

ЕВОЛЮЦІЯ ТЕРМІНОЛОГІЇ У СФЕРІ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ҐРУНТУ ТА ГУМУСУ*

Є.В. Скрильник¹, А.М. Кутова²

¹доктор сільськогосподарських наук

²кандидат сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: ¹orgminlab@gmail.com, ²kutova.ang@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-8642-8547, ²0000-0003-2680-566X

Надійшла 2.02.2023

Мета. Проаналізувати наявні поняття у визначенні органічної речовини ґрунту і гумусу та відокремити сучасні уявлення, які склалися внаслідок тривалого вивчення природи цих речовин. **Метод.** Теоретико-аналітичний. **Результати.** Наведено визначення науковців ХХ ст. та сучасних дослідників щодо походження, складу та властивостей органічної речовини ґрунту і гумусу. За аналітичним оглядом наукових публікацій дано основну термінологію органічної речовини ґрунту, гумусу, гумусових речовин, гуміфікації, яка змінювалася з часом, та обговорено визначення уніфікованих формулювань. Розглянуто поняття втрат (дегуміфікація, дегумусування), збереження та накопичення (секвестрація, депонування) органічної речовини у ґрунтах та запропоновано формулювання окремих термінів. **Висновки.** На початку ХХІ ст. науковці під органічною речовиною ґрунту розуміють систему органічних частинок різного розміру та біомолекул рослинного, тваринного та мікробіологічного походження, яка складається із залишків рослин (2 – 10 мм), твердих частинок напіврозкладеного органічного матеріалу (0,053 – 2 мм), гумусу ($\leq 0,053$ мм) у вигляді хімічно зв'язаних з мінеральними частинками біомолекул, гумінових і розчинених речовин ($\leq 0,45$ мкм). Гумус є частиною органічної речовини ґрунту, яку в сучасній літературі називають «мінерально-асоційованою органічною речовиною», що міститься у фракціях пилу та глини розміром $\leq 0,053$ мм.

Ключові слова: гумус, гумусові речовини, органічні частинки ґрунту, розкладання, терміни.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-02>

У науковій літературі простежується складність досліджень органічної речовини ґрунту (ОРґ) і гумусу, наявність численних протиріч у поглядах, що спонукає неодноразово повертатися до перегляду основних положень, які стосуються самого факту існування гумусових речовин та їх природи. З розвитком

мікробіології та біохімії було встановлено, що утворення гумусу є біологічним процесом, який пов'язаний не лише з життєздатністю мікроорганізмів, а й з мезофауною ґрунту. У світлі цих відкриттів явища, пов'язані з гуміфікацією органічних залишків, починають розглядати як біохімічні, з'ясовують вплив

*Стаття друкується в порядку обговорення.

на них інтенсивності температури, вологості, аерації, фізичних властивостей ґрунту [1–3].

У ХХ ст. найбільше проявилися принципові розбіжності в поглядах на природу гумусу. Одні дослідники розглядали гумусові речовини як групу природних сполук, утворення яких є результатом складних процесів перетворення органічних решток [1, 4], інші вважали, що гумусові речовини є штучними продуктами, які виділяються лужними розчинами з ґрунту [5]. Гумус розглядали лише як суміш органічних сполук індивідуальної природи, які є продуктами розкладання залишків рослинного та тваринного походження. Представником останньої теорії був визначний учений З.А. Ваксман, який стверджував, що гумус є складним агрегатом аморфних речовин, пофарбованих у коричневий або темний колір, наслідком розкладання мікроорганізмами рослинних і тваринних залишків за аеробних або анаеробних умов у ґрунті, компостах, торф'яних болотах і водних басейнах [6]. У концепції З.А. Ваксмана щодо складу гумусу, походження гумусових речовин та механізму їх утворення знайшли відображення погляди німецьких дослідників у галузі хімії, які вважали, що головним джерелом гумінових кислот є лігнін.

І.В. Тюрін вважав, що органічна частина ґрунту представлена різними формами органічної речовини: частково жива речовина у вигляді коренів рослин і тіл живих мікроорганізмів та ґрунтових тварин і частково нежива матерія у вигляді залишків організмів. Гумус за І.В. Тюріном — це складний і динамічний набір численних і різноманітних за своєю хімічною природою сполук, що не розклалися, залишки рослин, тварин, жива і мертва мікробна біомаса, перехідні продукти розкладання складних органічних речовин і гумінові речовини. На думку сучасних учених, твердження І.В. Тюріна про належність до гумусу біомаси живих організмів у вигляді коренів рослин, тіл мікроорганізмів та ґрунтових тварин слід визнати помилковим, оскільки набір численних і різноманітних за своєю хімічною природою нерозкладених сполук ще не є гумусовими речовинами; лише 10% вуглецю, що входить до їхнього складу, гуміфікується [7]. Мікробна біомаса — значне джерело утворення гумусу в ґрунті лише після відмирання та стабілізації продуктів розкладання.

Українські вчені агроґрунтознавці на чолі з О.Н. Соколовським розглядали ґрунтовий гумус як колоїд і виділяли в його складі 2 форми: активну та пасивну [8]. Активний гумус розглядали як головний чинник структуроутворення ґрунту, пасивний — речовиною, пов'язаною з ґрунтовою породою. Професор М.І. Лактіонов створив власну наукову школу дослідників органічної частини ґрунту, розглядаючи її як складний і динамічний за хімічним складом комплекс органічних і орґано-мінеральних сполук зі стійкими властивостями [9].

Учені [9, 10] ототожнювали зниження вмісту гумусу в процесі сільськогосподарського використання ґрунту з мінералізацією найменш стійкого компонента органічної частини — детриту, пропонували більше уваги звертати на співвідношення стабільних і лабільних сполук у складі ОРґ.

На початку ХХІ ст. відбувається швидка еволюція знань щодо складу та властивостей ОРґ і концепції «гуміфікації» як механізму утворення органічних речовин, що дедалі більше піддається критиці, а ОРґ розглядається як континуум органічних сполук, які поступово розкладаються [11]. Автор [12] зазначав, що ОРґ є континуумом різної хімічної природи, генези та екологічної якості органічних сполук від «свіжої» негуміфікованої органічної речовини з високим потенціалом поживних речовин до специфічних органічних сполук, які в процесі гуміфікації та гумусоутворення втратили поживну цінність, проте виконують роль «орґанічного скелета» ґрунту формуванням мікроагрегатів та орґано-мінеральних дисперсних фаз.

Актуальними стали питання, пов'язані з глобальними змінами клімату, навколишнім середовищем, дефіцитом енергії, збереженням біорізноманіття та стійкості екосистеми. Динаміка запасів ґрунтового вуглецю, швидкості розкладання органічної речовини та час оборотності різних пулів ОРґ за різних умов навколишнього середовища є кількісними предикторами глобальних змін клімату. Визначено, що ОРґ, основним компонентом якої є вуглець, являє собою динамічну, складну і неоднорідну систему [13, 14].

Через очевидність зміни газового складу атмосфери Землі та порушень у функціонуванні біосфери ОРґ та ґрунтовий вуглець

1. Наукові визначення термінів ОРГ і гумусу [6, 8, 9, 14 – 17]

Термін «органічна речовина ґрунту»	
Різні форми органічної речовини, частково живі — у вигляді коренів рослин, тіл мікроорганізмів і ґрунтових тварин, а здебільшого мертві — у вигляді залишків організмів, і головним чином, у вигляді специфічних біокосних гумусових речовин	Тюрін І.В., 1937
Складна система різноманітних речовин, динамічність якої пов'язана з надходженням у ґрунт та зміною залишків і компонентів рослинного та тваринного походження під впливом мікроорганізмів та абіотичних факторів, представлена відомими в органічній хімії сполуками індивідуальної природи та власне гумусовими речовинами	Кононова М.М., 1963
Гетерогенна речовина, яка складається з 2-х фракцій: фракції органічних речовин, що легко розкладаються; більш стійкої фракції до «біодеградації»	Тейт Р., 1991
Увесь органічний матеріал у ґрунтах разом із залишками, легкою фракцією, мікробною біомасою, водорозчинними сполуками та стабілізованою органічною речовиною (гумусом)	Stevenson F.J., 1994
Сукупність органічних сполук і матеріалів рослинного, тваринного та бактеріального походження незалежно від того, чи є ці сполуки природними, чи синтетичними	Орлов Д.С., 1996
Не є хімічно індивідуальною речовиною. Вона поєднує 4 складних за хімічним складом компоненти: нерозкладені (свіжі) органічні рештки; низькомолекулярні та високомолекулярні органічні речовини — продукти розкладання органічних решток; напіврозкладені, без форми й аналітичної будови органічні рештки — детрит; специфічно ґрунтові продукти синтезу нових органічних сполук — гумусові речовини (гумус)	Лактіонов М.І., 1998
Усі органічні матеріали, що містяться в ґрунтах, незалежно від походження або стану розкладання	Baldock J.A., Skjemstad J.O., 1999
Багатоконпонентний, гетерогенний і поліфункціональний континуум окремих частинок і ансамблів біомолекул, частково й повністю трансформованих залишків біоти, які різняться за розміром, масою, хімічною структурою, віком і захищеністю, мають різну природу і міцність внутрішніх і зовнішніх хімічних зв'язків, характеризуються об'ємною конфігурацією та просторовою нерівномірністю розташування в конгломераті мінеральних частинок	Семенов В.М., Туліна А.С., 2011
Загальна кількість органічних вуглецевих (С) речовин у ґрунті	Senesi N., Loffredo E., 2018
Термін «гумус»	
Стійкий гумус — тип гумусу, який зазнав загального розкладання. Нестійкий гумус — форми гумусу, які ще піддаються швидкому розкладанню	Ваксман З.А., 1937
Складний і динамічний комплекс, що містить численні та різноманітні за хімічною природою сполуки нерозкладених залишків рослин, тварин, живої та мертвої мікробної біомаси, проміжні продукти розкладання складних органічних груп і гумінові речовини	Тюрін І.В., 1937
Комплекс складних за хімічним складом специфічних органічних сполук ґрунту, що утворюються з продуктів життєздатності мікрорганізмів, рослинних решток, мертвих залишків мезофауни. Природна колоїдна система	Соколовський О.Н., 1971
Гумус містить лише ту частину органічних речовин ґрунту, яка втратила анатомічну будову вихідних рослинних решток, підлягає в ґрунті процесам гуміфікації і формує гумусові горизонти	Александрова Л.Н., 1980
Усі органічні сполуки в ґрунті, за винятком рослинних і тваринних тканин, що не розклалися, продуктів їх неповного розкладання і біомаси ґрунту	Stevenson F.J., 1994
Сукупність усіх органічних сполук у ґрунтового профілі, що втратили зв'язок з елементами структурної організації клітин і тканин	Орлов Д.С., 1996

стали об'єктами досліджень не лише ґрунтознавства, а й суміжних наук — геохімії, кліматології, фізики атмосфери. За останні 20 років спостерігається збільшення наукових публікацій із проблематики ґрунтового вуглецю, що індексуються інформаційними базами Scopus і Web of Science.

Мета досліджень — проаналізувати наявні поняття у визначенні ОРГ і гумусу та відокремити сучасні уявлення, які склалися внаслідок тривалого вивчення природи цих речовин.

Метод досліджень — теоретико-аналітичний.

Результати досліджень. За термінологією вчених ХХ ст., ОРГ — це сукупність органічних сполук та органічних матеріалів рослинного, тваринного та бактеріального походження незалежно від того, чи є ці сполуки природними, чи синтетичними (табл. 1). У визначеннях ОРГ акцент зроблено на компонентах, що його формують, взаємодії органічної частини ґрунту з мінеральною матрицею, схильності органічних сполук до стабілізації.

Гумус являє собою всі органічні сполуки ґрунту, за винятком частинок рослинного та тваринного походження, що не розклалися, продуктів їх неповного розкладання і біомаси ґрунту. Стабілізована частина ОРГ або стабілізований гумус — це органічна речовина, що втратила не лише первісну волокнисту і тканинну структуру, а й має змінену хімічну структуру, відносно стійку до розкладання.

На початку ХХІ ст. серед науковців було поширене визначення терміна ОРГ як системи органічних частинок різного розміру та біомолекул рослинного, тваринного і мікробіологічного походження, що перебувають у вільному, агрегованому та зв'язаному ґрунтовими мінералами стані [15]. У рамках цього визначення ОРГ складається із залишків рослин (2–10 мм), твердих частинок напіврозкладеного органічного матеріалу (0,053–2 мм), гумусу ($\leq 0,053$ мм) у вигляді хімічно зв'язаних із мінеральними частинками біомолекул, гумінових і розчинених речовин ($\leq 0,45$ мкм).

Зазначені розміри частинок є стандартними для основних компонентів ОРГ і використовуються як основна ознака при

фракціонуванні [18]. Рослинні залишки локалізовані в мегаагрегатах, напіврозкладені залишки у вигляді твердих дискретних частинок (Particulate Organic Matter (POM) — у макро- та мікроагрегатах, розчинена органічна речовина формує ОРГ. Гумус є частиною ОРГ, яку в сучасній літературі називають «мінерально-асоційованою органічною речовиною» (MAOP) (Mineral Associated Organic Matter (MAOM), що міститься у фракціях пилу та глини. Наявність рослинних залишків, твердих дискретних частинок і розчиненої органічної речовини відрізняє ОРГ від гумусу.

Гумус — це підсистема ОРГ, сформована з органічних матеріалів і сполук рослинного, тваринного та мікробіологічного походження, що пройшли гуміфікаційні та негуміфікаційні стадії стабілізації з повним розкладанням складових компонентів у термін >10 років. Гумусом слід вважати лише ту частину ОРГ, яка належить до повільного і пасивного пулів із кругообігом вуглецю 10–100 та >100 років, на відміну від активного пулу, що швидко обертається — від кількох діб і місяців до 10 років [19]. Гумус — органічний, повністю розкладений матеріал переважно мікробіологічного походження розміром $\leq 0,053$ мм, зв'язаний, як правило, ґрунтовими мінералами. Якщо в ОРГ біомаса рослин може перебувати у вихідному або напіврозкладеному стані, то в складі гумусу вона міститься лише після переробки мікроорганізмами і перетворення в мікробну біомасу. Отже, гумус відповідає за консервативні властивості ОРГ, тобто надає їй стабільності й забезпечує збереження в ґрунті.

З розвитком методів дослідження змінюється й уявлення про гумусові речовини (табл. 2). Загалом більшість дослідників стверджують, що гумусові речовини ґрунту — це високомолекулярні компоненти гумусу коричневого та чорного кольору, які утворюються в результаті біохімічних реакцій під час розкладання та перетворення органічних решток. Автор [20] акцентував на тому, що гумусові речовини мають гідрофільні властивості. У науковій праці [21] зазначено, що гумусові речовини складаються з азотовмісних органічних сполук циклічної будови, колоїдної природи,

2. Наукові визначення гумусових речовин ґрунту та гуміфікації [4–6, 22–26]

Термін «гумусові речовини ґрунту»	
Клас природних, біогенних, гетерогенних органічних речовин, які загалом можна охарактеризувати як речовини жовтого і чорного кольору з високою молекулярною масою та стійкістю до розкладання	Aiken G.R. et al., 1985
Складні і гетерогенні суміші полідисперсних матеріалів, що утворюються в результаті біохімічних і хімічних реакцій розкладання рослинних і мікробних решток	Спілка International Humic Substances Society (IHSS)
Сукупність різноманітних компонентів з відносно низькою молекулярною масою, що утворюють динамічні асоціації, стабілізовані гідрофобною взаємодією та водневими зв'язками	Sutton R., Sposito G., 2005
Гетерологічні, полідисперсні та багатофункціональні металоорганічні макромолекули, які скрізь поширені в ґрунтах і відкладеннях	Fan T. W.-M. et al., 2005
Природні органічні матеріали, які являють собою суміш невеликих органічних компонентів, що утворюють надмолекулярні структури, скріплені між собою дисперсійними силами, такими, як π - π зв'язки і сили Ван-Дер-Ваальса	De Pasquale C. et al., 2008
Аморфні, полімерні речовини коричневого кольору, які диференціюються на основі властивостей розчинності на гумінові кислоти, фульвокислоти та гумін	Michael H.B. et al., 2010
Високомолекулярні темнозбарвлені органічні сполуки, що утворюються в результаті часткового розкладання рослинних решток і мікробних залишків	Beido Xi et al., 2018
Термін «гуміфікація»	
Складний біофізико-хімічний процес трансформації проміжних високомолекулярних продуктів розкладання органічних залишків у природних органічних тілах на особливий клас органічних сполук — гумусові кислоти	Александрова Л.Н., 1980
Біологічне (ферментативне), мікробне або хімічне перетворення органічних залишків на гумус, що є найбільш стійкою до біодеградації фракцією	Tate R.L., 1987
Процес перетворення органічних матеріалів різного походження на гумінові речовини	Орлов Д.С., 1996
Біо-абіотична альтерація органічних залишків з утворенням полімерно-супрамолекулярних об'єднань гумінових речовин	Семенов В.М., Туліна А.С., 2011

яка зумовлює їх взаємодію з мінеральною частиною ґрунту.

Гумусові речовини належать до групи гетерогенних, темних полідисперсних речовин, що містяться в ґрунтах, торфї, природних водоймищах і відкладеннях. Є гіпотеза, що гумусові речовини утворюються в результаті деградації та трансформації біомолекул органічних залишків і реакцій вільнорадикальної конденсації (процес, який називається гуміфікацією) [16]. Гумінові речовини належать до особливої категорії природних сполук, несхожих на біомолекули

рослинних та мікробних тканин і стійких до біодеградації.

За розчинністю в лугах гумінові речовини поділяють на гумінові кислоти (розчинні, осаджені за $\text{pH} < 2$), фульвокислоти (розчинні за всіх значень pH) і гумін (нерозчинний залишок). Нині гумінова термінологія є суперечливою, і деякі вчені повністю заперечують концепцію гумінових речовин [27], інші стверджують, що вона є корисною [28, 29]. Гуміфікація належить до серії абіотичних реакцій конденсації, які перетворюють рослинні та мікробні мономери в гумінові речовини.

Слід розрізняти поняття «гуміфікація» та «гумусоутворення». Гуміфікація — це біохімічні перетворення органічних залишків у природних органогенних субстанціях, гумусоутворення — суто ґрунтовий процес перетворення органічних матеріалів у ОРГ зі стабілізацією у формі гумусу.

Під терміном «дегуміфікація» слід розуміти деградацію, розкладання гумусових речовин, тоді як зменшення вмісту в ґрунті органічного вуглецю та потужності гумусового профілю з погіршенням якісного складу ОРГ точніше описується терміном «дегумусування». Дегумусування — одна з головних проблем XXI ст., пов'язана з порушенням біогеохімічного циклу вуглецю та зростанням емісії CO₂ в атмосферу [30, 31]. Під час дегумусування, на відміну від сезонної або короткострокової динаміки, зменшення вмісту органічного вуглецю в ґрунті відбувається не лише за рахунок активної (лабільної) частини ОРГ, а й стабільної частини у вигляді гумусу, яку неможливо відразу відновити. Порівняно з дегуміфікацією дегумусування характеризує тотальні втрати ОРГ та гумусу через біохімічні та фізичні зміни. Запропоновано оцінювати процес дегуміфікації за зменшенням умісту C_{орг1} за мінералізацією «свіжих» органічних речовин, які не стосуються стабільної частини ОРГ — гумусу [12].

Зміни наукових поглядів щодо різних аспектів зв'язування вуглецю в ґрунтах призвели до введення додаткових термінів (секвестрації, депонування). Збереження гумусу, секвестрація та депонування органічного вуглецю ґрунтом мають подібні процеси та ефекти, але різняться за смисловим значенням термінів. Так, гумусо-накопичення — це збільшення вмісту та/або запасів ОРГ і гумусу в ґрунті внаслідок переважання гумусоутворення над дегумусуванням. Збереження гумусу — тривала підтримка вмісту та/або запасів ОРГ і гумусу в ґрунті на стаціонарному рівні за умов урівноваженості гумусоутворення та дегумусування. Секвестрація вуглецю в ґрунті — перенесення, зв'язування та зберігання атмосферного вуглецю в ґрунті, депонування — зберігання вуглецю в ґрунті з інших джерел, крім атмосфери (добри-ва, сидерати тощо) [32].

Ґрунтова секвестрація вуглецю — це надходження атмосферного вуглекислого газу в живу органічну речовину рослин (фотосинтез) із подальшою трансформацією мортмаси, що формується, в гумус із періодом повного розкладання (мінералізації) складових його новоутворених компонентів від 10 до 100 років. Щоб бути секвестрованою, органічна речовина має не просто надійти до ґрунту, а й стабілізуватися, бути захищеною від швидкого розкладання і водночас здатною до повільної мінералізації. Оцінюють ґрунтову секвестрацію вуглецю за змінами валового вмісту органічного вуглецю (C_{орг}) в ґрунті або його запасів у шарах 0–20; 0–50; 0–100 см за будь-який період, або за вмістом C_{орг} у гранулометричних фракціях пилу та глини розміром ≤0,05 (0,02 мм).

Депонування органічного вуглецю в ґрунті — довготривале накопичення C_{орг} переважно у вигляді гумусу з періодом повного розкладання (мінералізації) складових його компонентів >100 років у шарах ґрунту 0–30; 0–50 см. Якщо ґрунтова секвестрація вуглецю обов'язково передбачає поглинання CO₂ з атмосфери за рахунок отримання нової біомаси, то депонування спрямоване на збереження C_{орг} в ґрунті та запобігання швидкому його поверненню з ґрунту в атмосферу під час мінералізації. Здатність ґрунту до насичення органічним вуглецем має межу, вище якої накопичення неможливе [33]. Наразі склалося розуміння того, що збереження ОРГ зумовлене не особливими його внутрішніми властивостями, а тим, що зовнішні фізико-хімічні, біологічні та екологічні умови частково чи повністю обмежують швидкість розкладання органічної речовини, забезпечуючи його стабільність. Рівень умісту органічної речовини в конкретному ґрунті залежить від комбінацій таких факторів, як розміри чистої продукції екосистеми, якість рослинних решток, гідротермічні умови, рельєф місцевості, мінералогічний і гранулометричний склад, хімічні та біологічні властивості ґрунту, господарська діяльність і наявність руйнівних впливів, що ініціюють втрати вуглецю. Тому в орних і цілинних ґрунтах проявляється просторова, сезонна та багаторічна мінливість умісту органічної речовини.

Висновки

За визначенням учених ХХ ст., ОРГ являє собою всі органічні сполуки ґрунту та гумусових речовин. Гумус — складний за хімічним складом комплекс органічних сполук ґрунту та гумусових речовин, стійких до розкладання мікроорганізмами. На той період не зазначали розмірів частинок і час утворення гумусових речовин.

На початку ХХІ ст. науковці під терміном органічна речовина ґрунту розуміють систему органічних частинок різного розміру та біомолекул рослинного, тваринного та мікробіологічного походження, що перебувають у вільному, агрегованому та зв'язаному ґрунтовими мінералами стані. Органічна речовина ґрунту складається із залишків рослин (2–10 мм), твердих частинок напіврозкладеного органічного матеріалу (0,053–2 мм), гумусу ($\leq 0,053$ мм) у вигляді хімічно зв'язаних з мінеральними частинками біомолекул, гумінових і розчинених речовин ($\leq 0,45$ мкм). Гумус є частиною ОРГ, яку в сучасній літературі називають «мінерально-асоційованою органічною

речовиною», яка міститься у фракціях пилю та глини розміром $\leq 0,053$ мм. Мінерально-асоційована органічна речовина є підсистемою ОРГ, яка сформувалася з органічних матеріалів і сполук рослинного, тваринного та мікробіологічного походження, що пройшли гуміфікаційні та негуміфікаційні стадії стабілізації з повним розкладанням складових компонентів у термін >10 років.

Аналізуючи визначення ОРГ та гумусу, слід відзначити, що ці 2 складові не ідентичні одна одній, але їй не можуть існувати окремо. До ОРГ належить сукупність усіх органічних сполук і матеріалів рослинного, тваринного і мікробіологічного походження незалежно від їх органічної чи синтетичної природи. Включення синтетичних органічних сполук та органічних політантів природного походження (нафтопродуктів, вугілля тощо) до ОРГ питання суперечливе, проте в сучасних умовах воєнних дій і техногенного навантаження на навколишнє середовище це рішення може виявитися правильним.

Skrzynyk Ye.¹, Kutova A.²

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovskiy», 4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; email: ¹orgminlab@gmail.com, ²kutova.ang@gmail.com; ORCID: ¹0000000286428547, ²000000032680566X

Evolution of terminology in the sphere of organic matter of soil and humus

Goal. To analyze the existing concepts in determining the organic matter of the soil and humus and to separate the modern ideas that have developed as a result of a long study of the nature of these substances. **Method.** Theoretical and analytical. **Results.** The reasoning of prominent scientists of the 20th century is given, as well as modern researchers regarding the origin, composition, and properties of soil and humus organic matter. Based on an analytical review of scientific publications, the basic terminology of soil organic matter, humus, humus substances, and humification, which has changed over time,

is given, and the definition of unified formulations is discussed. The concept of loss (dehumification, dehumus), preservation, and accumulation (sequestration, deposition) of organic matter in soils are considered, and the formulation of separate terms is proposed. **Conclusions.** At the beginning of the XXI century scientists understand soil organic matter as a system of organic particles of various sizes and biomolecules of plant, animal, and microbiological origin, which consists of plant residues (2–10 mm), solid particles of semi-decomposed organic material (0.053–2 mm), humus (≤ 0.053 mm) in the form of biomolecules chemically bound to mineral particles, humic and dissolved substances (≤ 0.45 μm). Humus is a part of the soil organic matter, which in modern literature is called “mineral-associated organic matter”, contained in fractions of dust and clay with a size of ≤ 0.053 mm.

Key words: humus, humus substances, organic soil particles, decomposition, terms.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202304-02>

Бібліографія

1. Бацула О.О., Скрильчик Є.В. Концептуальна модель механізму гумусоутворення. *Вісник ХДАУ.*

Серія Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. 2001. № 3. С. 45–52.

2. Бацула О.О., Скрильник Є.В., Дорощенко Ю.Л. До питання про регулювання інтенсивності процесів гуміфікації органічних добрив. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2004. Вип. 65. С. 33–38.
3. Dixon J.C. Soil morphology in the critical zone: The role of climate, geology, and vegetation in soil formation in the critical zone. *Dev. Earth Surface Processes*. 2015. № 19. P. 147–152. doi: 10.1016/B978-0-444-63369-9.00005-7
4. Xi B., Tang Z., Jiang J. et al. Responses of the electron transfer capacity of soil humic substances to agricultural land-use types. *RSC Advances*. 2018. V. 8. P. 588–596. doi: 10.1039/C8RA04278K
5. Hayes M.H., Swift R.S., Byrne C.M., Simpson A.J. The isolation and characterization of humic substances and humin from grey brown podzolic and gley grassland soils. *Soil solutions for a changing world: world congress of soil science*, 1–6 August 2010. Brisbane, Australia, 2010. P. 198–201.
6. Ivanov A.L., Kogut B.M., Semenov V.M. The Development of Theory on Humus and Soil Organic Matter: from Turin and Waksman to Present Days. *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*. 2017. V. 90. P. 3–38. doi: 10.19047/0136-1694-2017-3-38
7. Скрильник Є.В., Кутова А.М. Вплив соломи на процес відтворення органічної речовини в ґрунті: рекомендації. *Застосування соломи і поживних решток як органічних добрив для поліпшення гумусового стану ґрунтів*; за ред. С.А. Балюка, Є.В. Скрильника. Харків, 2012. С. 11.
8. Соколовский А.Н. Избранные труды. Киев: Урожай, 1971. 368 с.
9. Дегтярьов В.В., Яцук І.П., Усама Р.Ю. Вплив систем удобрення на вміст власне гумусових речовин і детриту в лучно-чорноземних ґрунтах Правобережного Лісостепу України. *Вісник ХНАУ*. 2017. № 2. С. 66–77.
10. Необаєв В.Н., Дегтярьов В.В., Жернова О.С., Трутаєва Н.М. Органічна речовина як показник еволюції темно-сірого опідзоленого ґрунту центральної чорноземної зони Росії. *Вісник ХНАУ*. 2017. № 2. С. 41–53.
11. Manlay R.J., Feller C., Swift M.J. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Agriculture, Ecosystems, Environment*. 2007. № 119. P. 217–233. doi: 10.1016/j.agee.2006.07.011
12. Гамкало З. Сучасна парадигма органічної речовини ґрунту і обмеження використання терміну «гумус». *Агрохімія і ґрунтознавство: ґрунтові ресурси: вчора, сьогодні, завтра*. Спецвипуск до XI з'їзду ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Харків, 17–21 вересня 2018 р.). Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2018. С. 251–253.
13. McBratney A.B., Stockmann U., Angers D.A. et al. Challenges for soil organic carbon research. *Soil carbon. Progress in soil science*. Switzerland: Springer International Publishing, Part I. 2014. P. 3–16. doi: 10.1007/978-3-319-04084-4_1
14. Stevenson F.J. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. New York: John Wiley and Sons, 1994. 496 p.
15. Lavallee J.M., Soong J.L., Cotrufo M.F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology*. 2020. № 26. P. 261–273. doi: 10.1111/gcb.14859
16. Zavarzina A.G., Danchenko N.N., Demin V.V. et al. Humic Substances: Hypotheses and Reality (a Review). *Eurasian Soil Science*. 2021. V. 54. P. 1826–1854. doi: 10.1134/S1064229321120164
17. Полянський С.В. Ґрунтознавство з основами географії ґрунтів: понятійнотермінологічний словник; уклад. С.В. Полянський. Луцьк: Вежа-Друк. 2015. 156 с.
18. Baldock J.A., Broos K. Soil Organic Matter. Handbook of soil sciences. Properties and processes, 2nd edit.; edit. P.M. Huang, Y. Li, M.E. Sumner. CRC Press: Taylor & Francis Group, 2011. P. 11–19.
19. Stockmann U., Adams M.A., Crawford J.W. et al. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2013. V. 164. P. 80–99. doi: 10.1016/j.agee.2012.10.001
20. Pettit Robert E. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin. *The wonderful world of humus and carbon*, 2006. P. 1–17.
21. Походження, склад і властивості органічної частини ґрунту. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u162/vitvickiy_s.v._organichna_chastina.pdf
22. Aiken G.R., McKnight D.M., Wershaw R.L., MacCarthy P. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water : Geochemistry, isolation and characterization. New York: WileyInterscience, 1985. 91 p.
23. What are humic substances. URL: <https://humic-substances.org/what-are-humic-substances-2>.
24. Sutton R., Sposito G. Molecular structure in soil humic substances: the new view. *Environmental science & technology*. 2005. V. 39. № 23. P. 9009–9015.
25. De Pasquale C., Fodale R., Giulivi M. et al. HS–SPME and GC/MS as valid tools to assess volatile organic compounds from soil natural organic system. *Chemické listy*. 2008. V. 102. P. 1284–1285.
26. Fan T. W.-M., Lane A. N., Chekmenev E. et al. Synthesis and physico-chemical properties of peptides in soil humic substances. *J. Peptide Res*. 2004. V. 63. P. 253–264.
27. Kleber M., Lehmann J. Humic substances extracted by alkali are invalid proxies for the

dynamics and functions of organic matter in terrestrial and aquatic ecosystems. *J. of Environmental Quality*. 2019. № 48. P. 207–216. doi: 10.2134/jeq2019.01.0036

28. *Olk D.C., Bloom P.R., Perdue E.M.* et al. Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters. *J. of Environmental Quality*. 2019. № 48. P. 217–232. doi: 10.2134/jeq2019.02.0041

29. *Kirkby C.A., Richardson A.E., Wade L.J.* et al. Carbon-nutrient stoichiometry to increase soil carbon sequestration *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. № 60. P. 77–86. doi: 10.1016/j.soilbio.2013.01.011

30. *Lal R.* Soil carbon sequestration impacts on

global climate change and food security. *Science*. 2004. V. 304. P. 1623–1627.

31. *Janzen H.H.* Carbon cycling in earth systems — a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2004. V. 104. P. 399–417.

32. *Lal R.* Carbon sequestration in soil. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 2008. № 3. P. 405–502. doi: 10.1079/PAVSNNR20083030

33. *Dynarski K.A., Bossio D.A., Scow K.M.* Dynamic Stability of Soil Carbon: Reassessing the «Permanence» of Soil Carbon Sequestration. *Frontiers in Environmental Science*. 2020. № 13. P. 13–25. doi: 10.3389/fenvs.2020.514701