
МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.417.2

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.35>

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ЧОРНОЗЕМІВ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Ожован О.О. – к.б.н., доцент кафедри польових і овочевих культур,
Одеський державний аграрний університет

В умовах інтенсивної дегуміфікації питання біоенергетики та енергетики ґрунтоутворення набувають усе більшої актуальності, що пов'язано як із загальними екологічними проблемами, так і з конкретними завданнями збереження та відновлення родючості ґрунтів. Енергетичний потенціал органічної речовини визначався в межах 5 ключових ділянок, досліджувалися чорноземи звичайні, чорноземи південні, чорноземи звичайні міцелярно-карбонатні, чорноземи південні постзрошувані, чорноземи південні карбонатні. Виявлено особливості гумусового стану чорноземів Південного Степу України.

Установлено, що досліджені чорноземи південні є слабогумусними (вміст гумусу близько 3%), а чорноземи звичайні – малогумусними (вміст гумусу близько 3,6–3,8%). Вони мають низькі запаси гумусу та зазнають інтенсивної дегуміфікації в результаті антропогенного навантаження. Якісний склад гумусу характеризується переважанням гумінових кислот над фульвокислотами, загальний вміст гумінових кислот становить 26–40% від загального карбону. Визначено енергетичні показники різних груп гумусових речовин чорноземів та енергетичний потенціал органічної речовини загалом. Установлено вплив антропогенного фактора на показники теплотворної здатності органічної речовини. За даними складу гумусу вперше для цих ґрунтів розраховано теплотворну здатність гумусу та запаси енергії, акумульованої гумусом як відображення його еколого-енергетичного стану.

Уміст енергії в гумусі чорноземів південних досліджуваної території коливається від 430–500 Дж/г, а для чорноземів звичайних із більшим вмістом високотепломістких гумінових кислот зумовлює значно вищі показники вмісту енергії (625–656 Дж/г). Теплотворна здатність гумусу досліджуваних ґрунтів має високі значення (близько 17,0–17,2 кДж/г). За запасами енергії спостерігається тренд зростання: чорноземи південні карбонатні, рілля → чорноземи південні, постзрошувані → чорноземи південні, рілля → чорноземи південні міцелярно-карбонатні, рілля → чорноземи звичайні, рілля → чорноземи південні, переліг.

Ключові слова: енергетичний потенціал, теплотворна здатність, запас енергії, органічна речовина.

Ozhovan O.O. Energy potential of organic matter of chernozems of the Southern Steppe of Ukraine

Under the conditions of intensive dehumidification, the issues of bioenergy and energy of soil formation are becoming more and more relevant, which is connected both with general ecological problems and with specific tasks of preservation and restoration of soil fertility. The energy potential of organic matter was determined within 5 key areas; common chernozems and southern chernozems, common micellar-carbonate chernozems, southern post-irrigated chernozems, and southern carbonate chernozems were studied. Peculiarities of humus condition of chernozems of the Southern Steppe of Ukraine are revealed.

It was found that the studied southern chernozems are low-humus (humus content about 3%) and ordinary low-humus chernozems (humus content about 3.6–3.8%); they have low humus

reserves and undergo intensive dehumidification because of anthropogenic load. The qualitative composition of humus is characterized by the predominance of humic acids over fulvic acids, the total content of humic acids is 26–40% of the total carbon. The energy indicators of different groups of humus substances of chernozems and the energy potential of organic matter as a whole are determined. The influence of the anthropogenic factor on the calorific value of organic matter has been established. According to the humus composition, for the first time for these soils the calorific value of humus and energy reserves accumulated by humus were calculated as a reflection of its ecological and energy state.

The energy content in the humus of the chernozems of the southern study area ranges from 430–500 J/g, and for ordinary chernozems with a higher content of high-heat humic acids causes much higher energy content (625–656 J/g). The calorific value of humus of the studied soils is high (about 17.0–17.2 kJ/g). There is a growth trend as to energy reserves: southern carbonate chernozems, arable land → southern chernozems, post-irrigated → southern chernozem, arable land → southern micellar-carbonate chernozems, arable land → ordinary chernozems, arable land → southern chernozems, fallow land.

Key words: *energy potential, calorific value, energy reserve, organic matter.*

Постановка проблеми. Ґрунт (як важлива частина екосистеми) бере участь у біологічному колообігу речовин та енергії, де саме гумус є потужним геохімічним акумулятором перетвореної сонячної енергії. Гумусова оболонка Землі – гумосфера – містить $\sim 1,27 \cdot 10^{19}$ ккал енергії, що становить близько 50% запасів енергії суходолу [2]. Біологічно доступна енергія органічних речовин забезпечує функціонування та стійкість цієї системи, а також впливає на характер та інтенсивність процесів ґрунтоутворення та гумусонакопичення [3; 5; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальновідомо, що під час окультурення ґрунту вноситься додаткова енергія, а під час його деградації зменшуються запаси внутрішньої доступної енергії, акумуляованої в органічній речовині [7]. Зважаючи на незбалансоване вдобрення, ґрунти на території досліджень останніми десятиліттями мають дефіцитний баланс гумусу за його середніх втрат 0,5 т/га [1], або $2,75 \cdot 10^6$ ккал/га. В умовах інтенсивної дегуміфікації питання біоенергетики та енергетики ґрунтоутворення набувають усе більшої актуальності, що пов'язано як із загальними екологічними проблемами, так і з конкретними завданнями збереження та відновлення родючості ґрунтів [2; 9]. Деякі автори наголошують на можливості використання показників енергетичного потенціалу органічної речовини як критерію бонітування ґрунту [7; 9].

Постановка завдання. За фізико-географічним районуванням України територія досліджень перебуває в межах степової зони [10]. Клімат території помірно континентальний, із недостатньою зволоженістю, короткою та м'якою зимою, тривалим та спекотним літом. Річна сума активних температур становить 2 800–3 300°C, безморозний період триває 170–190 днів. Кількість опадів у зоні з півночі на південь зменшується від ~ 475 мм до ~ 350 мм, відповідно до чого зменшується глибина просочення ґрунту та потужність його профілю. Ґрунти зони (чорноземи звичайні та південні) сформувались на лесових породах під різнотравною типчакково-ковиловою рослинністю, яка з просуванням на південь (у зв'язку зі збільшенням посушливості клімату) зріджується і представляється типчакково-ковилевими асоціаціями. Сьогодні майже всі ґрунти розорано, на них вирощують зернові та кормові культури. Для збільшення родючості чорноземів посушливих територій (поряд з іншими агротехнічними засобами) застосовують зрошення.

Для дослідження заклали 5 ключових ділянок (далі – к.д.), розташування яких дозволяє встановити особливості гумусного стану чорноземів. Особливості ґрунтоутворення досліджували на ключ-ділянках у північній (чорноземи звичайні, к.д. «Роздільна») та південній (чорноземи південні, к.д. «Молодіжне») частинах зони. Ключ-ділянки, розташовані в Задністров'ї, відображають фаціальні особливості

ґрунтоутворних процесів (чорноземи звичайні міцелярно-карбонатні, к.д. «Малоярославець»). Локальні особливості гумусного стану ґрунтів досліджували на території, яка виведена зі зрошення (чорноземи південні, к.д. «Глибоке») та в місцевості нижньодунайських надзаплавних терас (чорноземи південні карбонатні, к.д. «Ізмаїл»).

Предмет дослідження – енергомісткість органічної речовини чорноземів звичайних та південних. Уміст гумусу визначали методом І.В. Тюріна в модифікації Б.А. Нікітіна [4], а груповий склад гумусу – за М.М Кононовою і Н.П. Бельчиковою [6].

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальні уявлення про закономірності енергетики ґрунтоутворення розроблено С.А. Волобуєвим [5]. Однак можливість використання енергетичних критеріїв для характеристики гумусового стану ґрунтів запропонував І.В. Тюрін. Він установив числове значення виділеної енергії під час окиснення органічної речовини хромовою сумішшю, що дозволило розрахунковим методом визначати кількість акумульованої енергії в гумусі [2; 3; 8]. Запаси енергії в гумусі змінюються на певних територіях і залежать від його фракційно-групового складу [2; 3; 7; 9]. Відомо, що теплота згорання гумінових кислот становить 19,96 кДж/г, фульвокислот – 9,16 кДж/г, гуміну – 17,86 кДж/г [7; 9]. Ураховуючи ці дані, О.Л. Орловим модернізовано та вдосконалено формулу [8] для розрахунку запасів енергії гумусу, яка передбачає тепломісткість його головних складників і дає змогу точно визначити енергетичні параметри ґрунтового гумусу. Модернізована формула має такий вигляд [9]:

$$Q = (19,96 G_{гк} + 9,16 G_{фк} + 17,86 \cdot G_{гм}) \cdot H \cdot d \cdot 10,$$

де Q – запаси енергії, акумульованої гумусом ґрунту, 10^6 кДж/га; 19,96 – теплота згорання гумінових кислот, кДж/г; 9,16 – теплота згорання фульвокислот, кДж/г; 17,86 – теплота згорання гуміну, кДж/г; $G_{гк}$ – уміст гумінових кислот, г; $G_{фк}$ – уміст фульвокислот, г; $G_{гм}$ – уміст гуміну; H – шар ґрунту, м; d – щільність будови ґрунту, г/см³; 10 – коефіцієнт переведення в 10^6 кДж/га.

Гумусовий стан як передумова енергетичної характеристики ґрунтів. Досліджувані чорноземи південні містять в орному шарі менше 3% гумусу, що визначає їх як слабогумусовані. У північностеповій підзоні створюються більш сприятливі умови для накопичення органічних речовин, тому досліджувані чорноземи звичайні містять 3,6–3,8% гумусу і визначаються як малогумусні.

За показниками Д.С. Орлова і Л.А. Гришиної [8], досліджувані чорноземи характеризуються низькими запасами гумусу в шарі 0–20 см. Для чорноземів звичайних запаси коливаються в межах 85,6–89,4 т/га гумусу (рис. 1). Чорноземи південні модальні містять близько 68 т/га гумусу на ріллі та 95 т/га на 40-річному перелозі. Невеликими запасами органічних речовин в шарі 0–20 см характеризуються досліджувані чорноземи південні, виведені зі зрошення (60,0 т/га). Найменше значення цього показника спостерігається в чорноземах південних карбонатних надзапальної тераси р. Дунай (50,4 т/га), що зумовлено низьким умістом гумусу цих (порівняно «легших» за гранулометричним складом) ґрунтів.

Якісний склад гумусу, який оцінюється вмістом та співвідношенням різних за своїми властивостями груп гумусових речовин, характеризується високою кількістю гумінових кислот та невеликою кількістю фульвокислот, що є властивим для ґрунтів чорноземного типу ґрунтоутворення. Відносний уміст гумінових кислот в орному шарі чорноземів звичайних та південних досліджуваної території коливається в межах 26–40% від загального карбону. Найменший уміст гумінових кислот виявлено в чорноземах південних карбонатних, середньосуглинистий склад яких зумовлює низьку вбирну здатність та ефект коагуляції, що є необхідною умовою для закріплення новостворюваних гумусових речовин.

Відносний уміст нерозчинного залишку в досліджуваних чорноземах звичайних та південних середній і коливається в межах 42–59%. Слід указати на низький його вміст із глибини 70 см у чорноземах південних, виведених зі зрошення, та з 110 см у чорноземах звичайних.

Енергетична характеристика органічної речовини. Вміст енергії в гумусі чорноземів південних досліджуваної території коливається в межах 430–500 Дж/г. Винятки становлять чорноземи південні карбонатні, де вміст енергії в гумусі не перевищує 370 Дж/г внаслідок меншої кількості енергії складників гумусу цих ґрунтів. Фракційно-груповий склад чорноземів звичайних із більшим умістом високотепломістких гумінових кислот зумовлює значно вищі показники вмісту енергії (625–656 Дж/г). Для всіх досліджуваних ґрунтів характерним є зменшення вмісту енергії органічних речовин із глибиною, що зумовлено акумулятивним розподілом гумусу в ґрунтовому профілі.

Теплотворна здатність гумусу досліджуваних ґрунтів має високі значення (17,0–17,2 кДж/г) в орному горизонті чорноземів південних та в усій гумусованій частині профілю чорноземів звичайних. Деяко менше значення цього показника гумусу в орному шарі чорнозему південного виведеного зі зрошення (16,5–16,8 кДж/г), що пов'язано з порівняно невеликим умістом у складі його органічної речовини гуміну.

Таблиця 1

**Еколого-енергетична характеристика органічної речовини
чорноземів Південного Степу України**

Глибина, см	Теплотворна здатність гумусу, кДж/г	Вміст енергії в гумусі, Дж/г	Групи гумусових речовин, Дж/г		
			Σ гк	Σ фк	гумін
1	2	3	4	5	6
Чорнозем південний карбонатний середньопотужний слабогумусований середньосуглинистий, к. д. «Ізмаїл»					
0–11	17,2	370,9	116,0	28,5	226,5
11–24	16,9	342,4	115,5	34,0	192,9
24–37	15,6	331,2	82,5	58,6	190,1
37–45	16,0	319,3	49,5	45,4	224,3
45–56	16,6	334,7	58,1	34,2	242,4
56–72	16,8	315,0	40,2	26,0	248,8
72–90	15,7	138,3	30,0	23,2	85,0
90–112	15,4	146,2	18,6	26,5	101,1
112–130	15,3	109,8	21,7	22,0	66,1
Чорнозем південний середньопотужний слабкогумусований середньосуглинистий, рілля, к. д. «Молодіжне»					
0–4	17,2	449,8	209,2	42,2	198,4
4–34	17,1	497,1	214,7	45,7	236,7
34–47	16,4	461,5	143,6	58,4	259,5
47–64	16,5	448,4	137,4	54,6	256,5
64–74	15,0	275,5	57,7	62,4	155,4
74–91	14,3	147,0	29,4	42,2	75,4
91–130	14,6	121,1	8,0	29,7	83,5

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
Чорнозем південний малогумусний, переліг, к. д. «Молодіжне»					
0–10	17,4	723,2	285,8	50,6	386,9
10–20	17,1	638,1	247,9	57,1	333,1
20–30	17,0	617,9	179,0	52,5	386,4
Чорнозем південний середньопотужний слабогумусований важкосуглинистий, пост зрошуваний, к. д. «Глибоке»					
0–10	16,8	408,5	175,6	46,3	186,6
10–20	16,8	432,2	179,0	48,0	205,2
20–30	16,5	396,0	176,3	53,9	165,9
30–40	17,1	403,9	123,9	32,2	247,8
40–50	16,8	266,9	77,1	26,2	163,6
50–60	16,8	249,2	72,1	23,6	153,6
60–70	16,7	202,4	53,1	20,3	129,0
70–100	15,2	104,8	35,8	23,4	45,6
100–130	14,6	85,9	26,6	23,3	35,9
Чорнозем звичайний міцелярно-карбонатний середньопотужний малогумусний важкосуглинистий, к. д. «Малоярославець»					
0–15	17,2	624,8	192,5	48,0	384,2
15–25	17,2	574,6	211,3	46,5	316,8
25–35	17,2	565,4	208,2	46,4	310,8
35–45	17,2	565,0	217,4	47,9	299,7
45–55	17,1	529,1	225,2	50,8	253,0
55–65	17,1	465,9	196,0	42,6	227,4
65–90	17,0	343,9	141,9	33,5	168,5
90–110	16,0	242,5	93,1	40,8	108,6
110–130	14,3	132,9	34,7	39,0	59,1
Чорнозем звичайний середньопотужний малогумусний важкосуглинистий, к. д. «Роздільна»					
0–10	17,0	655,9	239,6	62,6	353,7
10–20	17,1	615,2	275,9	57,2	282,1
20–30	17,1	623,7	265,9	59,8	297,9
30–40	17,2	612,4	233,0	52,3	327,1
40–56	17,1	444,3	183,7	41,9	218,7
56–64	16,9	386,4	168,2	42,4	175,9
64–74	15,5	269,4	63,2	50,5	155,7
74–110	15,0	149,7	26,7	33,2	89,8
110–130	12,2	75,4	21,3	39,4	14,7

Порівняння показників енергомісткості органічної речовини чорноземів південних 40-річного перелугу та ріллі свідчать про те, що (в результаті зниження щорічної кількості надходження та розкладання значної частки органічних решток) втрати акумульованої енергії складають 38%. Сільськогосподарське використання чорноземів південних призводить також до зменшення на ~260 Дж/г теплотворної здатності гумусу внаслідок послаблення ефективності трансформації енергії, посилення мінералізації та зменшення продуктивної здатності орних ґрунтів.

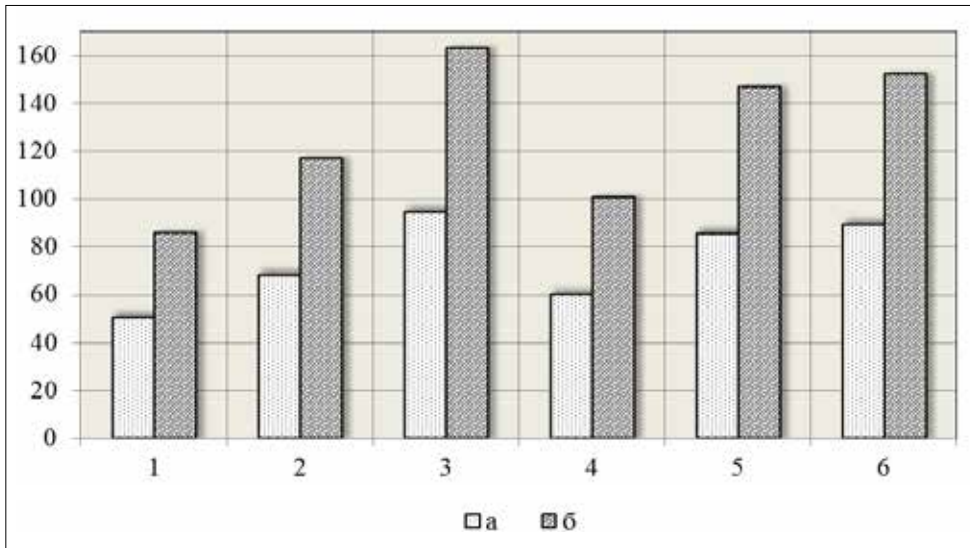


Рис. 1. Запаси гумусу та внутрішньої енергії в чорноземів Південного Степу України (шар 0–20 см)

Умовні позначення: а – запаси гумусу, т/га; б – запаси внутрішньої енергії, 10^9 кДж/га. 1 – чорнозем південний карбонатний (к. д. «Ізмаїл»); 2 – чорнозем південний, рілля (к. д. «Молодіжне»); 3 – чорнозем південний, переліг (к. д. «Молодіжне»); 4 – чорнозем південний, постзрошуваний (к. д. «Глибоке»); 5 – чорнозем звичайний міцелярно-карбонатний (к. д. «Малоярославець»); 6 – чорнозем звичайний (к. д. «Роздільна»).

Запаси енергії в досліджуваних ґрунтах характеризуються середніми значеннями, тобто коливаються в межах $1,0\text{--}2,0 \cdot 10^9$ кДж/га. Для чорноземів південних територій досліджень цей показник становить $1,2 \cdot 10^9$ кДж/га на ріллі та $1,6 \cdot 10^9$ кДж/га на перелозі. Чорноземи південні карбонатні характеризуються низькими запасами енергії в ґрунті ($<1,0 \cdot 10^9$ кДж/га) через найменший уміст гумінових кислот. Запаси енергії в чорноземах звичайних становлять близько $1,5 \cdot 10^9$ кДж/га, що зумовлено більшим умістом гумусу, представленим високоенергетичними гуміновими кислотами та гумінами.

Висновки і пропозиції. Енергетичність гумусу не тільки змінюється в результаті трансформації якісного складу гумусу досліджуваних ґрунтів, а й зменшується внаслідок процесів дегуміфікації орних ґрунтів (порівняно з перелогом) на 38%.

Теплотворна здатність гумусу ґрунтів території досліджень має порівняно високі значення (17,0–17,2 кДж/г), які не зовсім суттєво зменшуються під час розорювання ґрунтів (рілля порівняно з перелогом) і є виразно меншими на постзрошуваних ґрунтах.

За запасами енергії в гумусі ґрунти, що мають певні відмінності якісного складу гумусу перебувають у такому ряду (від меншого до більшого): чорноземи південні карбонатні, рілля → чорноземи південні, постзрошувані → чорноземи південні, рілля → чорноземи південні міцелярно-карбонатні, рілля → чорноземи звичайні, рілля → чорноземи південні, переліг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голубченко В.Ф., Куліджанов Е.В., Авчінніков А.В. Агрохімічна характеристика та родючість ґрунтів Одеської області. Одеса : Облдержродючість, 2010. 26 с.
 2. Алієв А.С. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв. Баку : ЭЛМ, 1986. 242 с.
 3. Алієв С.А. Биоэнергетика органического вещества почв. Баку : ЭЛМ, 1973. 66 с.
 4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва : МГУ, 1970. 490 с.
 5. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. Москва : Наука, 1974. 127 с.
 6. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв. *Почвоведение*. 1961. № 10. С. 75–87.
 7. Надточій П.П., Мислива Т.М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: монографія. Житомир : Рута, 2010. 473 с.
 8. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. Москва: МГУ, 1981. 271 с.
 9. Орлов О. Енергоємність гумусу як критерій гумусового стану ґрунтів. *Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна*. 2002. Вип. 2. С. 111–115.
 10. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / под. ред. А.М. Маринич. Київ : Наукова думка, 1985. 224 с.
-