochemistry and Health*. 2019. Vol. 41. P. 2893–2910. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00359-7>
8. Abou El-Anwar E.A. Assessment of heavy metal pollution in soil and bottom sediment of Upper Egypt: comparison study. *Bulletin of the National Research Centre*. 2019. Vol. 43. P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0233-4>
9. Baran A., Mierzwa-Hersztek M., Urbaniak M., Gondek K., Tarnawski M., Szara M., Zieliński M. An assessment of the concentrations of PCDDs/Fs in contaminated bottom sediments and their sources and ecological risk. *Journal of Soils and Sediments*. 2020. Vol. 20. P. 2588–2597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02492-3>
10. Koniarz T., Baran A., Tarnawski M. Agronomic and environmental quality assessment of growing media based on bottom sediment. *Journal of Soils and Sediments*. 2022. Vol. 22. Issue 4. P. 1355–1367. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03173-4>
11. Рекомендації з використання донних відкладень із рибогосподарських водойм для поліпшення стану сільськогосподарських угідь та відновлення земель, пошкоджених під час воєнних дій. Харків: ТОВ “ДІСА ПЛЮС”, 2023. 136 с. DOI: <https://doi.org/10.31073/issar9786178122799>
12. Балюк С., Кучер А., Воротинцева Л. Донні відклади — важливе джерело відновлення українських чорноземів. *Голос України*. 2024. № 17 (8296). С. 6. URL: <http://www.golos.com.ua/article/376460> (дата звернення: 27.11.2025).

13. Кучер А., Кучер Л., Пашенко Ю. Еколого-економічні засади управління ризиками проєктів розвитку “зеленого” житлового будівництва в системі цінностей циркулярної економіки. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2024. № 332 (4). С. 379–386. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-332-58>
14. Harland R. Distribution maps of recent dinoflagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas. *Palaeontology*. 1983. Vol. 26. P. 321–387.
15. Garcia M., Parker G. Experiments on the entrainment of sediment into suspension by a dense bottom current. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 1993. Vol. 98, Issue C3. P. 4793–4807. DOI: <https://doi.org/10.1029/92jc02404>
16. Van Hoey G., Degraer S., Vincx M. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2004. Vol. 59, Issue 4. P. 599–613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2003.11.005>
17. Yu E.F., Francois R., Bacon M.P., Honjo S., Fleer A.P., Manganini S.J., Van Der Loeff M.R., Ittekkot V. Trapping efficiency of bottom-tethered sediment traps estimated from the intercepted fluxes of ²³⁰Th and ²³¹Pa. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2001. Vol. 48, Issue 3. P. 865–889. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(00\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(00)00067-4)

AGRICULTURAL POTENTIAL OF BOTTOM SEDIMENTS: PROSPECTS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND LAND RESTORATION

Rudenko D.

Postgraduate student

National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky” (Kharkiv, Ukraine)

e-mail: d.n.rudenko@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8516-0094>

The article explores the agronomic potential of bottom sediments as a promising resource for sustainable agriculture and the restoration of degraded lands. Over the past decades, interest has grown in utilizing sediments from water bodies to enhance soil fertility and improve their physicochemical properties. Sediments are rich in minerals and trace elements, making them a valuable resource for enriching nutrient-depleted soils. The potential for phytoremediation, where plants are used to remove or neutralize toxic substances from the soil, is also examined. A study based on the analysis of scientific publications confirmed that the use of bottom sediments can increase the yield of major agricultural crops, such as maize and wheat, compared to traditional fertilizers. A bibliometric analysis of publications using the Scopus database and the VOSviewer program identified leading research centers and key research directions in this field. Significant attention is given to environmental safety issues, particularly the assessment of heavy metal content in sediments, which is crucial for mitigating potential risks to ecosystems and human health. Furthermore, the article examines the prospects for using bottom sediments to reduce soil degradation and erosion and to retain moisture, which is critically important for arid regions. Research indicates that sediments can improve soil structure by increasing its porosity and aeration, thereby promoting root system development and enhancing plant resilience to stress conditions. Thus, bottom sediments are a promising component of closed-loop agroecosystems, where waste materials can be utilized to boost productivity.

Keywords: recycling of organic materials, fertility restoration, landscape remediation, improvement of agronomic properties, bibliometric analysis.

REFERENCES

1. El-Alfy, M.A., El-Amier, Y.A., & El-Eraky, T.E. (2020). Land use/cover and eco-toxicity indices for identifying metal contamination in sediments of drains, Manzala Lake, Egypt. *Heliyon*, 6 (1). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03177> [in English].
2. Renella, G. (2021). Recycling and reuse of sediments in agriculture: where is the problem? *Sustainability*, 13 (4), 1648. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13041648> [in English].
3. Jaskuła, J., Sojka, M., Fiedler, M., & Wróżyński, R. (2021). Analysis of spatial variability of river bottom sediment pollution with heavy metals and assessment of potential ecological hazard for the Warta river, Poland. *Minerals*, 11 (3), 327. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11030327> [in English].
4. Kazberuk, W., Szulc, W., & Rutkowska, B. (2021). Use bottom sediment to agriculture — Effect on plant and heavy metal content in soil. *Agronomy*, 11 (6), 1077. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061077> [in English].
5. Drozd, D., Malinska, K., Mazurkiewicz, J., Kacprzak, M., Mrowiec, M., Szczypiór, A., Postawa, P., & Stachowiak, T. (2020). Fish pond sediment from aquaculture production: Current practices and the potential for nutrient recovery. *International Agrophysics*, 34 (1). DOI: <https://doi.org/10.31545/intagr/116394> [in English].
6. Baran, A., Tarnawski, M., & Urbaniak, M. (2019). An assessment of bottom sediment as a source of plant nutrients and an agent for improving soil properties. *Environmental Engineering and Management Journal*, 18 (8), 1647–1656. DOI: <https://doi.org/10.30638/eemj.2019.155> [in English].
7. Baran, A., Mierzwa-Hersztek, M., Gondek, K., Tarnawski, M., Szara, M., Gorczyca, O., & Koniarz, T. (2019).

- The influence of the quantity and quality of sediment organic matter on the potential mobility and toxicity of trace elements in bottom sediment. *Environmental Geochemistry and Health*, 41, 2893–2910. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00359-7> [in English].
8. Abou El-Anwar, E.A. (2019). Assessment of heavy metal pollution in soil and bottom sediment of Upper Egypt: comparison study. *Bulletin of the National Research Centre*, 43, 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0233-4> [in English].
 9. Baran, A., Mierzwa-Hersztek, M., Urbaniak, M., Gondek, K., Tarnawski, M., Szara, M., & Zieliński, M. (2020). An assessment of the concentrations of PCDDs/Fs in contaminated bottom sediments and their sources and ecological risk. *Journal of Soils and Sediments*, 20, 2588–2597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-019-02492-3> [in English].
 10. Koniarz, T., Baran, A., & Tarnawski, M. (2022). Agronomic and environmental quality assessment of growing media based on bottom sediment. *Journal of Soils and Sediments*, 22 (4), 1355–1367. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03173-4> [in English].
 11. Rekomendatsii z vykorystannia donnykh vidkladen iz rybohospodarskykh vodoim dlia polipshennia stanu silskohospodarskykh uhid ta vidnovlennia zemel, poshkodzhenykh pid chas voiennykh dii [Recommendations on the use of bottom sediments from fish farming ponds to improve the condition of agricultural lands and restore lands damaged as a result of hostilities]. (2023). Kharkiv: DISA LLC. DOI: <https://doi.org/10.31073/issar9786178122799> [in Ukrainian].
 12. Baliuk, S., Kucher, A., & Vorotyntseva, L. (2024). Donni vidklady — vazhlyve dzherelo vidnovlennia ukrainskykh chornozemiv [Bottom sediments as an important resource for restoring Ukrainian chernozems]. *Holos Ukrainy*, 17 (8296), 6. URL: <http://www.golos.com.ua/article/376460> [in Ukrainian].
 13. Kucher, A., Kucher, L., & Pashchenko, Yu. (2024). Ekoloho-ekonomichni zasady upravlinnia ryzykamy proektiv rozvytku “zelenoho” zhytlovoho budivnytstva v systemi tsinnosti tsyrkuliarnoi ekonomiky [Ecological and economic principles of risk management in the development of “green” housing projects within the value system of the circular economy]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky — Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, 332 (4), 379–386. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-332-58> [in Ukrainian].
 14. Harland, R. (1983). Distribution maps of recent dinoflagellate cysts in bottom sediments from the North Atlantic Ocean and adjacent seas. *Palaeontology*, 26, 321–387 [in English].
 15. Garcia, M., & Parker, G. (1993). Experiments on the entrainment of sediment into suspension by a dense bottom current. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 98 (C3), 4793–4807. DOI: <https://doi.org/10.1029/92jc02404> [in English].
 16. Van Hoey, G., Degraer, S., & Vincx, M. (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59 (4), 599–613. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2003.11.005> [in English].
 17. Yu, E.F., Francois, R., Bacon, M.P., Honjo, S., Fleer, A.P., Manganini, S.J.,... & Ittekkot, V. (2001). Trapping efficiency of bottom-tethered sediment traps estimated from the intercepted fluxes of ²³⁰Th and ²³¹Pa. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 48 (3), 865–889. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0967-0637\(00\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S0967-0637(00)00067-4) [in English].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

РУДЕНКО Дарія Миколаївна, аспірантка, Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського” (вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024; e-mail: d.n.rudenko@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8516-0094>).