

## АНАЛІЗ ЗАПАСІВ САПРОПЕЛЮ В УКРАЇНІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

**О.С. Дем'янюк**

доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН  
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

**В.В. Коніщук**

доктор біологічних наук, професор  
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: konishchuk\_vasyl@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-564>

**О.Г. Мусич**

кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник  
Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»  
(м. Київ, Україна)  
e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3874-741X>

**Л.Ю. Симочко**

кандидат біологічних наук, доцент  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (м. Ужгород, Україна)  
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)  
e-mail: lyudmilassem@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-3172>

**І.І. Мостов'як**

доктор сільськогосподарських наук, доцент  
Уманський національний університет садівництва (м. Умань, Україна)  
e-mail: mostovjak@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-3480>

Оцінено поклади неметалічної корисної копалини сапропель на території України, групи освоєння родовищ як перспективних для видобутку та застосування в сільському господарстві. Застосовано системні підходи, порівняльний аналіз та узагальнення. На території України розвідано 309 із 351 родовища сапропелю із загальними запасами понад 91 млн т, що є актуальним природним ресурсом сировини для багатьох галузей економіки (сільське господарство, медицина, косметологія). Основні ресурси озерних сапропелевих відкладів зосереджені на заході України у водоймах Волинської і Рівненської областей, які становлять 76% і 8,4% загальноукраїнських запасів відповідно. На 191 озері Волинської області розвідано 73706 тис. т покладів сапропелю за категоріями  $A + C_1 + C_2$ , із них балансові запаси складають 66 871 тис. т, позабалансові — 6 835 тис. т. Перспективними для розвідки родовищ сапропелю є 164 родовища, у тому числі: Волинська область — 77 родовищ, Сумська — 49, Харківська — 22, Рівненська — 14, Чернігівська — 2 родовища. За прогнозними оцінками, в Україні відомо 61 родовище сапропелю площею 5912,5 га із запасами 83558 тис. т. У сільському господарстві сапропель як органічне добриво впродовж останніх років застосовують у незначних об'ємах, що становить 0,16% від загального обсягу внесених органічних добрив. Найбільше сапропелю вносять у ґрунт у Волинській області — 9,76 тис. т, що становить 58% від загального обсягу внесеного сапропелю. Майже рівноцінно сапропель використовують при вирощуванні зернових, зернобобових і технічних культур.

**Ключові слова:** природні ресурси, донні відклади, родовища, екологічна безпека, раціональне природокористування.

### ВСТУП

На сучасному етапі розвитку людства особливої актуальності набули екологічні проблеми, зокрема, в аспекті вичерпання природних ресурсів та їх нераціонального використання,

деградації екосистем, надмірного рівня антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище тощо. Відповідно до різних міжнародних природоохоронних документів, зокрема природоохоронних конвенцій Ріо: Рамкової

Конвенції ООН про зміну клімату, Конвенції про боротьбу з опустелюванням та Конвенції про біологічне різноманіття, незбалансоване і неефективне використання природних ресурсів може стати чинником виникнення серйозних соціальних та економічних проблем [1; 2]. Тому важливим є перегляд існуючих підходів і технологій використання природних ресурсів, науково обґрунтоване, екологічно безпечне використання місцевих природних ресурсів, розроблення практичних рекомендацій щодо їхньої охорони й раціонального використання, що є пріоритетним в усьому світі.

У сільському господарстві комплексні органічні добрива є основою відтворення гумусу в орних землях, енергетичним матеріалом для мікроорганізмів, важливим джерелом для елементів живлення рослин і важливим засобом регулювання всіх важливих агрономічних властивостей ґрунту. Особливо цінним у органічних добривах на основі сапропелю є ефект тривалої післядії хімічних речовин, сполук на якість, резистентність педосфери і її компонентів, високі показники підвищення врожайності та екологічної безпеки в органічному агровиробництві, забезпечення природного відновлення потенціалу ґрунтів.

Сапропелі — комплексні відкладення органічних і мінеральних речовин на дні непроточних або слабопроточних відкритих водойм, переважно формуються у флювіогляціальних, карстових озерах бореальної зони, рідше — у старицях, заплавах річок в анаеробних умовах. За нашими даними, в межах Полісся наявні сапропелі на дні торфовищ і боліт, проте економічного ефекту для видобутку вони не представляють. Окрім того, ці території здебільшого мають природоохоронний статус [3]. Термін «сапропель», що означає «гнилий мул», був використаний в 1901 р. вченим Лаутенбергом, у центральній Європі використовується також синонім «гітія».

Сапропелі у природному вигляді — це багатокомпонентні полідисперсні системи, вміст органічних речовин у них перевищує 15–95% маси сухих речовин. Склад органічних речовин сапропелів представлений бітумоїдами, вуглеводним комплексом (геміцелюлози і целюлози), гуміновими речовинами (гуміновими кислотами, фульвокислотами) та осадам, що не гідролізуються. Україна має одні з найбільших покладів сапропелю в Європі.

Сапропель складається з решток відмерлих організмів, що населяли товщу води (фітопланктон, зоопланктон) і її поверхню, вищих водних рослин (макрофітів) і продуктів їх розкладу, а також розчинених речовин і мінеральних частинок. Формування сапропелю

відбувається під впливом біохімічних, мікробіологічних і механічних процесів. Це складний орґано-мінеральний комплекс речовин із елементним складом органічної маси: карбону — 53–60; кисню — 30–36; гідрогену — 6–8; сірки — 1,5–3; нітрогену — до 6%. Органічна частина містить від 3 до 11% бітумів, до 40% гумінових, інших біоактивних речовин. Мінеральна частина сапропелю найчастіше представлена глинистими, піщанистими і дрібноалевритовими теригенними або карбонатними частинками. У мінеральному складі виділяють: алотигенні мінерали (кварц, калієвіпольові шпати, плагіоклази, біотит, мусковіт ін.); сингенетичні аутигенні (опал, кальцит, лімоніт, гіпс); діагенетичні (кальцит, сидерит, марказит, пірит, сірка ін.). За вмістом золи розрізняють органічні (< 30%), змішані (30–65%), мінералізовані (65–85%). За складом зольної частини — вапнякові, кремнеземисті, змішані. Середня густина сапропелю 1050 кг/м<sup>3</sup>, вміст води від 1,5 до 30 г/г сухої речовини. За хімічним складом сапропелі поділяють на кремнеземисті (піску понад 50%), карбонатні (понад 30% окису кальцію) і органічні (понад 70% органічної речовини) [3].

За нестачі органічних добрив у сільському господарстві при скороченні поголів'я великої рогатої худоби, інших тварин, зменшення видобутку мінеральної сировини для удобрення варто робити акцент на використанні сапропелю та його комбінаціях у органічному агровиробництві для вирішення проблем деградації земель, посилення водної ерозії, дефляції в контексті змін клімату, а для Полісся це ще також актуально через радіаційне забруднення, незначний вміст гумусу, недостатнє забезпечення органічними, мінеральними добривами. Рекультивация, реабілітація, покращення фізико-хімічних, агро-екологічних показників ґрунтів є основою в аналітиці покладів сапропелю.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У розвитку кожної держави основне місце займають наукові, аналітичні дані, зокрема, щодо природних ресурсів, від масштабу і якості освоєння яких залежить економічний розвиток та збереження навколишнього середовища для наступних поколінь. Видобуток корисних копалин, як правило, призводить до порушення рівноваги в екосистемах та негативно впливає на навколишнє природне середовище. Техногенне навантаження на екосистеми спричиняє їх швидке і часто незворотне руйнування, яке за своїми масштабами поступово набуває глобального характеру. Водночас актуальним залишається широке використання місцевих ресурсів і доступних природних матеріалів,

зокрема, у сільському господарстві як альтернатива хімічним добривам та меліорантам.

Реалізація положень міжнародних природоохоронних конвенцій забезпечує не лише охорону і збереження екосистем, а й комплексне вирішення проблеми збалансованого розвитку сільськогосподарського виробництва [1]. Зокрема, використання відновлюваних природних ресурсів у сільськогосподарському виробництві, з одного боку, сприяє збереженню органічної речовини ґрунту, зниженню викидів парникових газів у межах агроєкосистем, а з іншого — зменшує техногенний тиск на навколишнє природне середовище.

Також значне підвищення цін на добрива для сільського господарства за необхідності збільшення виробництва сільськогосподарської продукції та жорсткі екологічні вимоги до її якості спонукають до все більшого застосування доступних природних речовин, що є економічно вигідним та відповідає сучасним екологічним стандартам.

Серед мінеральних ресурсів важливе економічне й екологічне значення мають поклади сапропелю — донні відклади прісних водойм (озер), можуть бути також у болотах, старицях річок. У країнах Східної Європи (Литва, Латвія, Україна) наявні значні поклади сапропелю із високою ринковою вартістю, які визнаються національним природним ресурсом [4]. За даними Національної асоціації добувної промисловості України, за запасами сапропелю, які майже не використовуються, Україна займає третє місце в Європі [5]. Однак існують усі передумови до розширення ринку сапропелю в Україні, у т.ч. за рахунок: наявності цього ресурсу; зростання цін на мінеральні добрива і меліоранти; дефіциту на ринку мінеральних і органічних добрив; активного розвитку органічного виробництва; впровадження високих стандартів щодо якості і безпечності агропродукції тощо.

Видобуток і застосування сапропелю вимагає дотримання правил, норм екологічної безпеки, які пов'язані з ризиками для довкілля, здоров'я населення відповідно до директив ЄС щодо водних об'єктів, ґрунтів та методів ведення сільського господарства. Варто враховувати природоохоронні принципи за видобутку сапропелю, обмеження існують для об'єктів природно-заповідного фонду, територій Смарагдової мережі, Рамсарських водно-болотних угідь міжнародного значення. Різні методи, способи видобутку донних відкладів можуть по-різному впливати на біоту гідроєкосистем, передусім це ймовірно фізичне пошкодження гідробіонтів та рідкісних гідрофітів, фітоугруповань. Експлуатаційний спосіб видобутку є одним із найбільш шкідливих для довкілля

і його біорізноманіття, тому гідро-помповий може бути альтернативним і більш безпечним. Однак, зважаючи на поширене переокриття в седиментації різнотипних видів сапропелю із домішками торфу, детриту, мулу, піщано-глинистих, карбонатних відкладів та іншої мортмаси, цей матеріал матиме змішаний склад, хоча й більш ефективний саме для агровиробництва.

Озера як частина природного ландшафту швидко й чутливо реагують на зміну навколишнього природного середовища та вплив різних чинників. Унаслідок техногенного і антропогенного впливу погіршується їх екологічний стан. Будь-яке порушення вже сформованих екологічних умов у межах водозбору протягом порівняно короткого часу буде мати вплив на водний режим озера, кількість мінеральної та органічної речовини, умови життєдіяльності організмів тощо [6; 7]. Водночас знижується їх здатність до самоочищення, вони втрачають своє господарське та рекреаційне значення.

Процес нагромадження донних відкладів у озерах має постійний характер і залежить від низки чинників: величини водозбірних басейнів, погодньо-кліматичних умов та особливостей поверхневого стоку тощо. Своєю чергою властивості та якісний склад сапропелів визначаються трьома складовими: вода, зольна частина і органічні речовини дуже складного і неоднорідного складу [8]. Середньорічний приріст донних відкладів знаходиться в межах від 1 до 6,6 мм, а вік сапропелевих відкладів у сучасних озерах становить майже 12 тис. років.

Більшість озерних екосистем в Україні, на жаль, перебувають у стані, коли процеси евтрофікації та замулення набули незворотного характеру, а такі заходи, як обмеження стоків із водозбору, підвищення рівня води, аерація водної маси, не можуть зупинити процес замулення та мають короточасний ефект.

Так, наприклад, ситуація з водоймами Волинської і Рівненської областей набула екологічної катастрофи: площа озер зменшується, рівень води значно знижується, водне дзеркало і прибережна смуга інтенсивно заростають водною і болотною рослинністю, що призводить до заростання й замулення та втрати їх гідрологічного значення [9; 10].

Ефективним способом відновлення функції озер є видалення донних відкладів. Водночас варто враховувати, що видобуток сапропелю може спричинити зміни гідрологічних показників водойм, приозерних територій, флори та фауни ландшафту. Технологічні роботи з видобутку сапропелю мають бути науково обґрунтованими, екологічно безпечними для довкілля, спрямованими на збереження цілісності екосистеми озера, не спричинити повторне забруднення водо-

відвідних каналів та заболочування водойми [11]. Тому одним із завдань сучасних лімнології й екології є науково-практичне обґрунтування доцільності добування й напрямів використання сапропелевих відкладів та необхідності їхнього комплексного оцінювання. Крім того, видобуток сапропелю забезпечує соціально-економічну вигоду для малих і середніх підприємств, зокрема отримувати якісну та безпечну сировину, вести високорентабельну і прибуткову діяльність та покращувати екологічний стан озер, у т.ч. зменшуючи їх евтрофікацію.

Уміст макро- та мікроелементів, вітамінів, амінокислот, стимуляторів росту в сапропелях робить їх цінною сировиною для застосування в різних галузях народного господарства: у сільському господарстві (рослинництві, тваринництві), медицині та фармакології, хімічній і будівельній промисловості [12–18].

Основний інтерес представляє використання сапропелю для рекультивациі порушених земель, підвищення родючості ґрунтів та як органічне добриво при вирощуванні сільськогосподарських культур. Високий вміст органічної речовини, фульвокислот, азоту, фосфору, калію й біологічно активних речовин визначає агрономічну цінність сапропелів та є джерелом поживних речовин для рослин і мікроорганізмів. Результатами багатьох досліджень доведено, що озерні відкладення мають пролонговану дію щодо покращення агрохімічних і фізичних властивостей ґрунту [4; 17].

Проблемам раціонального використання та збереження водних ресурсів, дослідження процесів накопичення сапропелю, його покладів та якісних параметрів, видобутку та застосування в різних галузях присвячено багато наукових праць [3; 9; 11; 18–25]. Однак, незважаючи на важливе значення, а також будучи екологічною проблемою одночасно, в чинному законодавстві України наразі відсутнє визначення сапропелю, що створює певні проблеми під час здійснення господарської діяльності щодо організації та видобування цієї корисної копалини на природних (водних) об'єктах [26].

Ефективність сапропелів, добутих гідромеханізованим способом, уперше в Україні було вивчено в 1982–1984 рр. у дослідках Українського НДІ землеробства, Українського НДІ ґрунтознавства і агрохімії та інших установ. Оптиміальні норми провітрених сапропелів залежно від вмісту в них нітрогену та зольних речовин для просапних культур становлять 50–100 т/га, для зернових — 30–40 т/га. На відміну від торфу, сапропелі доцільно використовувати у чистому вигляді, проте найефективніше сумісне застосування їх із помірними нормами мінеральних добрив. Багаторазове перевищення

оптимальних норм сапропелю може бути причиною нітратного забруднення навколишнього середовища, порушення сольового режиму ґрунтів. При добуванні сапропелю необхідно якісно звільняти все ложе озера від мулу, оскільки сапропелі при всій їх високій ефективності — добриво одноразового використання. Детальні дослідження добрив на основі сапропелю проводяться в Поліській дослідній станції ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» НААН [27; 28].

«Сапропелеві добрива» — це органічні добрива із сапропелю, які містять комплекс макро- та мікроелементів, біологічно активні речовини (вітаміни, каротиноїди, ферменти, гормоноподібні речовини), що забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур, покращення якості продукції, підвищення родючості ґрунту та активізації росту і розвитку декоративних рослин.

Результати досліджень свідчать, що використання сапропелів у чистому виді забезпечує: у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах із вмістом гумусу 1,28% зростання в шарі ґрунту 0–10 см і 10–20 см агрономічно цінних агрегатів 2–1, 1–0,5, 0,5–0,25 мм за рахунок зменшення колоїдних фракцій; коефіцієнт структурності ґрунту на глибині 0–10 см і 10–20 см за внесення сапропелю порівняно з контрольними варіантами без удобрення зростає із 2,60% і 3,48% до 5,91% і 7,33% і є ефективним на рівні з унесенням підстилкового гною; збільшення порівняно з контролем вмісту природної вологи в 3,2 раза, а втрати вологи, за результатами ліземетричних досліджень, за межі горизонту 0–155 см за локального внесення сапропелю на 24–45% нижче фону; стабілізацію гумусового стану, змінюючи його груповий склад із збільшенням вмісту гумінових кислот; збільшення вмісту основних поживних елементів для рослин; інтенсифікацію мікробіологічних процесів, зростання чисельності корисної мікробіоти (особливо нітрифікуючих і фосфатмобілізуючих бактерій, азотобактеру та ін.); підвищення врожайності сільгоспкультур; зниження переходу <sup>137</sup>Cs у бульби картоплі в 2,7–4,3 раза, зерно віса — в 3,7–2,7 раза, зелену масу люпину — в 2,3–5,2 раза порівняно з контролем.

Експериментально доведено, що сапропель придатний і для виробництва органомінеральних добрив. Органічна їх частина разом із мінеральними добривами утворює органомінеральну композиційну систему, яка не лише зменшує витрати поживних речовин, а й захищає їх від взаємодії з атмосферною вологою під час зберігання, зменшує їх гігроскопічність, знижує корозійну взаємодію мінеральних добрив із металевими виробами.

**Мета досліджень** — дати загальну оцінку покладів неметалічної корисної копалини сапропелю на території України, групи освоєння родовищ як перспективних для видобутку та застосування в сільському господарстві.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методами системного підходу, порівняльного аналізу та узагальнення проведено аналітичні й економіко-статистичні дослідження даних сучасних наукових джерел, статистичних даних Державної служби статистики України, Державного науково-виробничого підприємства «Державний інформаційний геологічний фонд України» та інформаційного ресурсу «Мінеральні ресурси України» та ін. [29–32].

Обрахунок статистичних даних виконано з використанням сучасної комп'ютерної програми Microsoft Office Excel.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На території України зосереджено майже 20 тисяч озер, які у природі виконують низку біосферних функцій [31]. Поряд із накопиченням прісної води в озерах формуються специфічні органо-мінеральні донні відклади — сапропелі, що містять понад 15% органічних речовин.

За ступенем достовірності оцінювання запасів корисних копалин їх поділяють на 4 категорії: А, В, С<sub>1</sub> і С<sub>2</sub>. Категорія А — детально розвідані запаси в точно визначених межах тіл корисних копалин із повним виявленням при-

родних типів і промислових сортів мінеральної сировини, а також геологічних факторів, що визначають умови її видобутку. До категорії В належать попередньо розвідані запаси з приблизно визначеними контурами тіл корисних копалин і недостатньо з'ясованим просторовим розподілом типів мінеральної сировини. Категорія С<sub>1</sub> включає запаси розвіданих родовищ на ділянках складу геологічної будови, а також на недостатньо вивчених нових площах або на площах, що безпосередньо прилягають до раніше детально розвіданих ділянок родовищ. Запаси цієї категорії обраховують шляхом екстраполяції геологічних даних із достовірно вивчених частин родовищ. Категорія С<sub>2</sub> — перспективні запаси, які прогнозують за межами розвіданих частин родовищ на основі інтерпретації їх геологічної будови та за аналогією з уже відомими і детально розвіданими покладами корисних копалин. Запаси категорій А + В + С<sub>1</sub> є основою для проектування та будівництва видобувних підприємств (кар'єрів, шахт тощо), запаси категорії С<sub>2</sub> — можливий резерв.

В Україні розвідано 309 із 351 родовища сапропелю із загальними запасами, що сукупно перевищують 91 млн т (табл. 1). Це є потужним природним ресурсом сировини для виробництва органічних добрив і рекультивациі порушених земель, використання в медицині та інших галузях.

Основні ресурси озерних сапропелевих відкладів зосереджено на заході України, у водоймах Волинської області (76% загальноукраїнських запасів), на території якої знахо-

Таблиця 1

#### Розподіл запасів сапропелю за областями України

| Область                 | Площа озер, га<br>(водне дзеркало/<br>нульова межа<br>відкладів) | Кількість родовищ  |                                      | Балансові запаси станом<br>на 01.01.2021 р., тис. т |                |                                   |                |
|-------------------------|--|--------------------|--------------------------------------|---|----------------|-----------------------------------|----------------|
|                         |  | усього             | у т. ч.,<br>що<br>розроб-<br>ляються | усього  |                | у т. ч.,<br>що розроб-<br>ляються |                |
|                         |  |                    |                                      | А + С <sub>1</sub>                                  | С <sub>2</sub> | А + С <sub>1</sub>                | С <sub>2</sub> |
| Волинська               | 9821/6358  | 190 (191-А)        | (4)                                  | 48050 (55575)                                       | 21621 (11296)  | (2220)                            | (430)          |
| Донецька                | 22/12  | 2                  | —                                    | —   | —              | —                                 | —              |
| Житомирська             | 235/135  | 2                  | —                                    | 865   | —              | —                                 | —              |
| Київська                | 102/78   | 2 (2-А)            | —                                    | 1291 (1285)   | —              | —                                 | —              |
| Луганська               | 21/11  | 5                  | —                                    | 158   | —              | —                                 | —              |
| Рівненська              | 1385/1241  | 50 (37-А)          | —                                    | 6221 (6237)   | 1418 (1418)    | —                                 | —              |
| Сумська                 | 416/316  | 61 (55-А)          | —                                    | 1180 (1505)   | 2392 (4981)    | —                                 | —              |
| Харківська              | 659/535  | 37 (22-А)          | —                                    | —   | 6339 (6456)    | —                                 | —              |
| Чернігівська            | 17/14  | 2 (2-А)            | —                                    | —   | 60 (60)        | —                                 | —              |
| <b>Усього в Україні</b> | <b>14119/(12256)</b>   | <b>351 (309-А)</b> | <b>(4)</b>                           | <b>(64602)</b>                                      | <b>(24211)</b> | <b>(2220)</b>                     | <b>(430)</b>   |

Джерело: [31; 32].

Примітка: звітні дані за 2000 р., у дужках (–) — інформація за 2021 р.

диться 267 озер, більшість з яких карстового походження, зокрема групи Шацьких, Згоранських, Кримнівських озер та озер заплавної типу (долина р. Прип'ять). Природно-кліматичні умови регіону є сприятливими для накопичення цього цінного ресурсу. Середня продуктивність озер по сапропелю складає понад 1 тис. т/га. До 2000 р. тут розроблялося 8 родовищ (Бурків, Колпине, Комлякове, Горіхове, Мисливське, Скомор'є, Синове і Туричанське). Обсяг видобутку загалом становив приблизно 200 тис. т/рік. На всіх родовищах сапропель у 2000 р. добувався тільки для добрив, хоча його можна використовувати і для інших цілей. У Волинській області родовища сапропелю, розвідані за категорією А (тобто підготовлені до видобування), зосереджені в 76 озерах, що сумарно містять 40041,1 тис. т сапропелю.

Найбільші за площею озера розташовані в Любомльському районі: Світязь, Пульмівське, Луки, Люцимер, Кримне, що знаходяться в Шацькому заповіднику. У Ратненському районі знаходяться трохи менші за площею, але теж досить великі озера: Турське, Горіхове, Волянське. У східних районах Волинської області переважають невеликі озера. Так, у Маневицьком районі на 19 розвіданих родовищах розташовано 2,1 млн т сапропелю, тобто в середньому 0,1 млн т в одному озері [27].

Нині на 191 озері цього регіону розвідано за категоріями А + С<sub>1</sub> + С<sub>2</sub> — 73706 тис. т, із них балансові запаси — 66871 тис. т, а позабалансові — 6 835 тис. т (табл. 2). Середня продуктивність місцевих озер становить понад

1 тис. т/га. Останніми роками в цьому регіоні розроблялося 8 родовищ із середнім обсягом видобутку майже 200 тис. т/рік.

Комплексними лімнолого-географічними та бальнеологічними дослідженнями Л. Ільїна і М. Пасічника [24; 25] встановлено, що озерний сапропель Волинської області перспективний до використання в рекреаційно-курортній діяльності. Зокрема, сапропель озера Велике Піщанське із загальними балансовими запасами 410,0 тис. т відповідає нормативним вимогам, установленим до лікувальних грязей [24].

На території Рівненської області знаходиться 150 озер та обліковано поклади сапропелю лише в 37 водоймах, у яких балансові запаси оцінено на рівні 7,66 млн т і позабалансові — 6,25 млн т та які сукупно становлять 8,4% загальноукраїнських запасів. Детальною розвідкою охоплено майже 23% озерних родовищ сапропелю. Більшість із озерних родовищ сапропелю мають запаси понад 100 тис. т та площу до 0,5 км<sup>2</sup>. Але впродовж 2020–2021 рр. видобуток сапропелю на території області не проводили. Найбільш поширені в цьому регіоні сапропелі кластогенного типу (46,3%) переважно органо-глинистого (1940,7 тис. т) і органо-піщанистого (1732,4 тис. т) виду. У змішаному типі сапропелів домінує органо-залізистий і глинисто-вапняковий вид з покладами 1949,8 тис. т і 1019,9 тис. т відповідно. При цьому балансові становлять 8381,3 тис. т. Сапропелі біогенного типу є менш поширеними і представлені видами: змішано-водоростевим (280,2 тис. т), торф'янистим (226,3 тис. т), зоогенно-водорос-

Таблиця 2

## Розподіл запасів сапропелю за групами освоєння, 2021 р.

| Група освоєння            | Кількість родовищ | Запаси, тис. т |               |
|---------------------------|-------------------|----------------|---------------|
|                           |                   | балансові      | позабалансові |
| 1. Волинська область      | 191               | 66871          | 6835          |
| Перспективні для розвідки | 77                | 11296          | 4296          |
| 2. Київська               | 2                 | 1285           | —             |
| Перспективні для розвідки | 2                 | 1285           | —             |
| 3. Сумська область        | 55                | 6486           | 213           |
| Перспективні для розвідки | 49                | 4981           | —             |
| 4. Рівненська область     | 37                | 7655           | 6245          |
| Перспективні для розвідки | 14                | 1418           | 4861          |
| 5. Харківська область     | 22                | 6456           | —             |
| Перспективні для розвідки | 22                | 6456           | —             |
| 6. Чернігівська область   | 2                 | 60             | —             |
| Перспективні для розвідки | 2                 | 60             | —             |

Джерело: [32].

тевим (166,0 тис. т) і діамантовим (142,0 тис. т) [34]. На території Сумської області знаходиться 188 озер та налічується 55 родовищ сапропелю із загальними геологічними запасами 6699 тис. т, із них балансові — 6486 тис. т, позабалансові — 213 тис. т, що не розробляються. Запаси сапропелю за категоріями А + В + С<sub>1</sub> становлять 2,36% від запасів в Україні. На 40 обстежених озерах донні відклади представлені високозолюним мулом із прошарками високозолюного сапропелю із запасами 4453 тис. т. На півночі Київської області (Іванківський і Вишгородський р-ни) знаходяться два родовища сапропелю (Валово, Святе) із загальними запасами 1,29 млн т, але видобуток останніми роками не ведеться. Аналогічно на двох перспективних для розвідки родовищах сапропелю Чернігівської області зосереджено 60 тис. т запасів цієї корисної органо-мінеральної неметалічної сировини. У межах Харківської області налічується 36 озер та виявлено 22 родовища сапропелю із загальними геологічними запасами 6456 тис. т. У водоймах Херсонської, Хмельницької та Одеської областей відклади представлені мінеральним мулом із прошарками високозолюного сапропелю і торфу.

Отже, перспективними для розвідки родовищ сапропелю по Україні, за даними ДС геології і надр України, є 164 родовища, у тому числі: Волинська область — 77 родовищ, Сумська — 49, Харківська — 22, Рівненська — 14, Чернігівська — 2 родовища. За прогнозними оцінками, в Україні відомо 61 родовище сапропелю площею 5912,5 га із запасами 83558 тис. т [33].

Сапропель є цінним органічним добривом, що має позитивний вплив на структуру ґрунту, вміст органічної речовини ґрунту, його супресивність та рослини [4; 16–20]. Однак, на жаль, в Україні в сільському господарстві

його застосовують у незначних об'ємах. Так, за даними Держстат України, у 2020 р. під сільськогосподарські культури було внесено лише 16,9 тис. т сапропелю, що становить 0,16% від загального обсягу внесених органічних добрив (табл. 3). І така тенденція зберігається впродовж останніх трьох років. Зокрема, у 2018 р. було внесено сапропелю 18,0 тис. т, у 2019 р. — 3,3 тис. т.

Розрахунки показують, що для підтримання бездефіцитного балансу гумусу на легких за гранулометричним складом ґрунтах Полісся необхідно вносити на 1 га сівозмінної площі не менше 16–18 т/га органічних добрив. Враховуючи різке зменшення видобутку торфу для приготування органічних добрив (компостів) та зменшення поголів'я ВРХ і виходу гною, важливим резервом їх поповнення може бути сапропель, запаси якого в західному регіоні України цілком достатні для налагодження його промислових розробок. Крім того, перехід тепличного овочівництва на ресурсозберігаючі принципи функціонування із забезпеченням умов екологічної безпеки визначає актуальність пошуку і ефективного використання матеріальної основи субстратів для вирощування овочевих і ягідних культур.

Варто відмітити, що сапропель як органічне добриво використовують лише в 6-ти областях України, серед яких лише у Волинській і Київській областях наявні місцеві ресурси і ведеться їх видобуток. На противагу, в Рівненській, Сумській, Харківській й Чернігівській областях за наявності потужних покладів сапропелю як перспективних для видобутку та існуючої потреби внесення органічних добрив і проведення рекультиватії ґрунтів місцеві ресурси взагалі не використовуються.

Найбільше сапропелю вносять у ґрунт у Волинській області — 9,76 тис. т, що становить

Таблиця 3

**Обсяг унесення органічних добрив і сапропелю під урожай сільськогосподарських культур 2020 р., тис. т**

| Область           | Унесено органічних добрив | у т.ч. мул і сапропель | Унесено сапропелю під культури |          |         |
|-------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------------|----------|---------|
|                   |                           |                        | зернові та зернобобові         | технічні | кормові |
| Вінницька         | 725,8                     | 2,12                   | 1,43                           | 0,69     | —       |
| Волинська         | 336,3                     | 9,76                   | 3,00                           | 6,75     | —       |
| Київська          | 1522,2                    | 0,24                   | 0,14                           | 0,10     | 0,004   |
| Одеська           | 111,0                     | 3,36                   | 3,36                           | —        | —       |
| Херсонська        | 130,5                     | 1,22                   | 0,10                           | 1,09     | —       |
| Черкаська         | 913,3                     | 0,20                   | 0,20                           | —        | —       |
| Усього по Україні | 10 222,9                  | 16,90                  | 8,23                           | 8,63     | 0,004   |

Джерело: [29].

58% від загального обсягу внесеного сапропелю. Майже рівноцінно сапропель використовують при вирощуванні зернових, зернобобових і технічних культур і лише в Київській області 0,004 тис. т — при вирощуванні кормових культур.

За видобутку сапропелю особливої уваги потребує природоохоронний аналіз оцінки впливу на довкілля та стратегічної екологічної оцінки. Частина родовищ сапропелю знаходиться в межах об'єктів природно-заповідного фонду та їх природоохоронних зон, на територіях екомережі Emerald, Рамсарських водно-болотних угіддях міжнародного значення. Наприклад, у Волинській області це родовища сапропелю: Черемошне, Редичі, Хидча (Озерце), Лісне, Засвіття, Люкот'є (Локоття), Паніно (Черемський природний заповідник); Березновольське, Біле, Волянське, Добре, Луке, Любязь, Плотичне, Рогозне, Святе-ІІ, Скорінь, Тучне (Національний природний парк «Прип'ять-Стохід»); Велике Піщанське, Герасимово, Довге, Звединка, Карасинець, Кругле, Ліновець, Луки, Люцимир, Мале Піщанське, Мошне, Острів'янське, Озерце, Пісочне, Прибич, Ритець, Соминець (Шацький національний природний парк) та ін. Однозначно в межах цих об'єктів видобуток сапропелю заборонений чинним законодавством України, ратифікованими міжнародними конвенціями, угодами. Проте відбір проб для наукових досліджень особливостей седиментогенезу, екологічного стану природних комплексів за відповідного погодження цілком можливий. Варто також звернути увагу на природоохоронні принципи за видобутку сапропелю в контексті збереження раритетних гідробіонтів (видів флори, фауни), занесених до Червоної книги України, інших охоронюваних переліків, а також типів природних середовищ Бернської конвенції, фітогруповань Зеленої книги України. Для цього необхідно провести додаткові екозоологічні дослідження на територіях розвіданих і прогнозних родовищах сапропелю України. Дуже важливо провести екологічну паспор-

тизацію гідроєкосистем, де наявні відклади сапропелю [35].

## ВИСНОВКИ

На території України розвідано 309 родовищ сапропелю із загальними запасами понад 91 млн т, що є потужним природним ресурсом сировини для багатьох галузей економіки. За останні 20 років збільшилася кількість розвіданих родовищ сапропелю із більш якісним аналізом фізико-хімічного складу. Основні ресурси озерних сапропелевих відкладів зосереджені на заході України у водоймах Волинської і Рівненської областей, які становлять 76% і 8,4% загальноукраїнських запасів відповідно. На 191 озері Волинської області розвідано 73706 тис. т покладів сапропелю за категоріями А + С<sub>1</sub> + С<sub>2</sub>, із них балансові запаси складають 66 871 тис. т, позабалансові — 6 835 тис. т. Перспективними для розвідки родовищ сапропелю є 164 родовища, у тому числі: Волинська область — 77 родовищ, Сумська — 49, Харківська — 22, Рівненська — 14, Чернігівська — 2 родовища. За прогнозними оцінками, в Україні відомо 61 родовище сапропелю площею 5912,5 га із запасами 83558 тис. т.

У сільському господарстві сапропель як органічне добриво впродовж останніх років застосовують у незначних об'ємах, що становить 0,16% від загального обсягу внесених органічних добрив. Найбільше сапропелю вносять у ґрунт у Волинській області — 9,76 тис. т, що становить 58% від загального обсягу внесеного сапропелю. Майже рівноцінно сапропель використовують при вирощуванні зернових, зернобобових і технічних культур.

Відсутність повної інформації про ресурси сапропелю, його якісну характеристику, а також не врегулювання законодавчої бази щодо видобування цієї корисної копалини гальмує широке застосування в різних галузях економіки та визначає перспективи подальших досліджень.

На жаль, також недостатньо детально вивчені природоохоронні аспекти родовищ сапропелю в Україні.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тараріко О.Г., Дем'янюк О.С., Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В. Природоохоронні конвенції Ріо: реалізація їх положень у сільськогосподарській політиці України. *Агроєкологічний журнал*. 2016. № 4. С. 7–14.
2. Фурдичко О.І., Дем'янюк О.С. Еколого-економічні особливості використання природних ресурсів в аграрному виробництві України. *Агроєкологічний журнал*. 2013. № 3. С. 7–12.
3. Коніщук В.В., Коніщук М.О., Булгаков В.І. та ін. Аналіз видів сапропелю для рекультивативної деградованих земель України. *Агроєкологічний журнал*. 2015. № 1. С. 83–92.
4. Booth C.A., Baksiene E., Fullen M.A., Ciunys A. Long-term agrochemical dynamics: engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics*. 2007. 2 (2). P. 108–116.
5. Національна асоціація добувної промисловості України. URL: <http://neiau.org/sapropeli-poryatunok-gruntu-ta-dzherelo-dlya-valyutnyh-nahodzhzen/> (дата звернення: 19.01.2022).
6. Алимов Л.Ф. Стабильность и устойчивость водных экосистем. *Гидробиологический журнал*. 2017. Т. 53. № 1. С. 3–15.



7. Zagorodnya S., Novokhatska N., Okhariev V., Popova M., Radchuk I., Trysnyuk T., Shumeiko V., Atrasevych O. GIS-based assessment of anthropogenic influence in Western Polissya region limnological ecosystems. *Екологічна безпека та природокористування*. 2018. № 26 (2). С. 23–33.
8. Топачевский И.В. Сапропели пресноводных водоемов Украины. *Геология и полезные ископаемые Мирового океана*. 2011. № 1. С. 66–72.
9. Шевчук М.Й., Сергушко О.Г. Евтрофікація озер Волинської області. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 16–21.
10. Альохіна О.В., Корусь М.М., Івченко Д.В. та ін. Батиметричні дослідження озера Світязь в околі розташування можливих підземних джерел його водопостачання. *Екологічна безпека та природокористування*. 2020. 34 (2). С. 53–71.
11. Іващенко Т.Г., Новосельська Л.П. Характеристика сапропелей та екологічна безпека їх видобутку. *Екологічні науки*. 2014. № 6. С. 155–159.
12. Strus O.Y. Study of sapropel extracts from Prybych natural deposits. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2015. 7 (6). P. 133–137.
13. Струс О.Є. Аналіз досвіду використання сапропелів у медицині та косметології. *Український журнал клінічної та лабораторної медицини*. 2018. Т. 13, № 4. С. 77–88.
14. Pavlovska I., Klavina A., Auce A. et al. Assessment of sapropel use for pharmaceutical products according to legislation, pollution parameters, and concentration of biologically active substances. *Sci Rep*. 2020. 10. 21527. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78498-6>
15. Strakhovenko V., Ovdina E., Malov G., Yermolaeva N., Zarubina E. Concentration Levels and Features of the Distribution of Trace Elements in the Sapropel Deposits of Small Lakes (South of Western Siberia). *Minerals*. 2021. 11. 1210. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11111210>
16. Baksiene E., Asakaviciute R., Romanovskaja D., Tripolskaja L., Razukas A. The influence of lake sediments on sandy loam soil properties and crop yield. *Romanian Agricultural Research*. 2015. 32 (32). P. 183–190.
17. El-sayed M.E.A., Soliman G.M.M., Ahmed A.F. Impact of silicon and humic acid application under water stress condition on some bread wheat cultivars and some soil properties. *Assiut J. Agricult. Sci*. 2018. 49 (4). P. 138–157.
18. Thalooth F.M., Manal A.T., Amal G., Ahmed H., Mohamed Magda, Elewa T.A. Evaluation of the effect of chemical fertilizer and humic acid on yield and yield components of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) grown under newly reclaimed sandy soil. *Int. J. of Chem. Tech. Res*. 2016. 9 (8). P. 154–161.
19. Varady R.G., Albrecht T.R., Staddon C., Gerlak A.K., Zuniga-Teran A.A. The water security discourse and its main actors. *Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples*, 2021. P. 215–252.
20. Stankevica K., Vincevica-Gaile Z., Klavins M. Role of humic substances in agriculture and variability of their content in freshwater lake sapropel. *Agron. Res*. 2019. 17 (3). P. 850–861.
21. Петроченко О.В., Петроченко В.І. Методологія інтегрованого управління земельними і водними ресурсами. *Екологічна безпека та природокористування*. 2021. № 3 (39). С. 102–120.
22. Dirksen J.P., Meijer P. A mechanism for high-frequency variability in sapropels. *Marine Geology*. 2022. 448 (13). 106812.
23. Лико Д.В., Зубкович І.В., Мартинюк В.О., Лико С.М. Оцінка геоекологічних процесів у басейновій системі озера Острівське (Волинське Полісся). *Вісн. Нац-го ун-ту водного господарства та природокористування. Серія Сільськогосподарські науки*. 2018. № 2 (82). С. 3–14.
24. Ільїн Л., Пасічник М. Лімнологічно-географічний та бальнеологічний аналіз донних відкладів озера Велике Піщанське. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2018. 10 (383). С. 15–21.
25. Ільїна О.В., Пасічник М.П., Пасічник Н.В. Озерний сапропель Волинської області: ресурси та перспективи використання у рекреаційнокурортній діяльності. *Географія та туризм*. 2016. Вип. 35. С. 115–124.
26. Ілларіонов О. Еколого-правові та організаційні засади видобування сапропелю в Україні. *Scientific Research in XXI Century: Scientific Collection «InterConf» (101) (Ottawa, Canada, March 6–8, 2022)*. С. 225–235.
27. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: Монографія. Луцьк: Надстир'я, 1996. 384 с.
28. Гаврилюк В.А., Дідковська Т.П., Бортнік А.М. Сапропель як ефективна та екологічно безпечна сировина для виготовлення добрив та препаратів. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 6. С. 90–92.
29. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 29.03.2022).
30. Мінеральні ресурси України. URL: <https://minerals-ua.info> (дата звернення: 16.02.2022).
31. Аналіз стану мінерально-сировинної бази України, облік родовищ і складання Державних балансів запасів торфу та сапропелю за станом на 01.01.1997, 1998, 1999 рр. Науковий звіт. Міністерство екології та природних ресурсів України, Департамент геології і використання надр, Державний інформаційний геологічний фонд України. В 16 книгах, XVI — Сапропель. Київ, 2000. 158 с.
32. ДНВП «Геоінформ України». URL: <https://geoinf.kiev.ua> (дата звернення: 12.01.2022).
33. Романенко В.Д. Основи гідроекології. Київ: Обереги, 2001. 730 с.
34. Пасічник М.П. Озерний сапропель Рівненської області: особливості поширення та ресурси. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2018. Вип. 9. С. 163–168.
35. Коніщук В.В. Концепція і стратегія збалансованого розвитку ландшафтів водно-болотних угідь і торфових екосистем України. Київ: ДІА, 2015. 52 с.

## ANALYSIS OF SAPROPEL STOCKS IN UKRAINE AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL FOR ORGANIC FERTILIZERS

**Demyanyuk O.**

Doctor of Agricultural Science, Professor, Corresponding Member of NAAS  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

**Konishchuk V.**

Doctor of Biological Science, Professor  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: konishchuk\_vasyi@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-564>

**Musich O.**

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher  
GU «Institute of Environmental Geochemistry» of the National Academy of Sciences of Ukraine  
(Kyiv, Ukraine)  
e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3874-741X>

**Symochko L.**

PhD, Associate Professor  
Uzhhorod National University (Uzhhorod, Ukraine)  
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)  
e-mail: lyudmilassem@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-3172>

**Mostoviak I.**

Doctor of Agricultural Science, Associate Professor  
Uman National University of Horticulture (Uman, Ukraine)  
e-mail: mostovjak@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-3480>

*Deposits of non-metallic mineral sapropel on the territory of Ukraine, groups of development of deposits as perspective for extraction and application in agriculture have been estimated. The system approaches, comparative analysis and generalizations have been used. 309 out of 351 sapropel deposits with total reserves of over 91 million tons have been explored in Ukraine, which is an important natural resource of raw materials for many sectors of the economy (agriculture, medicine, cosmetology). The main resources of lake sapropel deposits are concentrated in the west of Ukraine in the reservoirs of Volyn and Rivne regions, which account for 76% and 8.4% of all-Ukrainian reserves, respectively. 73,706 thousand tons of sapropel deposits have been explored on 191 lakes of Volyn region by categories A + C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub>, of which the balance reserves are 66,871 thousand tons, off-balance ones are 6,835 thousand tons. 164 deposits are promising for exploration of sapropel deposits, including: Volyn region — 77 deposits, Sumy region — 49, Kharkiv region — 22, Rivne region — 14, Chernihiv region — 2 deposits. According to forecast estimates, 61 sapropel deposits with an area of 5,912.5 hectares with reserves of 83,558,000 tons are known in Ukraine. In agriculture, sapropel has been used as an organic fertilizer in small amounts in recent years, accounting for 0.16% of total organic fertilizers. Most sapropel is applied to the soil in the Volyn region — 9.76 thousand tons, which is 58% of the total amount of sapropel. Sapropel is used almost equally in the cultivation of cereals, legumes and industrial crops.*

**Keywords:** natural resources, bottom sediments, deposits, ecological safety, rational environmental management.

### REFERENCES

1. Tarariko, A., Demyanyuk, O., Kuchma, T., & Ilyenko, T. (2016). Pryrodookhoronni konventsii Rio: realizatsiia yikh polozhen u silskohospodarskii politytsi Ukrainy [Environmental Rio Conventions: implementation of the provisions into agricultural policy of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 7–14 [in Ukrainian].
2. Furdychko, O.I., & Demyanyuk, O.S. (2013). Ekoloho-ekonomichni osoblyvosti vykorystannia pryrodnykh resursiv v ahrarnomu vyrobnytstvi Ukrainy [Environmental and economic characteristics of natural resources utilization in the agricultural production of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 3, 7–12 [in Ukrainian].
3. Konishchuk, V., Konishchuk, M., Bulgakov, V., Bobryk, I., Rudenko, O., Onuk, L., Skakalska, O., & Kyrnychyshyn, O. (2015). Analiz vydiv sapropeliu dlia rekultyvatsii dehradovanykh zemel Ukrainy [Analysis of the sapropel types for degraded land reclamation in Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 83–92 [in Ukrainian].
4. Booth, C.A., Baksiene, E., Fullen, M.A., & Ciunys, A. (2007). Long-term agrochemical dynamics: engineering, application and challenges of calcareous sapropel as a soil fertilizer. *International Journal of Ecodynamics*, 2 (2), 108–116 [in English].

5. National Association of Extractive Industries of Ukraine. URL : <http://neiau.org/sapropeli-poryatunok-gruntu-ta-dzherelo-dlya-valyutnyh-nadhodzhen/> [in Ukrainian].
6. Alimov, L.F. (2017). Stabil'nost' i ustojchivos' vodnyh ekosistem [Stability and sustainability of aquatic ecosystems]. *Gidrobiologicheskij zhurnal – Hydrobiological journal*, 53 (1), 3–15 [in Russian].
7. Zagorodnya, S., Novokhatska, N., Okhariev, V., Popova, M., Radchuk, I., Trysnyuk, T., Shumeiko, V., Atrasevych, O. (2018). GIS-based assessment of anthropogenic influence in Western Polissya region limnological ecosystems. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannja – Environmental safety and natural resources*, 26 (2), 23–33 [in English].
8. Topachevskij, I.V. (2011). Sapropeli presnovodnyh vodoemov Ukrainy [Sapropels of freshwater basins of Ukrainian]. *Geologiya i poleznye iskopaeemye Mirovogo okeana – Geology and Mineral Resources of World Ocean*, 1, 66–72 [in Russian].
9. Shevchuk, M.Y., & Serhushko, O.H. (2017). Evtrofikatsiia ozer Volynskoi oblasti [Eutrophication of lakes in Volyn region]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 1, 16–21 [in Ukrainian].
10. Alokhiina, O.V., Korus, M.M., Ivchenko, D.V., Pits, N.A., & Turych, V.V. (2020). Batymetrychni doslidzhennia ozera Svitiaz v okoli roztashuvannia mozhyvykh pidzemnykh dzherel yoho vodopostachannia [Bathymetry investigations of Svitiaz lake in the area of probable water supply underground sources location]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia – Environmental Safety and Natural Resources*, 34 (2), 53–71 [in Ukrainian].
11. Ivashchenko, T.H., & Novoselska, L.P. (2014). Kharakterystyka sapropeli ta ekolohichna bezpeka yikh vydobutku [Characteristics of sapropels and ecological safety of their production]. *Ekologichni nauky – Ecological sciences*, 6, 155–159 [in Ukrainian].
12. Strus, O.Ye. (2015). Study of sapropel extracts from Prybych natural deposits. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7 (6), 133–137 [in English].
13. Strus, O.Ye. (2018). Analiz dosvidu vykorystannia sapropeliv u medytsyni ta kosmetologii [Analysis of the experience of using sapropels in medicine and cosmetology]. *Ukrainskyi zhurnal klinichnoi ta laboratornoi medytsyny – Ukrainian Journal of Clinical and Laboratory Medicine*, 13 (4), 77–88 [in Ukrainian].
14. Pavlovska, I., Klavina, A., Auce, A. et al. (2020). Assessment of sapropel use for pharmaceutical products according to legislation, pollution parameters, and concentration of biologically active substances. *Sci Rep*, 10, 21527. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78498-6> [in English].
15. Strakhovenko, V., Ovdina, E., Malov, G., Yermolaeva, N., & Zarubina, E. (2021). Concentration Levels and Features of the Distribution of Trace Elements in the Sapropel Deposits of Small Lakes (South of Western Siberia). *Minerals*, 11, 1210. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11111210> [in English].
16. Baksieni, E., Asakaviciute, R., Romanovskaja, D., Tripolskaja, L., & Razukas, A. (2015). The influence of lake sediments on sandy loam soil properties and crop yield. *Romanian Agricultural Research*, 32 (32), 183–190 [in English].
17. El-sayed, M.E.A., Soliman, G.M.M., & Ahmed, A.F. (2018). Impact of silicon and humic acid application under water stress condition on some bread wheat cultivars and some soil properties. *Assiut J. Agricult. Sci*, 49 (4), 138–157 [in English].
18. Thalooth, F.M., Manal, A.T., Amal, G., Ahmed, H., Mohamed Magda, & Elewa, T.A. (2016). Evaluation of the effect of chemical fertilizer and humic acid on yield and yield components of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) grown under newly reclaimed sandy soil. *Int. J. of Chem. Tech. Res*, 9 (8), 154–161 [in English].
19. Varady, R.G., Albrecht, T.R., Staddon, C., Gerlak, A.K., & Zuniga-Teran, A.A. (2021). The water security discourse and its main actors. *Handbook of Water Resources Management: Discourses, Concepts and Examples*. 215–252 [in English].
20. Stankevica, K., Vincevica-Gaile, Z., Klavins, M. (2019). Role of humic substances in agriculture and variability of their content in freshwater lake sapropel. *Agron. Res*, 17 (3), 850–861 [in English].
21. Petrochenko, A.V., & Petrochenko, V.I. (2021). Metodolohiia intehrovanoho upravlinnia zemelnymy i vodnymy resursamy [Methodology of integrated land and water resources management]. *Ekologichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia – Environmental Safety and Natural Resources*, 3 (39), 102–120 [in Ukrainian].
22. Dirksen, J.P., & Meijer, P. (2022). A mechanism for high-frequency variability in sapropels. *Marine Geology*, 448 (13), 106812 [in English].
23. Lyko, D.V., Zubkovych, I.V., Martyniuk, V.O., & Lyko, S.M. (2018). Otsinka heoekolohichnykh protsesiv u baseinovii systemi ozera Ostrivske (Volynske Polissia) [Estimation of geoecological processes in the basin system of Lake Ostrivske (Volyn Polissya)]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Serii Silskogospodarski nauky – Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Sciences*, 2 (82), 3–14 [in Ukrainian].
24. Ilyin, L., & Pasichnyk, M. (2018). Limnoloheoheografichni ta balneolohichni analiz donnykh vidkladiv ozera Velyke Pishchanske [Limno-geographical and balneological analysis bottom sediments of the Velyke Pishchanske lake]. *Naukovyi visnyk Shkhidnoevropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky – Scientific Bulletin of the Lesia Ukrainka East European National University*, 10 (383), 15–21 [in Ukrainian].
25. Iliina, O.V., Pasichnyk, M.P., & Pasichnyk, N.V. (2016). Ozernyi sapropel Volynskoi oblasti: resursy ta perspektyvy vykorystannia u rekreatsiino-kurortnii diialnosti [Lake's sapropel of Volyn region: resources and perspectives of use in recreational and health resort activities]. *Heohrafiia ta turyzm – Geography and tourism*, 35, 115–124 [in Ukrainian].

26. Illarionov, O. (2022). Ekolooho-pravovi ta orhanizatsiini zasady vydobuvannia sapropeliu v Ukraini [Ecological, legal and organizational principles of sapropel extraction in Ukraine]. *Scientific Research in XXI Century: Scientific Collection «InterConf» (101)* (Ottawa, Canada, March 6–8, 2022). 225–235 <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/18801> [in Ukrainian].
27. Shevchuk, M.Y. (1996). Sapropeli Ukrainy: zapasy, yakist ta perspektyvy vykorystannia: monohrafiia [Sapropels of Ukraine: stocks, quality and prospects of use: Monograph]. Lutsk: Nadstyr'ia [in Ukrainian].
28. Havryliuk, V.A., Didkovska, T. P., & Bortnik, A.M. (2009). Sapropel yak efektyvna ta ekolohichno bezpechna syrovyna dlia vyhotovlennia dobryv ta preparative [Sapropel as an effective and environmentally friendly raw material for the manufacture of fertilizers and preparations]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 6, 90–92 [in Ukrainian].
29. State Statistics Service of Ukraine. URL: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
30. Mineral resources of Ukraine. URL: <https://minerals-ua.info> [in Ukrainian].
31. Analiz stanu mineralno-syrovynnoi bazy Ukrainy, oblik rodovyshch i skladannia Derzhavnykh balansiv zapasiv torfu ta sapropeliu za stanom na 1.01.1997, 1998, 1999 rr. Naukovyi zvit (2000) [Analysis of the state of the mineral resource base of Ukraine, accounting of deposits and compilation of the State balances of peat and sapropel reserves as of January 1, 1997, 1998, 1999. Scientific report]. *Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy, Departament heolohii i vykorystannia nadr, Derzhavnyi informatsiyni heolohichniy fond Ukrainy – Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, Department of Geology and Subsoil Use, State Information Geological Fund of Ukraine*. Kyiv [in Ukrainian].
32. Ukrainian Geological Survey. URL: <https://geoinf.kiev.ua> [in Ukrainian].
33. Romanenko, V.D. (2001). Osnovy hidroekolohii [Fundamentals of hydroecology]. Kyiv: Oberehy [in Ukrainian].
34. Pasichnyk, M.P. (2018). Ozernyi sapropel Rivnenskoï oblasti: osoblyvosti poshyrennia ta resursy [Lake's sapropel of Rivne region: distribution of features and resources]. *Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu – Scientific Bulletin of Kherson State University*, 9, 163–168 [in Ukrainian].
35. Konishchuk, V. (2015). Kontsepsiia i stratehiia zbalansovanoho rozvytku landshaftiv vodno-bolotnykh uhid i torfovykh ekosystem Ukrainy [The concept and strategy of balanced development of wetland landscapes and peat ecosystems of Ukraine]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Дем'янюк Олена Сергіївна**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, заступник директора з наукової роботи, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>)

**Коніщук Василь Васильович**, доктор біологічних наук, професор, завідувач відділом охорони ландшафтів, збереження біорізноманіття і природозаповідання, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: konishchuk\_vasyl@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4115-564>)

**Мусич Олена Григорівна**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» (пр-т Академіка Палладіна, 34а, м. Київ, 02000, Україна; e-mail: nad79eva@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3874-741X>)

**Симочко Людмила Юріївна**, кандидат біологічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (м. Ужгород, Україна), Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: lyudmilassem@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-3172>)

**Мостов'як Іван Іванович**, доктор сільськогосподарських наук, доцент, перший проректор, Уманський національний університет садівництва (вул. Інститутська, 1, м. Умань, 20305, Черкаська обл., Україна; e-mail: mostovjak@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4585-3480>)