

УДК 631.48 (477.43/84)

В. В. Гарбар, канд. географ. наук, ст. викладач
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,
кафедра географії та методики її викладання,
м. Кам'янець-Подільський, вул. Татарська 14, 32301
geofan@ukr.net

ЕНЕРГЕТИЧНІ ТА ТЕРМОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОТВОРНИХ ПОРІД ТА РЕНДЗИН ПОДІЛЬСЬКИХ ТОВТР

Досліджено термодинамічні та енергетичні характеристики ґрунтоутворних порід та рендзин Подільських Товтр. Визначено, що характерною особливістю рендзин та ґрунтоутворних порід є високі запаси енергії кристалічної решітки (Um), вільної енергії Гіббса ($Gm_{298,15}$) та слабо мінливі значення ентропії ($Sm_{298,15}$). Встановлено кореляційну залежність енергетичних та термодинамічних показників від вмісту оксидів хімічних елементів, визначальним з яких є СаО. Обґрунтовано роль дернового процесу в акумулятивних процесах енергії гумусу.

Ключові слова: рендзини, Подільські Товтри, енергія кристалічної решітки, вільна енергія Гіббса, ентропія.

ВСТУП

Останнім часом, все більшого розповсюдження набуває практика застосування енергетичних та термодинамічних характеристик ґрунтоутворних порід і ґрунтів для встановлення потенціалу ґрунтоутворення та подальшого ґрунтогенезу. Як відзначає Д. Г. Тихоненко «ґрунтогенез є складним антиентропійним біо-гео-фізико-хімічним процесом екзогенного перетворення на поверхні Землі речовин та енергії, причетним до формування з неродючої породи якісно нового, наділеного родючістю природного тіла – ґрунту» [13].

Одним із засновників концепції потенціалу ґрунтоутворення вважається американський науковець Г. Йенні, який у праці «Фактори ґрунтоутворення» обґрунтував функціональний зв'язок між ґрунтом і найважливішими чинниками ґрунтоутворення. Згодом його положення набули підтримки та подальшого розвитку в наукових працях В. Р. Волобуєва [1–2], А. Є. Ферсмана [14], І. Ш. Іскандерова [7], С. А. Шоби, В. О. Таргульяна [11, 12], О. М. Геннадієва [3], Ф. М. Лисецького [9], П. В. Голеусова [4], В. О. Забалуєва [6], Є. Н. Краєхєхи і С. П. Позняка [10] С. Г. Чорного, О. І. Єрґіної [5], А. А. Кирильчука [8] та багатьох інших.

Зокрема, І. Ш. Іскандеров [7] запропонував розраховувати енергію кристалічної решітки (Um) і вільну енергію Гіббса (Gm) за емпіричними формулами. Маючи кількісні дані про склад мінералів, можна обрахувати основні термоди-

намічні функції ґрунтів. Враховуючи складність точного визначення мінерального складу ґрунтів, В. Р. Волобуєв [1–2] запропонував вважати мінеральну частину ґрунту сумою оксидів, а для розрахунків енергії кристалічної решітки та вільної енергії Гіббса використовувати дані валового хімічного аналізу мінеральної частини ґрунту.

Досліджуючи онтогенетичні стадії рендзин Західного регіону України А. А. Кирильчук зазначає, що розвиток цього напрямку досліджень створює певні можливості використання термодинамічних показників ґрунтів та ґрунтотворних порід, зокрема енергії кристалічної гратки, вільної енергії Гіббса та ентропії мінеральної частини для оцінки здатності гірських порід до ґрунтотворення [8]. Тому надзвичайно перспективним і актуальним є вивчення процесів ґрунтотворення саме з енергетичної та термодинамічної точки зору. Водночас зазначимо, що існуючі теоретичні та методологічні підходи потребують вдосконалення, оскільки існуючі засади мають низку недоліків та спірних питань, що значно обмежує можливості практичних досліджень.

Метою дослідження є встановлення термодинамічних та енергетичних характеристик ґрунтотворних порід та рендзин Подільських Товтр. Відповідно до мети, виділено такі завдання:

- дослідити термодинамічні та енергетичні характеристики ґрунтотворних порід та рендзин Подільських Товтр.
- визначити кількісні показники запасів енергії кристалічної решітки (Um), вільної енергії Гіббса ($Gm_{298,15}$) та ентропії ($Sm_{298,15}$).
- обґрунтувати роль дернового процесу в акумуляції енергії гумусу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Впродовж 2013–2017 рр. була закладена система аналізованих ґрунтових розрізів на 5 ключових ділянках, що репрезентують рендзини на різних угіддях: ріллі, перелогах та цілинних ділянках під лісовими та лучно-степовими фітоценозами. Зразки ґрунту відбирались пошарово (через кожні 10 см).

Зважаючи на широке впровадження енергетичного підходу, було застосовано вже прийняті та апробовані в наукових працях [1, 2, 5, 6–8] розрахункові методи, запропоновані А. Є. Ферсманом та удосконалені В. Р. Волобуєвим із встановлення енергетичних та термодинамічних характеристик ґрунтотворних порід та рендзин Подільських Товтр, які базуються на твердженні про мінеральну частину ґрунту, як суму оксидів. В основу обрахунків покладено дані валового хімічного складу досліджуваних ґрунтів та ґрунтотворних порід, які ототожнюються з літостріальними відмінностями Подільських Товтр. Для коректного співставлення величин відсотковий вміст оксидів хімічних елементів був переведений в кДж/г застосовуючи наступні формули:

$$Um = \frac{U}{M}, \quad (1)$$

$$Gm = \frac{G}{M}, \quad (2)$$

$$Sm = \frac{S}{M}, \quad (3)$$

де Um – енергія кристалічної решітки (кДж/г); Gm – енергія Гіббса (кДж/г); Sm – ентропія (кДж/г); U – енергія кристалічної решітки (кДж/моль); G – енергія Гіббса (кДж/моль); S – ентропія (кДж/моль); M – молярна маса сполуки (г/моль).

Для визначення енергії гумусу застосовували методику Д. С. Орлової та Л. А. Грішиної [8], якими було запропоновано спрощену формулу обрахунків:

$$Q = 517,2 \times \Gamma \times H \times d, \quad (4)$$

де Q – запаси енергії акумульовані гумусом ґрунту, млн. ккал/га; 517,2 – коефіцієнт переведення у млн. ккал/га; Γ – вміст гумусу, %; H – потужність горизонту, м; d – щільність будови ґрунту, г/см³.

Розрахункові операції та графічну обробку даних виконувались за допомогою програмних пакетів Microsoft Office Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Отримані результати досліджень засвідчують, що характерною особливістю рендзин та ґрунтотворних порід є високі запаси енергії кристалічної решітки ($Um = 6951,44\text{--}17728,82$ кДж/г) та вільної енергії Гіббса ($Gm_{298,15} = 1089,07\text{--}1327,72$ кДж/г), а також слабо мінливі значення ентропії ($Sm_{298,15} = 65,12\text{--}67,75$ кДж/г \times град) (табл. 1, рис. 1).

Такі низькі енергетичні показники ґрунтотворних порід зумовлені значним вмістом СаО. Проте, як стверджує у своїх дослідженнях В. О. Забалуєв [6], гірські породи, які характеризуються меншими показниками запасів внутрішньої енергії мають більшу реакційну спроможність і створюють сприятливі умови для біологічного освоєння, що цілком узгоджується із твердженням В. А. Ковди [5, 8] про обернено пропорційну залежність між запасами внутрішньої енергії материнських порід та родючістю ґрунтів.

Встановлено, що досліджувані ґрунтотворні породи характеризуються значною часткою безкремнеземної енергії, оскільки збагачені переважно на СаСО₃, на відміну від порід, які мають високу енергію кристалічної решітки за рахунок високого вмісту Силіцію. Оскільки така ґратка є міцною і важче руйнується, то це створює умови для накопичення в ґрунті залишкових мінералів, що опосередковано свідчить про залишкове оглинювання ґрунтового профілю [8, 15].

Водночас, значних відмінностей між енергетичними показниками рендзин сформованих на різних материнських породах не виявлено. Існує лише їхня профільна диференціація, що чітко корелює з даними валового хімічного складу. Зокрема найвищими значеннями енергії кристалічної решітки (U_m) характеризуються верхні генетичні горизонти профілю рендзин, де її величини знаходяться в межах 16569,21–17728,82 кДж/г і знижуються вниз по профілю до 7932,12–13318,39 кДж/г. Це зумовлено значним відносним вмістом SiO_2 , який має найвищі енергетичні показники і відповідно найбільше впливає на їх запаси в ґрунті.

Варіабельність показників вільної енергії Гіббса ($G_{m_{298,15}}$) дещо більша. Так найбільшими показниками закономірно відзначається бура парарендзина (АП2, переліг) – 1327,82–1226,05 кДж/г, найменшими – рендзина типова сформована на щільних вапнякових породах під лучно степовою рослинністю (ВЦ-4) – 1295,77–1112,04 кДж/г.

Відношення вільної енергії Гіббса до енергії кристалічної ґратки (G_m/U_m , %) (табл. 1) дає підстави стверджувати, що незважаючи на досить низькі показники енергії кристалічної ґратки, досліджувані ґрунти мають досить значну частку вільної енергії Гіббса, яка може перетворитися у роботу. Тобто елементарні ґрунтові процеси, зокрема гумусоутворення, гумусонакопичення, вивітрювання, вилуговування, знекарбоначування будуть розвиватись досить інтенсивно.

Показники ентропії ($S_{m_{298,15}}$), досліджуваних ґрунтів коливаються в дуже вузьких межах – 67,29–67,87 кДж/г × град у верхніх генетичних горизонтах та 65,69–67,60 кДж/г × град – в нижніх. При цьому, тренд розподілу показників ентропії не завжди корелює з розподілом величин енергії кристалічної решітки і особливо показниками енергії Гіббса. А. Є. Ферсман досліджуючи закономірності цих показників, зазначає: «... утворення кристалічної решітки із вільних іонів є процесом зменшення вільної енергії системи, що веде до збільшення її ентропії» [14].

Але при цьому автор стверджує, що така властивість спостерігається лише за умови, якщо брати до уваги систему загалом, тобто суму іонів, які складаються у решітки і матеріальне середовище, у якому вивільнена енергія розсіюється.

Якщо ж систему розуміти виключно як суму іонів, то у разі переходу з іонного газу в кристалічний стан, їхня ентропія (розсіяна енергія) не зростає, а зменшується [8; 14].

Серед особливостей профільного розподілу енергетичних показників слід відзначити вирівнювання їхніх величин між генетичними горизонтами Нса та НРса, розрізу БР-3, що зумовлено антропогенною педотурбацією мінеральної частини ґрунту.

З позиції енергетичного підходу гумус як і мінеральна частина ґрунту є потужним геохімічним акумулятором, який в планетарному масштабі, за твердженнями В. А. Ковди зосереджує близько 10^{20} ккал енергії [13].

Таблиця 1
Термодинамічні та енергетичні характеристики рендзин та ґрунтоворних порід Подільських Товгр

| Генетичні зони | Глибина відбору зразків, см | Um, кДж/г | K _{вет} | Gm _{298,15°} , кДж/г | K _{вет} | Gm _{298,15°} , кДж/г | K _с | u, % | Gm _{298,15°} /Um, % | u/Um, % |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------|---------|------------------------------|---------|
| Рендзина неговнорозвинена на щільних ліготамнієвих вапняках, МД «Скалат», розріз СЦ-4 (цилина, лучно-степова рослинність) | | | | | | | | | | |
| Hca | 0-21 | 16808,17 | 2,40 | 1301,94 | 1,19 | 65,44 | 0,97 | 3055,87 | 7,75 | 18,18 |
| Phca | 21-26 | 7932,12 | 1,13 | 1110,64 | 1,02 | 67,60 | 1,00 | 5867,61 | 14,00 | 73,97 |
| Rca | 26-35 | 6999,22 | 1,00 | 1091,12 | 1,00 | 67,75 | 1,00 | 6143,35 | 15,59 | 87,77 |
| Рендзина типова на еловій серпуло-моховаткових вапняків, МД «Вербка», розріз ВЦ-4 (цилина, лучно-степова рослинність) | | | | | | | | | | |
| Hca + Hca _{лорн} | 0-27 | 17355,96 | 1,70 | 1313,96 | 1,14 | 66,02 | 0,99 | 2699,79 | 7,57 | 15,56 |
| HRca | 27-47 | 17134,67 | 1,68 | 1319,05 | 1,14 | 66,02 | 0,99 | 2962,79 | 7,70 | 17,29 |
| Phca | 47-62 | 13167,45 | 1,29 | 1223,28 | 1,06 | 67,18 | 1,00 | 4103,63 | 9,29 | 31,16 |
| Rca | 65-75 | 10220,61 | 1,00 | 1155,20 | 1,00 | 67,00 | 1,00 | 4964,34 | 11,30 | 48,57 |
| Рендзина типова на еловіально-делювіальних відкладах серпуло-моховаткових вапняків, МД «Боришківці», розріз БРЗ (рілля) | | | | | | | | | | |
| Hca | 0-24 | 16569,21 | 2,38 | 1295,77 | 1,19 | 65,12 | 0,96 | 3307,47 | 7,82 | 19,96 |
| HRca | 24-41 | 14623,47 | 2,10 | 1266,40 | 1,16 | 65,43 | 0,97 | 4219,49 | 8,66 | 28,85 |
| Phca | 41-58 | 7991,25 | 1,15 | 1112,04 | 1,02 | 67,60 | 1,00 | 5839,06 | 13,92 | 73,07 |
| Rca | 58-65 | 6951,44 | 1,00 | 1089,07 | 1,00 | 67,75 | 1,00 | 6162,38 | 15,67 | 88,65 |
| Бура парарендзина на карбонатних полігенетичних суцільних підстелених еловієм ліготамнієвих вапняків, МД «Антонівка», розріз АП-2 (переліт) | | | | | | | | | | |
| Hca + Hca _{лорн} | 0-24 | 17728,82 | 2,50 | 1327,72 | 1,21 | 65,72 | 0,97 | 2705,24 | 7,49 | 15,26 |
| HRca | 24-50 | 14700,15 | 2,08 | 1255,69 | 1,15 | 65,85 | 0,97 | 3849,44 | 8,54 | 26,19 |
| Phca | 50-70 | 13318,39 | 1,88 | 1226,05 | 1,12 | 65,69 | 0,97 | 4344,33 | 9,21 | 32,62 |
| Rca | 70-75 | 7077,72 | 1,00 | 1094,56 | 1,00 | 67,69 | 1,00 | 6169,66 | 15,46 | 87,17 |

Примітка: Um – енергія кристалічної решітки; K_{вет} – коефіцієнт зміни енергії кристалічної решітки, разів; Gm_{298,15} – вільна енергія Гіббса; K_с – коефіцієнт зміни вільної енергії Гіббса, разів; Sm_{298,15} – ентропія; K_с – коефіцієнт зміни ентропії, разів; u – енергія кристалічної решітки безкремнеземної частини рендзин та ґрунтоворних порід; Gm_{298,15}/Um – відношення вільної енергії Гіббса до енергії кристалічної решітки; u/Um – відношення безкремнеземної частини енергії кристалічної решітки до всієї енергії решітки.

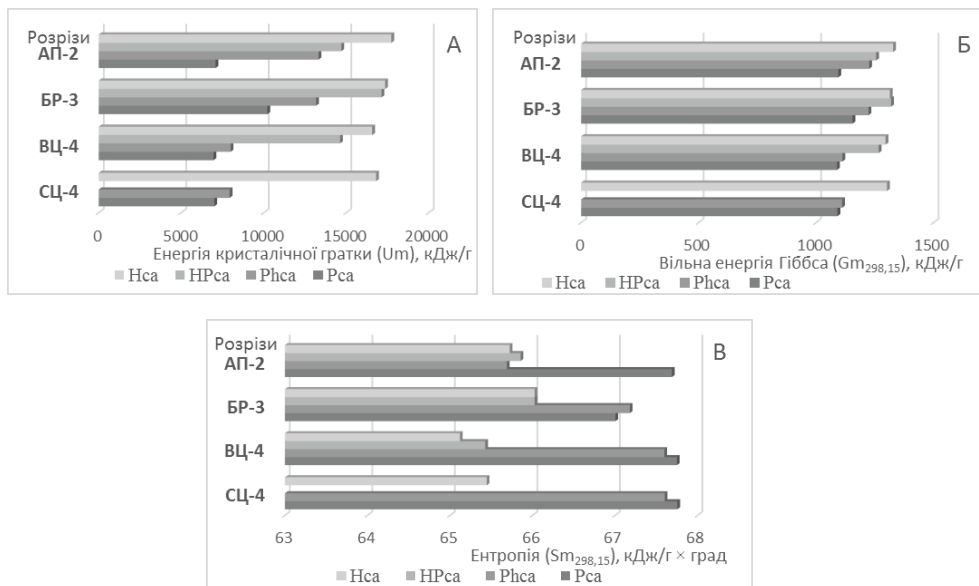


Рис. 1. Енергія кристалічної решітки (U_m) – А, вільної енергії Гіббса ($G_{m_{298,15}}$) – Б та ентропії ($S_{m_{298,15}}$) – В рендзин та ґрунтоутворних порід Подільських Товтр

Перші методичні розробки з досліджень енергії гумусу обґрунтовані І. В. Тюрніним, який на основі кількісного вмісту Карбону та окислювальної здатності гумусу розробив формулу для обчислення запасів його енергії [13].

Застосувавши зазначений метод ми розрахували запаси енергії акумульовані в гумусових горизонтах (табл. 2).

Отримані показники засвідчують, що для досліджуваних рендзин характерна значна варіабельність енергії гумусу, зумовлена насамперед різним його вмістом. Так, найбільшими запасами енергії в гумусі (2347–2488 мДж/га в 10-ти сантиметрах гумусового горизонту Hca) характеризуються рендзини типові, що формуються на щільних вапняках вершин товтр. Найменшими запасами – бурі парарендзини схилів товтр (742,13 мДж/га в 10-ти сантиметрах гумусового горизонту Hca).

Важливу роль для активного накопичення енергії в гумусі відіграє інтенсивність дернового процесу та видовий склад рослин, що беруть участь в ґрунтоутворному процесі. Зокрема, В. Р. Волобуєв у своїх працях [2] зазначав, що трав'яниста рослинність зумовлює накопичення в декілька разів більше енергії гумусу, ніж лісова, а «м'які» морфологічні частини рослин (листя і стебла трав, листя кущів і дерев), відповідно привносять в ґрунт більше енергії, ніж «тверді» (гілки, корені, стовбури).

Таблиця 2

Запаси енергії гумусу рендзин Подільських Товтр

| Генетичні горизонти | Потужність горизонту, см | Гумус, % | Щільність будови, г/см ³ | Запаси енергії, мДж/га |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------|-------------------------------------|------------------------|
| Рендзина неповнорозвинена на щільних літотамнієвих вапняках, МД «Скалат», розріз СЦ-4 (цілина, лучно-степова рослинність) | | | | |
| Hca | 16 | 14,01 | 0,82 | 3980,27 |
| Рендзина типова на елювії серпуло-моховаткових вапняків, МД «Вербка», розріз ВЦ-4 (цілина, лучно-степова рослинність) | | | | |
| Hca | 21 | 13,56 | 0,81 | 4994,65 |
| HPca | 17 | 6,32 | 0,93 | 2163,66 |
| Рендзина типова на елювії літотамнієвих вапняків, МД «Івахнівці», розріз ІЦ-1 (цілина, лучно-степова рослинність) | | | | |
| Hca | 15 | 13,06 | 0,83 | 3520,90 |
| HPca | 19 | 6,43 | 0,92 | 2592,58 |
| Рендзина типова на елювії літотамнієвих вапняків, МД «Антонівка», розріз АЛ-1 (ліс) | | | | |
| Hca | 20 | 4,06 | 0,82 | 1441,82 |
| HPca | 26 | 2,90 | 1,01 | 1649,05 |
| Рендзина типова на елювіально-делювіальних відкладах серпуло-моховаткових вапняків, МД «Боришківці», розріз БРЗ (рілля) | | | | |
| Hca _{орн} + Hca _{п/орн} | 27 | 4,06 | 1,15 | 2729,78 |
| HPca | 20 | 3,01 | 1,18 | 1538,22 |
| Рендзина типова на елювії літотамнієвих вапняків, МД «Івахнівці», розріз ІР-2 (рілля) | | | | |
| Hca _{орн} + Hca _{п/орн} | 22 | 4,18 | 1,11 | 1124,73 |
| HPca | 20 | 3,26 | 1,37 | 1934,23 |
| Бура парарендзина на карбонатних полігенетичних суглинах підстелених елювієм літотамнієвих вапняків, МД «Антонівка», розріз АП-2 (переліг) | | | | |
| Hca _{орн} + Hca _{п/орн} | 24 | 2,58 | 1,38 | 1850,34 |
| HPca | 26 | 1,73 | 1,28 | 1246,72 |

Загалом, дослідження енергетики ґрунтів – надзвичайно актуальний напрям, що в перспективі допоможе у вирішенні багатьох проблем генетичного ґрунтознавства. Проте на сьогодні він потребує розробки нових фундаментальних теоретичних та методологічних підходів, оскільки існуючі засади мають низку недоліків, як теоретичного, так і методологічного характеру, що значно обмежує можливості практичних досліджень.

ВИСНОВКИ

1. Характерною особливістю рендзин та ґрунтоутворних порід є високі запаси енергії кристалічної решітки ($U_m = 6951,44\text{--}17728,82$ кДж/г) та вільної енергії Гіббса ($G_{m_{298,15}} = 1089,07\text{--}1327,72$ кДж/г), а також слабо мінливі значення ентропії ($S_{m_{298,15}} = 65,12\text{--}67,75$ кДж/г \times град), що зумовлено значним вмістом СаО.

2. Встановлено, що досліджувані ґрунтоутворні породи характеризуються значною часткою безкремнеземної енергії, оскільки збагачені переважно на СаСО₃, на відміну від порід, які мають високу енергію кристалічної решітки за рахунок високого вмісту Силіцію. Оскільки така ґратка є міцною і важче руйнується, то це створює умови для накопичення в ґрунті залишкових мінералів, що опосередковано свідчить про залишкове оглинювання ґрунтового профілю.

3. Найвищими значеннями енергії кристалічної решітки (U_m) характеризуються верхні генетичні горизонти профілю рендзин, де її величини знаходяться в межах 16569,21–17728,82 кДж/г і знижуються вниз по профілю до 7932,12–13318,39 кДж/г. Це зумовлено значним відносним вмістом SiO₂, який має найвищі енергетичні показники і відповідно найбільше впливає на їх запаси в ґрунті.

4. Для досліджуваних рендзин характерна значна варіабельність енергії гумусу. Найбільшими запасами енергії в гумусі (2347–2488 мДж/га в 10-ти сантиметрах гумусового горизонту Нса) характеризуються рендзини типові, що формуються на щільних вапняках вершин товтр. Найменшими запасами – бурі парарендзини схилів товтр (742,13 мДж/га в 10-ти сантиметрах гумусового горизонту Нса). Важливу роль для активного накопичення енергії в гумусі відіграє інтенсивність дернового процесу та видовий склад рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования [Текст] / В. Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
2. Волобуев В. Р. Опыт расчета энергии кристаллической решетки почвенных минералов [Текст] / В. Р. Волобуев // Почвоведение. – 1968. – № 4. – С. 89–93.
3. Геннадиев А. Н. Стадиальность почвообразования и географическая среда [Текст] / А. Н. Геннадиев // Вести Московского ун-та. – Сер. : геогр. – 1988. – № 2. – С. 21–28.
4. Голеев П. В. Формирование почв в различных комбинациях субстратно-фитоценологических условий лесостепной зоны [Текст] / П. В. Голеев. // Почвоведение. – 2003. – № 9. – С. 1050–1060.
5. Єрґіна О. І. Енергетичні та термодинамічні характеристики ґрунтів та ґрунтоутворювальних субстратів Кримського півострова [Текст] / О. І. Єрґіна // Вісник Львівського університету. – Серія : географічна. – 2013. – Вип. 41. – С. 132–139.
6. Забалуев В. О. Енергетичні і термодинамічні характеристики гірських порід як показники їх здатності до ґрунтоутворення [Текст] / В. О. Забалуев // Екологія і природокористування. – 2003. – Вип. 6. – С. 92–95.
7. Искандеров И. Ш. Энергия кристаллической решетки и свободная энергия минеральной части почв [Текст] / И. Ш. Искандеров // Почвоведение. – 1974. – № 4. – С. 147–149
8. Кирильчук А. А. Онтогенез і географія рендзин Західного регіону України [Текст]: дис. докт. географ. наук : 11.00.05 / Кирильчук Андрій Андрійович. – Львів, 2014. – 442 с.

9. Лисецький Ф. М. Кліматична обумовленість ґрунтоутворювального процесу в Криму [Текст] / Ф. М. Лисецький, О. І. Єрґіна // Уч. зап. Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – Серія: географія. – 2010. – Т. 23 (62), № 1. – С. 5260.
10. Позняк С. П. Чинники ґрунтоутворення : навч. посібник [Текст] / С. П. Позняк, Є. Н. Красеха. – Львів : Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 400 с.
11. Почвообразующий потенциал почвообразующих факторов [Текст] / С. А. Шоба, М. И. Герасимова, В. О. Таргулян // 36. наук. праць : генеза, географія та екологія ґрунтів. – Львів, 1999. – С. 90–92.
12. Таргулян В. О. Почвообразование и элементарные почвообразовательные процессы [Текст] / В. О. Таргулян // Почвоведение. – 1985. – № 11. – С. 36–45.
13. Тихоненко Д. Г. Елементарні ґрунтові процеси (ЕГП) при акумулятивному ґрунтоутворенні [Текст] / Д. Г. Тихоненко // Вісник ХНАУ Ґрунтознавство. – 2011. – № 1. – С. 18–22.
14. Ферсман А. Е. Геохимия [Текст] / А. Е. Ферсман. – Л. : ОНТИ, 1934. – Т. 2. – 354 с.
15. Harbar V. V. Genesis and properties of rendzinas of the Podilski Tovtry [Текст] / V. Harbar, S. Poznyak // Polish Journal of Soil Science. Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland., 2015, Vol. 48., № 2. – P. 229–240. PL ISSN: 0079-2985., DOI: 10.17951/pjss/2015.48.2.229.

REFERENCES

1. Volobuev, V. R. (1974), *Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya [Introduction to the energy of soil formation]*, Moscow: Science, 128 p.
2. Volobuev, V. R. (1968), Opyt rascheta energii kristallicheskoj reshetki pochvennykh mineralov [The experience of calculating the energy of the crystal lattice of soil minerals], *Pochvovedenie*, No. 4, pp. 80–93.
3. Gennadiev, A. N. (1988), Stadiálnost pochvoobrazovaniya i geograficheskaya sreda [Stadiality of soil formation and geographical environment] *Vesti. Moskovskogo universiteta*, No. 2, pp. 21–28.
4. Goleusov, P. V. (2003), Formirovanie pochv v razlichnykh kombinatsiyakh substratno-fitosenoticheskikh usloviy lesostepnoy zony [Soil formation in various combinations of substrate-phytocenotic conditions of the forest-steppe zone], *Pochvovedenie*, No. 9, pp. 1050–1060.
5. Ierhina, O. I. (2013), Enerhetychni ta termodynamichni kharakterystyky gruntiv ta gruntoutvoriuvalnykh substrativ Krymskoho pivostrova [Energy and thermodynamic characteristics of soils and soil forming substrates of the Crimean peninsula], *Visnyk Lvivskoho universytetu*, Vol. 41, pp. 132–139.
6. Zabaluiiev, V. O. (2003), Enerhetychni i termodynamichni kharakterystyky hirskykh porid yak pokaznyky yikh zdatnosti do gruntoutvorennia [Energy and thermodynamic characteristics of rocks as indicators of their ability to soil formation], *Ekolohiia i pryrodokorystuvannia*, Vol. 6, pp. 92–95.
7. Iskanderov, I. Sh. (1974), Energiya kristallicheskoj reshetki i svobodnaya energiya mineralnoy chasti pochv [The energy of the crystal lattice and the free energy of the mineral part of the soil], *Pochvovedenie*, No. 4, pp. 147–149.
8. Kyrylchuk, A. A. (2014), Ontohenez i heohrafiia rendzyn Zakhidnoho rehionu Ukrainy [Ontogenesis and geography of the rendzinas of the Western region of Ukraine], *Doctor's thesis*, Lviv, 442 p.
9. Lysetskyi, F. M. (2010), Klimatychna obumovlenist hruntoutvoriuvального protsesu v Krymu [Climatic conditionality of the soil-forming process in the Crimea], *Uch. zap. Tavriiskoho natsionalnoho universytetu im. V. I. Vernadskoho*, Vol. 62, No. 1, pp. 52–60.
10. Pozniak, S. P. (2007), *Chynnyky gruntoutvorennia [Factors of soil formation]*, L'viv: Publishing House of Ivan Franko LNU, 400 p.
11. Shoba, S. A., Gerasimova, M. I., Targulyan, V. O. (1999), Pochvoobrazuyushiy potentsial pochvoobrazuyushikh faktorov [Soil-forming potential of soil-forming factors], *Zb. nauk. prats : henez, heohrafiia ta ekolohiia gruntiv*, Lviv, pp. 90–92.
12. Targulyan, V. O. (1985), Pochvoobrazovanie i elementarnye pochvoobrazovatelnye protsessy [Soil formation and elementary soil-forming processes] *Pochvovedenie*, No. 11, pp. 36–45.
13. Tykhonenko, D. H. (2011), Elementarni hruntovi protsesy (EHP) pry akumuliatyvnomu hruntoutvorenni [Elementary soil processes (EGP) in accumulative soil formation], *Visnyk KhNAU*, No. 1, pp. 18–22.
14. Fersman, A. Ye. (1934), *Geokhimiya [Geochemistry]*, Leningrad : ONTI, 354 p.
15. Harbar, V. V. Poznyak, S. (2015), Genesis and properties of rendzinas of the Podilski Tovtry Polish Journal of Soil Science. Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland., Vol. 48., № 2. – P. 229–240. PL ISSN: 0079-2985., DOI: 10.17951/pjss/2015.48.2.229.

Надійшла 22.03.2018

В. В. Гарбар, старший преподаватель

Каменец-Подольский национальный университет имени Ивана Огиенко,
кафедра географии и методики ее преподавания,
ул. Татарская, 14, Каменец-Подольский, 32305, Украина

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД И РЕНДЗИН ПОДОЛЬСКИХ ТОЛТР

Резюме

Исследованы термодинамические и энергетические характеристики почвообразующих пород и рендзин Подольских Толтр. Определено, что характерной особенностью рендзин и почвообразующих пород являются высокие запасы энергии кристаллической решетки (Um), свободной энергии Гиббса ($Gm_{298,15}$) и слабо меняющиеся значения энтропии ($Sm_{298,15}$). Установлена корреляционная зависимость энергетических и термодинамических показателей от содержания оксидов химических элементов, определяющим из которых является СаО. Обоснована роль дернового процесса в аккумулятивных процессах энергии гумуса.

Ключевые слова: рендзины, Подольские Толтры, энергия кристаллической решетки, свободная энергия Гиббса, энтропия.

V. V. Harbar

Ivan Ohienko National University of Kamianets-Podilskyi,
Department of Geography and Teaching Methods,
Tatarska St., 14, Kamianets-Podilsky, 32301, Ukraine

ENERGY AND THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF PARENT MATERIAL AND RENDZINAS (RENDZIC LEPTOSOLS) OF THE PODILSKI TOVTRY

Abstract

Problem Statement and Purpose. In recent years, the practice of applying energy and thermodynamic characteristics of parent material and soils to the establishment of the potential of soil formation has become more widespread. The development of this area of research creates certain possibilities for using the thermodynamic characteristics of soils and parent material: the energy of the crystalline lattice, Gibbs free energy and the entropy of the mineral part to assess the ability of rocks to soil formation. Therefore, it is extremely promising and topical to study the processes of soil formation from the energy and thermodynamic point of view. The purpose of the study is to establish the energy and thermodynamic characteristics of parent material and rendzinas (Rendzic Leptosols) of the Podilski Tovtry.

Data & Methods. During 2013–2017 we laid down 5 modal sections. The system of soil sections represents rendzinas in different lands: arable lands, fallows and virgin areas under forest and meadow phytocenoses.

To install Energy and thermodynamic characteristics of parent material and rendzinas (Rendzic Leptosols) of the Podilski Tovtry we have applied methods based on data

conversion of the gross chemical composition, humus content, bulk density of the studied soils and parent material in the energy indices: the energy of the crystalline lattice (U_m), Gibbs free energy ($G_{m_{298,15}}$) and the entropy ($S_{m_{298,15}}$) and the humus energy.

Results. A characteristic feature of the rendzinas and parent material is the high energy reserves of the crystalline lattice ($U_m = 6951.44-17728.82$ kJ/g) and Gibbs free energy ($G_{m_{298,15}} = 1089.07-1327.72$ kJ/g) and slightly changing values of entropy ($S_{m_{298,15}} = 65.12-67.75$ kJ/g×degrees), which is due to significant CaO content. The investigated parent material are characterized by a high content of non-silicon energy, since they are enriched predominantly on $CaCO_3$, in contrast to rocks that have high crystalline lattice energies due to the high content of silicon. This crystalline lattice is strong and harder to break down. This creates conditions for the accumulation of residual minerals in the soil. This implies indirectly about residual claying of soil profile. The upper genetic horizons of the rendzinas profile are characterized by the highest values of the energy of the crystalline lattice (U_m). The values are within the range 16569.21-17778.82 kJ/g and decrease down the profile to 7932.12-13318.39 kJ/g. This is due largely relative content of SiO_2 , which has the highest energy figures and, accordingly, most influences on their reserves in the soil. For the studied rendzinas a significant variability of humus energy is characteristic. Typical rendzinas, formed on dense limestones of the tops of the Podilski Tovtry, are characterized by the largest reserves of energy in humus (2347-2488 mJ/ha in 10 centimeters of humus horizon Hca). Brown pararendzinas, formed on the slopes of the Tovtry, characterized by minimal humus energy (742.13 mJ/ha).

Keywords: rendzinas (Rendzic Leptosols), Podilski Tovtry, the energy of the crystalline lattice, Gibbs free energy and the entropy.