

Термодинамічні й енергетичні характеристики карбонатних ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів Західного регіону України

Андрій Кирильчук* (<https://orcid.org/0000-0002-3700-3331>), **Петро Кульчицький**

Львівський національний університет імені Івана Франка

*andriy.kyrylchuk@lnu.edu.ua

Анотація. Сучасний етап розвитку ґрунтознавчої науки характеризується інтенсивним розвитком енергетично-термодинамічного підходу та розв'язанням теоретико-методологічних питань, які безпосередньо стосуються проблеми оцінки енергетики ґрунтоутворення. У статті проаналізовано вплив компонентів географічного середовища як чинників потенціалу ґрунтоутворення, висвітлено особливості формування різних видів енергетичних витрат і енергетичного балансу при ґрунтоутворенні, подано енергетичну та термодинамічну характеристику карбонатних ґрунтоутворюючих порід і ґрунтів Західного регіону України. На підставі енергетичних і термодинамічних показників (енергія кристалічної ґратки, вільна енергія Гіббса та ентропія) здатність до інтенсивного ґрунтоутворення та сприятливість до біологічного освоєння визначаються особливостями досліджуваних ґрунтоутворюючих порід, таких як елювій турон-сенонських відкладів писальної крейди, елювій турон-сенонських відкладів крейдяних мергелів, елювій вапняків літотамнієвих верхнього баденію, елювій вапняків хемогенних верхнього баденію, елювій вапняків згусткових верхнього баденію. Найвищими значеннями енергії кристалічної ґратки характеризуються короткопрофільні і повнопрофільні рендзини на елювії згусткових вапняків верхнього баденію у межах Розтоцько-Опільської горбогірної області. Значні запаси внутрішньої енергії у цих ґрунтах зумовлені передусім найвищими величинами енергії кристалічної ґратки ґрунтоутворюючих порід, на яких вони сформувалися. Найменші значення термодинамічних характеристик спостерігаються у слабкорозвинутих і короткопрофільних рендзинах у межах Вороняцького природного району Західно-Подільської височинної області, сформованих на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю. Відтак значна варіабельність внутрішньої енергії в рендзинах (Rendzic Leptosols, WRB) зумовлена впливом різних карбонатних ґрунтоутворюючих порід. Пропоновані результати дослідження енергетики ґрунтоутворення є надзвичайно актуальними, оскільки сприяють науково обґрунтованому вирішенню однієї із найважливіших проблем сучасного ґрунтознавства, оптимізації рівня управління безпекою ґрунтів та відтворення їхньої потенційної родючості.

Ключові слова: енергетично-термодинамічний підхід; потенціал ґрунтоутворення, карбонатні ґрунтоутворюючі породи і ґрунти; потенційна родючість.

Thermodynamic and energy characteristics of carbonate soil-forming rocks and soils of the Western Ukrainian Region

Andriy Kyrylchuk* (<https://orcid.org/0000-0002-3700-3331>), **Petro Kulchytskyi**
Ivan Franko National University of Lviv

*andriy.kyrylchuk@lnu.edu.ua

Abstract. The current stage of development of soil science is characterized by the intensive development of the energy-thermodynamic approach and the solution of theoretical and methodological issues that are directly related to the problem of assessing the energetics of soil formation. The article analyzes the influence of components of the geographical environment as factors of soil formation potential, highlights the features of the formation of various types of energy costs and energy balance during soil formation, and presents the energy and thermodynamic characteristics of carbonate soil-forming rocks and soils of the Western region of Ukraine. Based on energy and thermodynamic indicators (crystal lattice energy, Gibbs free energy and entropy), the ability to intensive soil formation and the suitability for biological development is determined by the characteristics of the studied soil-forming rocks, such as: eluvium of Turonian-Senonian deposits of writing chalk, eluvium of Turonian-Senonian deposits of chalk marls, eluvium of lithothamnian limestones of the Upper Badenian, eluvium of chemogenic limestones of the Upper Badenian, eluvium of clotted limestones of the Upper Badenian. The highest values of crystal lattice energy are characterized by short-profile and full-profile Rendzinas on eluvium of clotted limestones of the Upper Badenian within the Roztochchya-Opilya Upland Region. Significant reserves of internal energy in these soils are due primarily to the highest values of the energy of the crystal lattice of the soil-forming rocks on which they were formed. The lowest values of thermodynamic characteristics are observed in poorly developed and short-profile Rendzinas (Rendzic Leptosols, WRB) within the Voronyaky natural district of the Western Podilsky upland region, formed on the eluvium of Turonian-Senonian deposits of Cretaceous marl. Therefore, significant variability of internal energy in rendzinas is due to the influence of various carbonate soil-forming rocks. The proposed results of the study of soil-forming energetics are extremely relevant, as they contribute to a scientifically substantiated solution to one of the most important problems of modern soil science, optimization of the level of soil safety management and reproduction of their potential fertility.

Key words: energy-thermodynamic approach; soil formation potential; carbonate soil-forming rocks and soils; potential fertility.

Вступ. Відомо, що процеси в педосистемах відбуваються під впливом зовнішніх чинників. Здебільшого науковці називають їх найважливішими причинами перетворення і обміну речовин та енергії в ґрунті. До них належать: обмін речовиною й енергією між ґрунтом, з одного боку, та іншими природними тілами або геосферами, з іншого, а також надходження сонячної енергії та вплив гравітаційного поля Землі (Позняк та ін., 2003). Унаслідок взаємодії педосфери та довкілля інтенсивність і структура потоків речовини й енергії визначаються просторово-часовою організацією педосфери, що є результатом взаємодії усіх чинників-ґрунтоутворювачів і конкретних умов ґрунтоутворення (Голубець, 2008). Значне простягання території Західного регіону України з півночі на південь і з заходу на схід сприяло формуванню добре виражених особливостей умов ґрунтоутворення та їхньої просторової диференціації. Природні чинники, яким властиві просторова неоднорідність і контрастність, зумовлені географічним положенням, геологічною будовою, геоморфологічними і біокліматичними особливостями, відіграють важливу роль у функціонуванні ґрунтового покриву, інтенсивності розвитку ґрунтових процесів і режимів та формуванні енергетичного стану ґрунтів (Позняк, 2010; Кирильчук, 2019).

Актуальність дослідження зумовлена тим, що енергетичний і термодинамічний підхід під час вивчення ґрунтоутворення набуває останнім часом усе більшого розповсюдження, оскільки, як відзначає Тихоненко (2011), “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”. Однак досі не існує конкретної термодинамічної та енергетичної оцінки зокрема, карбонатних ґрунтоутворних порід та рендзин (Rendzic Leptosols, WRB) Західного регіону України.

Метою пропонованого дослідження є вивчення у межах Західного регіону України спрямованості, темпів та інтенсивності формування рендзин у різних літологічних умовах, які зумовлюють мінливість у часі і просторі елементарних ґрунтових процесів та енергетики потенціалу ґрунтоутворення.

Об’єктом дослідження є хроноряди незмінених карбонатних ґрунтоутворних порід і рендзин (Rendzic Leptosols, WRB) у різних географо-біолітогенних умовах Західного регіону України.

Засадничі положення щодо енергетичного тлумачення процесів у педосфері висвітлено у наукових працях Г. Єнні, В. Вернадського, Ф. Дюшофура, М. Голубця, С. Позняка і Є. Красехи та ін. Важливість науково-практичних досліджень природних процесів на енергетичній основі, зокрема і ґрунтоутворних процесів, повністю виражена у таких словах: “енергетичний підхід до аналізу динамічних процесів природи є кінцевою метою наших пошукувань. Ми повинні перейти до єдиної міри визначення протікання процесу і нею може бути калорія чи кіловат”.

Особливої уваги, з точки зору нових підходів до вирішення проблеми оцінки потенціалу ґрунтоутворення заслуговують праці Д. Тихоненка, І. Гоголева, С. Позняка, О. Єрґіної, В. Забалуєва, В. Михайлюка, А. Кирильчука, О. Орлова, Р. Семашука, О. Підкови, В. Гарбара, А. Баранника, Р. Малика та ін.

Методологія дослідження. У дослідженні використано комплексні методи, зокрема порівняльно-географічний, порівняльно-історичний, ґрунтових хронорядів, моделювання, статистичний, картографічний, балансовий та широкий спектр лабораторно-аналітичних методів.

Оціночною характеристикою здатності компонентів географічного середовища як чинників ґрунтоутворення забезпечувати формування ґрунтів та їхніх окремих властивостей за певний проміжок часу є потенціал ґрунтоутворення (ПГ) цих чинників (Jenny, 1961; Duchaufour, 1983).

При вивченні потенціалу ґрунтоутворення методом хронорядів за материнську породу приймали найрізноманітніші продукти елювіогенезису різного походження, зокрема природні: 1) елювій турон-сенонських відкладів писальної крейди (K_2); 2) елювій турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю (SO_2); 3) елювіально-делювіальні турон-сенонські відклади крейдяного мергелю (SO_2); 4) елювій верхньо-баденських (N_1) згусткових вапняків (SO_1); 5) елювій верхньо-баденських (N_1) хемогенних вапняків (SO_1); 6) елювій верхньо-баденських (N_1) літотамнієвих вапняків (SO_1) (WRB, 2012).

Результати. З’ясовано, що загальна площа рендзин Західного регіону України становить 149,5 тис. га. Найбільші площі ареального поширення рендзин зосереджені у межах південно-західної частини Поліського краю. В адміністративному відношенні – у Любомльсько-Ковельському і Турійсько-Рожищенському природних районах області Волинського Полісся. Найпоширенішим підтипом рендзин у Західному регіоні України є рендзини типові з неповнорозвинутим (слаборозвинуті і короткопрофільні) і нормальним

(модальним) типом будови профілю (повнопрофільні). Значно менші площі займають рендзини вилугувані.

Рендзини (Rendzic Leptosols) Західного регіону України – це інтразональні біолітогенні ґрунти, які за генетичною природою є унікальними і не мають аналогів в Україні. Вони сформувалися в умовах помірно континентального клімату, промивного і періодично промивного типів водного режиму, на продуктах елювіогенезису щільних карбонатних порід (крейди, крейдяних мергелів, згусткових, хемогенних і літотамнієвих вапняків), інколи з домішками флювіогляціального, моренного або еолового піщаного матеріалу, під одночасною дією деревної і трав'янистої рослинності та переважно в умовах денудаційного, денудаційно-акумулятивного і горбогірно-останцевого різновидів рельєфу. Ці ґрунти характеризуються літогенно-кальцієморфним генезисом, сутність якого визначається наявністю та вмістом карбонатів кальцію у ґрунтотвірній породі. Вміст і склад карбонатів контролює та зумовлює специфіку розвитку елементарних ґрунтових процесів, які відповідно, визначають особливості формування і розвитку морфогенетичних властивостей цих ґрунтів.

Дослідження потенціалу ґрунтотворення на різних карбонатних породах у межах Західного регіону України проведено на 11 модальних ділянках, які репрезентують хроноряди різновидів рендзин на різних просторово-часових онтогенетичних стадіях ґрунтотворення та характеризуються відмінними енергетичними і термодинамічними показниками (рис. 1).

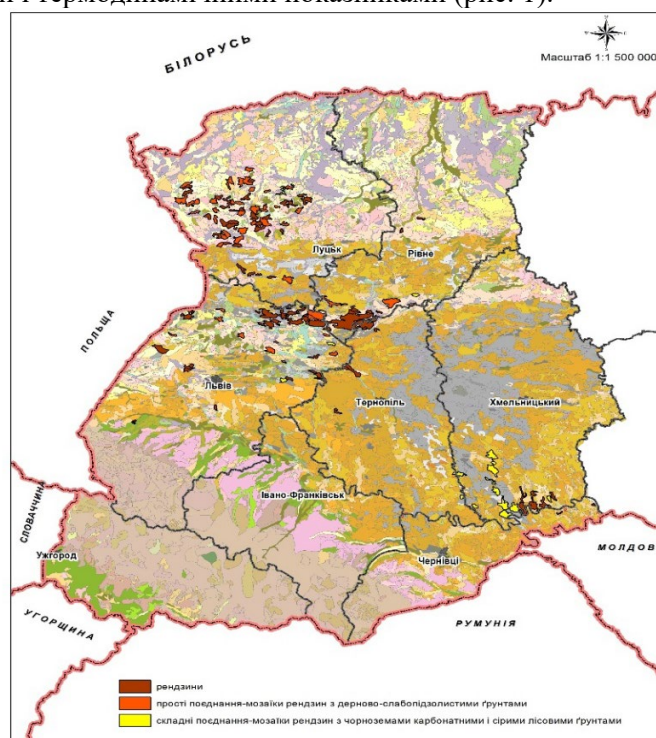


Рис. 1. Карта-схема розміщення модальних ділянок у Західному регіоні України (складена на основі карти ґрунтів Західного регіону України, 2010)

Fig. 1. Map-scheme of the location of modal sites in the Western region of Ukraine (based on the soil map of the Western region of Ukraine, 2010)

Енергетичні і термодинамічні характеристики літологічно відмінних ґрунтоутворних порід модальних ділянок (МД) обчислювали за даними валових аналізів хронорядів рендзин, які розміщені у різних географо-біолітогенних умовах Західного регіону України із використанням таких формул:

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

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

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

де U_m – енергія кристалічної ґратки (кДж/г);

U – енергія кристалічної ґратки, (кДж/моль);

M – мольна маса сполуки (г/моль); G_m – енергія Гіббса (кДж/г);

G – енергія Гіббса (кДж/моль); S_m – ентропія (кДж/г); S – (кДж/моль).

Аналіз даних енергетичних і термодинамічних показників ґрунтоутворних порід модальних ділянок Західного регіону України засвідчує, що характерною особливістю цих порід є доволі високі запаси енергії кристалічної ґратки ($U_m = 6923,12 - 17259,07$ кДж/г) та вільної енергії Гіббса ($G_m 298,15 = 1091,28 - 1336,89$ кДж/г), а також маломінливі значення ентропії ($S_m 298,15 = 65,26 - 68,69$ кДж/г град) (рис. 2).

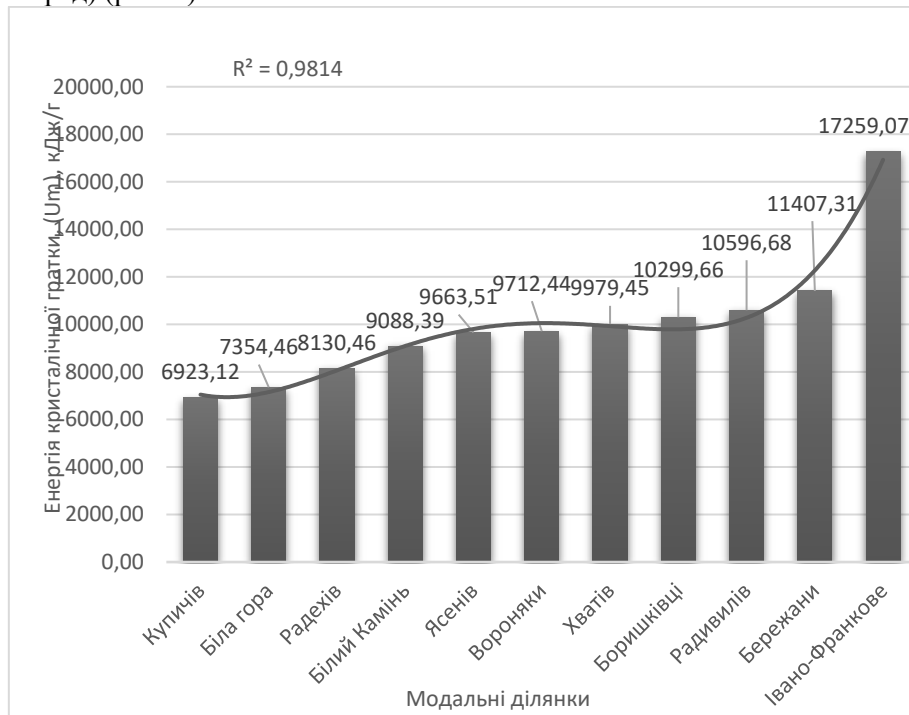


Рис. 2. Енергія кристалічної ґратки ґрунтоутворних порід Західного регіону України

Fig. 2. Crystal lattice energy of soil-forming rocks of the Western Ukrainian Region

Кількісні показники запасів внутрішньої енергії (енергія кристалічної ґратки, вільна енергія Гіббса та ентропія мінеральної частини) материнських порід використовують для оцінки їхньої здатності до ґрунтоутворення. У своїй праці Забалуєв (2003) зазначає, що гірські породи, які характеризуються меншими показниками запасів внутрішньої енергії, мають більшу реакційну спроможність і доволі сприятливі умови для біологічного освоєння, а це є передумовою інтенсивного ґрунтоутворного процесу.

У досліджуваних ґрунтоутворних породах спостерігаємо доволі значний діапазон відхилень крайніх значень енергії кристалічної ґратки (10335,95 кДж/г), меншою мірою – вільної енергії Гіббса (245,63 кДж/г), що вказує на неоднакову спроможність цих порід до ґрунтоутворення та, відповідно, на різну потенційну родючість рендзин (Кирильчук, 2019).

Комплексна оцінка термодинамічних і енергетичних характеристик запасів внутрішньої енергії досліджуваних ґрунтоутворних порід дає змогу зробити висновок, що найнижчими запасами енергії кристалічної ґратки, проте високою часткою вільної енергії Гіббса, яка може перетворюватися у роботу та найбільшою часткою безкремнеземної енергії характеризуються ґрунтоутворні породи, представлені елювієм турон-сенонських відкладів писальної крейди (МД № 1 “Купичів”). Такі показники зумовлюють більшу реакційну спроможність цих ґрунтоутворних порід, порівняно з іншими породами. Отже, на підставі термодинамічних показників здатність до інтенсивного ґрунтоутворення та сприятливість до біологічного освоєння визначається таким рядом досліджуваних порід: елювій турон-сенонських відкладів писальної крейди (K_2) > елювій турон-сенонських відкладів крейдяних мергелів (SO_2) > елювій вапняків літотамнієвих (N_1) верхнього баденію (SO_1) > елювій вапняків хомогенних (N_1) верхнього баденію (SO_1) > елювій вапняків згусткових (N_1) верхнього баденію (SO_1).

Відомо, що потенційна родючість ґрунтів обернено пропорційна запасу їхньої внутрішньої енергії, яка успадкована від материнської породи. Власне тому термодинамічні та енергетичні характеристики щільних карбонатних ґрунтоутворних порід є визначальними щодо особливостей енергетики ґрунтоутворення рендзин.

З огляду на це, надзвичайно цікавим є вивчення потенціалу ґрунтоутворення з енергетичної точки зору, зокрема запасів внутрішньої енергії (енергії кристалічної ґратки, вільної енергії Гіббса та ентропії мінеральної частини) слаборозвинутих, короткопрофільних та повнопрофільних рендзин хронорядів, які сформувалися на карбонатних породах із суттєво відмінними енергетичними потенціалами, на що вказують обчислені та проаналізовані попередньо їхні термодинамічні й енергетичні параметри.

Порівняльний аналіз енергії кристалічної ґратки (U_m , МДж/г) з величинами вільної енергії Гіббса (G_m 298,15, кДж/г) у рендзинах Західного регіону України дає змогу досліджуваним ґрунтам за вказаними параметрами поділити на три групи.

До першої групи необхідно зачислити досліджувані ґрунти, які характеризуються найнижчими значеннями енергії кристалічної ґратки (7,34–7,71 МДж/г) та вільної енергії Гіббса (1083,51–1097,88 кДж/г). До цих ґрунтів відносяться слаборозвинуті і короткопрофільні рендзини Вороняцького природного району Західно-Подільської височинної області, сформовані на елювії

турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю з низьким вмістом SiO_2 і підвищеним вмістом CaO (табл. 1).

Таблиця 1. Термодинамічні характеристики рендзин Західного регіону України

Table 1. Thermodynamic characteristics of Rendzinas of the Western Ukrainian Region

Модална ділянка	Хроноряди рендзин ¹	Енергія кристалічної ґратки, (U_m), кДж/г	Вільна енергія Гіббса, ($G_{m298,15}$), кДж/г	Ентропія, ($S_{m298,15}$), кДж/г град
1	2	3	4	5
№ 1 “Купичів”	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів писальної крейди, KB-1 (переліг)	16318,21	1305,06	68,40
№ 2 “Радехів”	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, RB-1 (рілля)	15288,57	1286,19	68,18
	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, RB-33 (рілля)	14361,18	1263,76	67,90
№ 3 “Радивилів”	Короткопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, RL-1 (рілля)	18400,03	1375,46	68,86
	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, RL-3 (рілля)	16089,75	1308,50	67,02
№ 4 “Білий Камінь”	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, BK-14 (рілля)	16477,05	1309,52	67,76
№ 5 “Хватів”	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, XB-4 (рілля)	10709,52	1172,15	67,16

1	2	3	4	5
№ 6 “Ясенів”	Антропогенно-порушена рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, ЯС-5 (переліг)	11689,19	1212,87	68,53
№ 7 “Біла гора”	Слаборозвинута рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, БГ-6 (соснове рідколісся)	7706,49	1097,88	68,05
	Короткопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, БГ-4 (переліг)	7335,52	1083,51	68,04
№ 8 “Вороняки”	Повнопрофільна рендзина на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю, ВК-1 (переліг)	10177,15	1157,10	67,38
№ 9 “Івано-Франкове”	Короткопрофільна середньовилугована рендзина на елювії згусткових вапняків верхнього баденію, ІР-2 (ліс)	19732,02	1390,14	68,06
	Повнопрофільна рендзина на елювії згусткових вапняків верхнього баденію, ІР-1 (ліс)	19111,56	1377,61	68,88
№ 10 “Бережани”	Повнопрофільна рендзина на елювії хемогенних вапняків верхнього баденію, БО-1 (сад, рілля)	13740,49	1244,06	67,35
№ 11 “Боришківці”	Повнопрофільна рендзина на елювії літотамнієвих вапняків верхнього баденію, ТБП-133 (рілля)	16018,41	1295,50	67,55

*Примітка. Хроноряди складаються з двох і/або трьох компонентів, включаючи незмінену ґрунтоутворюючу породу і рендзини різного ступеня розвинутості.

До другої групи можемо зачислити частину досліджуваних ґрунтів, що характеризуються середніми значеннями енергії кристалічної ґратки (13,74–

16,02 МДж/г) та вільної енергії Гіббса (1244,06–1295,50 кДж/г). Особливістю цієї групи є те, що вона включає здебільшого повнопрофільні рендзини, які сформувалися на літологічно неоднорідних ґрунтоутворних породах як турон-сенонських верхньокрейдових відкладів, так і неогенових відкладів верхнього баденію з відносно середнім вмістом SiO_2 та CaO . Зазначені рендзини поширені у Радехівсько-Бродівському природному районі області Малеого Полісся, Миколаївсько-Бережанському природному районі Розтоцько-Опільської горбогірної області та Вороняцькому і Збаразько-Смотрицькому природних районах Західно-Подільської височинної області (див. табл.1).

Третя група складається з короткопрофільних та повнопрофільних рендзин, які утворилися на елювії літотамнієвих вапняків верхнього баденію, а також на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю з високим вмістом SiO_2 і низьким – CaO . Рендзини групи характеризуються найвищими значеннями енергії кристалічної ґратки (16,09–19,73 МДж/г), а також вільної енергії Гіббса (1308,50–1390,14 кДж/г). Географія рендзин цієї групи охоплює Турійсько-Рожищенський природний район області Волинського Полісся, Радехівсько-Бродівський і Куликівсько-Бузький природні райони області Малеого Полісся та Немирівсько-Брюховицький природні райони Розтоцько-Опільської горбогірної області (див. табл. 1).

Здебільшого у досліджуваних рендзинах унаслідок відносно високих значень енергії кристалічної ґратки та низької частки вільної енергії, яка може перетворюватися у роботу, елементарні ґрунтові процеси зокрема, гумусоутворення, гумусонакопичення, внутріґрунтове вивітрювання, вилуговування тощо будуть мало інтенсивними. Отож формування або відтворення властивостей таких ґрунтів протікатиме повільно, тобто воно буде розтягнуто у часі.

Вважаємо, що такий сучасний стан досліджуваних ґрунтів відповідає перманентній стадії онтогенезу рендзин. До цієї онтогенетичної стадії зачислено: короткопрофільні середньвилугувані і повнопрофільні рендзини на елювії згусткових вапняків верхнього баденію (МД № 9), короткопрофільні і повнопрофільні рендзини на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю (МД № 1–4), повнопрофільні рендзини на елювії літотамнієвих вапняків верхнього баденію (МД № 11) та повнопрофільні рендзини на елювії хемогенних вапняків верхнього баденію (МД № 10).

Для порівняння параметрів термодинамічних і енергетичних характеристик ґрунтоутворних порід і ґрунтів, які на них сформувалися, зокрема рендзин, ми розробили такі коефіцієнти: зростання енергії кристалічної ґратки ($K_{\text{екг}}$), зростання вільної енергії Гіббса ($K_{\text{вег}}$) та зростання ентропії ($K_{\text{е}}$), які обчислюють як відношення значення у ґрунті до відповідного значення у ґрунтоутворній породі. Знайдені коефіцієнти засвідчили, що для рендзин, сучасний стан яких відповідає перманентній стадії онтогенезу (МД № 1–4 і № 9–11), величини коефіцієнтів становлять: $K_{\text{екг}} - 1,11-2,36$, $K_{\text{вег}} - 1,03-1,20$ і $K_{\text{е}} - 0,99-1,01$ разів (МД № 5–8). Водночас значення коефіцієнтів для рендзин, сучасний стан яких відповідає перфектній стадії онтогенезу, становлять: $K_{\text{екг}} - 1,00-1,21$, $K_{\text{вег}} - 1,00-1,09$ і $K_{\text{е}} - 0,99-1,05$ раза. Порівняльний аналіз зазначених коефіцієнтів засвідчив, що для рендзини у перманентній стадії онтогенезу характерними є вищі абсолютні величини коефіцієнтів та значно ширший їхній діапазон.

Обговорення. Розглядаючи роль гірських порід у ґрунтоутворенні й аналізуючи наявні погляди і гіпотези стосовно цієї проблеми, можна зробити такі узагальнення: 1) гірські породи є рівнозначним чинником серед інших і необхідною умовою ґрунтоутворення, впливаючи на яку жива речовина запускає механізм формування ґрунту як біокосного тіла; 2) ступінь впливу на ґрунтоутворення залежить передусім від глибини первинного перероблення ґрунтоутворної породи в попередні стадії гіпергенезу, від їхнього мінералогічного, гранулометричного і хімічного складу; 3) ґрунтоутворні породи є чинником-донором, який постачає ґрунт речовиною та енергією унаслідок розпаду кристалічних ґраток у процесі внутрішньоґрунтового вивітрювання мінералів; 4) ґрунтоутворні породи як твердофазний субстрат із тривалим характерним часом своєї зміни найповніше відображають і фіксують у своїх характеристиках ґрунтоутворні процеси останньої фази ґрунтоутворення і зберігають тривалий час реліктові ознаки минулих стадій; 5) особливістю ґрунтоутворних порід є їхня надзвичайна різноманітність, переважне спрямування процесу перетворення мінеральної частини, геохімічні властивості.

На підставі енергетичних і термодинамічних показників здатність до інтенсивного ґрунтоутворення та сприятливість до біологічного освоєння визначається таким рядом досліджуваних ґрунтоутворних порід: елювій турон-сенонських відкладів писальної крейди > елювій турон-сенонських відкладів крейдяних мергелів > елювій вапняків літотамнієвих верхнього баденію > елювій вапняків хемогенних верхнього баденію > елювій вапняків згусткових верхнього баденію.

Найвищими значеннями енергії кристалічної ґратки характеризуються короткопрофільні (19,73 МДж/г) і повнопрофільні (19,11 МДж/г) рендзини на елювії згусткових вапняків верхнього баденію, розміщених у межах модальної ділянки № 9 “Івано-Франкове”, Немирівсько-Брюховицького природного району Розтоцько-Опільської горбогірної області. Значні запаси внутрішньої енергії у цих ґрунтах зумовлені насамперед найвищими величинами енергії кристалічної ґратки ґрунтоутворних порід, на яких вони сформувалися, тобто елювію згусткових вапняків верхнього баденію. Найменші значення термодинамічних характеристик спостерігаються у слабозвинутих (7,71 МДж/г) та короткопрофільних (7,34 МДж/г) рендзинах у межах модальної ділянки “Біла гора” Вороняцького природного району Західно-Подільської височинної області, сформованих на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю. Значення енергії кристалічної ґратки у досліджуваних ґрунтах змінюється від 7,34 до 19,73 МДж/г, вільної енергії Гіббса – 1083,51–1390,14 кДж/г і ентропії – 67,02–68,88 кДж/г град.

Здебільшого досліджувані рендзини характеризуються відносно високими значеннями енергії кристалічної ґратки та низькою часткою вільної енергії Гіббса, яка може трансформуватися у роботу, власне тому елементарні ґрунтові процеси передусім такі як гумусоутворення, гумусонакопичення, внутрішньоґрунтове вивітрювання, вилуговування тощо будуть мало інтенсивними. Відповідно до зазначеного вище формування або відтворення властивостей таких ґрунтів протікатиме доволі повільно, тобто воно буде розтягнуто у часі. Ми вважаємо, що такий сучасний стан досліджуваних ґрунтів відповідає перманентній стадії онтогенезу рендзин. До цієї онтогенетичної стадії належать: короткопрофільні середньовилугувані і повнопрофільні рендзини на елювії згусткових вапняків

верхнього баденію (МД № 9), короткопрофільні і повнопрофільні рендзини на елювії турон-сенонських відкладів крейдяного мергелю (МД № 1–4), повнопрофільні рендзини на елювії літотамнієвих вапняків верхнього баденію (МД № 11) та повнопрофільні рендзини на елювії хемогенних вапняків верхнього баденію (МД № 10). Зазначимо, що серед перелічених рендзин абсолютну більшість становлять повнопрофільні рендзини, приурочені до плоско-хвилястих зандрових і денудаційних рівнин, окрім рендзин горбистих пасом Розточчя і Подільських Товтр.

Загалом значна варіабельність запасів внутрішньої енергії зумовлена насамперед впливом певних відмінностей літологічних і геохімічних характеристик карбонатних ґрунтоутворних порід, на яких сформувалися досліджувані рендзини, абсолютним і відносним часом ґрунтоутворення, тривалістю та інтенсивністю агротехногенного навантаження, а також особливостями формуванням актуальних онтогенетичних стадій розвитку цих ґрунтів.

Перспективами подальших досліджень потенціалу ґрунтоутворення є створення і наповнення ґрунтово-інформаційної бази даних для Західного регіону України, а згодом і всієї України показниками термодинамічних й енергетичних характеристик (енергія кристалічної ґратки, вільна енергія Гіббса та ентропія) передусім найпоширеніших ґрунтоутворних порід і модальних типів ґрунтів. Це дозволить враховувати особливості формування різних видів енергетичних витрат і енергетичного балансу при ґрунтоутворенні, перевести у кількісні параметри ступінь розвитку елементарних ґрунтоутворних процесів, зокрема внутрішньоґрунтового вивітрювання, вилуговування, декальцинації тощо, кількісно оцінювати напрям і характер розвитку деградаційних процесів унаслідок інтенсивного антропогенного навантаження, цифровізувати діагностику та класифікацію сучасних ґрунтів. Отже подальші дослідження сприятимуть науково обґрунтованому вирішенню однієї із найважливіших проблем сучасного ґрунтознавства, оптимізації рівня управління безпекою ґрунтів та відтворення їхньої потенційної родючості.

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- Гарбар В. В. Енергетичні та термодинамічні характеристики ґрунтоутворних порід та рендзин Подільських товтр // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. 2018. Т. 23, вип. 1. С. 84–92.
- Голубець М. А. Актуальні питання сучасного ґрунтознавства // Ґрунтознавство. 2008. Т. 9. № 1–2. С. 9–18.
- Єрґіна О. І. Енергетичні та термодинамічні характеристики ґрунтів та ґрунтоутворювальних субстратів Кримського півострова // Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2013. Вип. 41. С. 132–139.
- Забалуєв В. О. Енергетичні і термодинамічні характеристики гірських порід як показники їх здатності до ґрунтоутворення // Екологія і природокористування. 2003. Вип. 6. С. 92–95.
- Кирильчук А. А., Позняк С. П. Дерново-карбонатні ґрунти (рендзини) Малоого Полісся. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2004. 180 с.
- Кирильчук А. А. Онтогенез і географія рендзин Західного регіону України : монографія. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2019. 446 с.

- Кирильчук А. А. Сучасні підходи до проблеми оцінки потенціалу ґрунтоутворення // Вісн. Львів. ун-ту. Львів, 2014. С. 159–165. (Серія географічна; вип. 45).
- Папіш І. Я., Позняк С. П. Ґрунтово-географічне районування Західного регіону України [карта] // Український журнал. 2012. С. 23–32.
- Підкова О. М., Кіт М. Г. Літолого-генетична зумовленість формування ґрунтового покриву Розточчя. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. 246 с.
- Позняк С. П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів. Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 270 с.
- Позняк С. П., Красеха Є. Н., Кіт М. Г. Картографування ґрунтового покриву : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2003. 500 с.
- Тихоненко Д. Г. Елементарні ґрунтові процеси (ЕПП) при акумулятивному ґрунтоутворенні // Вісник ХНАУ Ґрунтознавство. 2011. № 1. С. 18–22.
- Чешко Н. Ф., Цапко Ю. Л. Термодинамічний підхід до оцінки значності окремих фізико-хімічних процесів для функціонування буферних властивостей ґрунтів // Біологічні системи. Т. 4. Вип. 2. 2012. С. 224–227.
- Duchaufour Ph. Pedologie. Pédogenese et classification. Paris : Masson, 1983. 348 p.
- Jenny H. Derivation of state equations of soil and ecosystems // Soil Science. Soc. Am. Proc. 1961. Vol. 25. P. 385–388.
- Kyrylchuk A. Features of ontogenesis and geography of rendzic leptosols in the western Ukrainian region Visnyk of the Lviv University. Series Geography DOI: 10.30970/vgg.2017.51.8854
- Kyrylchuk A., Poznyak S. Pedogenic process on eluvium-diluvium solid carbonate rocks // Polish journal of Soil Science. 2013. Vol. XLVI. № 2. P. 141–148.
- Harbar V. V., Poznyak S. P. Genesis and properties of rendzinas of the Podilski Tovtry. // Polish Journal of Soil Science. Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland., 2015, Vol. 48., № 2. P. 229–240.
- World Reference Base for Soil Resources (WRB). Update date: 19.11.2024 URL : <https://www.isric.org/explore/wrb> .

REFERENCES

- Harbar V. V. Enerhetychni ta termodynamichni kharakterystyky ґрунтоутворення порід та рендзин Подільських товтр // Visnyk ONU. Ser.: Heohrafichni ta heolohichni nauky. 2018. Т. 23, вип. 1. С. 84–92. (In Ukrainian)
- Holubets M. A. 2008. Aktualni pytannia suchasnoho ґрунтознавства // Ґрунтознавство. Т. 9. № 1–2. С. 9–18. (In Ukrainian)
- Yerhina O. I. Enerhetychni ta termodynamichni kharakterystyky ґрунтів та ґрунтоутворення субстратів Кримського півострова, 2013 // Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya heohrafichna. 2013. Vyp. 41. С. 132–139. (In Ukrainian)
- Zabaluiev V. O. 2003. Enerhetychni i termodynamichni kharakterystyky hirs'kykh porid yak pokaznyky yikh zdatnosti do ґрунтоутворення // Ekolohiia i pryrodokorystuvannia. Vyp. 6. С. 92–95. (In Ukrainian)
- Kyrylchuk, A. A., Pozniak, S. P., 2004. Dornovo-karbonatni ґрунты (rendzyny) Maloho Polissia. [Sod-carbonate soils (rendzina) of Maly Polissya]. Lviv: VC LNU imeni Ivana Franka. (In Ukrainian).
- Kyrylchuk, A. A., 2019. Ontohenez i heohrafiia rendzyn Zakhidnoho rehionu Ukrainy: monohrafiia. Lviv: VC LNU imeni Ivana Franka. (In Ukrainian).

- Kyrylchuk A. A., 2014. Suchasni pidkhody do problemy otsinky potentsialu gruntotvorennia // Visn. Lviv. un-tu. Lviv. S. 159–165. (Seriia heohrafichna; vyp. 45). (In Ukrainian)
- Papish I. Ya., Pozniak S. P., 2012. Gruntovo-heohrafichne raionuvannia Zakhidnoho rehionu Ukrainy [karta] // Ukrainskyi zhurnal. S. 23–32. (In Ukrainian)
- Pidkova O. M., Kit M. G., 2010. Litologo-genetychna zumovlenist formuvanya gruntovogo pokryvu Roztochia, Vyd. tsestr Lvivs'kogo natsional'nogo uniwersytetu im. Ivana Franka, Lviv, p.15-48. (In Ukrainian)
- Pozniak S. P., 2010. Gruntoznavstvo i heohrafiia gruntiv. Lviv : VTs LNU imeni Ivana Franka, 2010. 270 s. (In Ukrainian)
- Pozniak S. P., Krasiekha Ye. N., Kit M. H., 2003. Kartohrafuvannia gruntovoho pokryvu : navch. posibnyk. Lviv : LNU imeni Ivana Franka. 500 s. (In Ukrainian)
- Tykhonenko D. H., 2011. Elementarni gruntovi protsesy (EHP) pry akumuliatyvnomu gruntotvorenni // Visnyk KhNAU Gruntoznavstvo. № 1. S. 18–22.
- Cheshko N. F., Tsapko Yu. L. Termodynamichni pidkhid do otsinky znachnosti okremykh fizyko-khimichnykh protsesiv dlia funktsionuvannia bufernykh vlastyvostei gruntiv // Biolohichni systemy. T. 4. Vyp. 2. 2012. S. 224–227.
- Duchaufour Ph., 1983. Pedologie. Pédogenese et classification. Paris : Masson. 348 p.
- Jenny H., 1961. Derivation of state equations of soil and ecosystems. // Soil Science. Soc. Am. Proc. Vol. 25. P. 385–388.
- Kyrylchuk A. Features of ontogenesis and geography of rendzic leptosols in the western Ukrainian region Visnyk of the Lviv University. Series Geography DOI: 10.30970/vgg.2017.51.8854
- Kyrylchuk A., Poznyak S. 2013. Pedogenic process on eluvium-diluvium solid carbonate rocks // Polish journal of Soil Science. Vol. XLVI. № 2. P. 141–148.
- Harbar V. V., Poznyak S. P. Genesis and properties of rendzinas of the Podilski Tovtry. // Polish Journal of Soil Science. Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland., 2015, Vol. 48., № 2. P. 229–240.
- World Reference Base for Soil Resources (WRB), 2012. Update date: 19.11.2024. URL : <https://www.isric.org/explore/wrb> .