

УДК 631.417.1/2:574.46 (477.43/44)

МИЦЬ Б.В., аспірант

Науковий керівник – КОНЩУК В.В., канд. біол. наук

Інститут агроекології і природокористування НААН

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ҐРУНТІВ ЛІСОВИХ І СТЕПОВИХ ЕКОСИСТЕМ ПОДІЛЬСЬКИХ ТОВТР

На підставі хімічного аналізу відібраних зразків ґрунту на вміст органічного вуглецю та гумусу за двома різними верифікованими методиками визначено енергетичні потенціали ґрунтів лісової (дослідна ділянка с. Залізці) та степової (дослідна ділянка м. Скалат) екосистем Збараського сегменту Подільських Товтр. Виявлено залежність між співвідношеннями біомаси наземної і підземної частин в них.

Ключові слова: Подільські Товтри, екосистема, ґрунт, органічний вуглець, гумус, енергозапас, енергетична ємність, енергетичний потенціал.

Енергія відіграє ключову роль у формуванні та розвитку лісових і степових екосистем, виступає як рушійна сила сукцесії [5, 6, 11].

Показники енергії, які Г. Одум та Е. Одум вдало називають «екологічною валютою» [10], можуть бути мірилом ефективності функціонування екосистем загалом та дають можливість кількісно оцінювати біологічні процеси у фізичних одиницях, що потрібно для визначення рентабельності господарської діяльності, підвищення якісного рівня екологічних експертиз та моделювання антропогенно-змінених екосистем [5, 7].

Важливим компонентом екосистем є ґрунт, який має високу енергетичну ємність і завдяки цьому здатний забезпечувати стабілізацію екосистем. Встановлено, що чим менше поглинається енергії біотичною складовою екосистем – рослинністю, тим більше її акумулюється в ґрунті, зокрема в гумусі. Енергія гумусу – це не весь енергетичний запас ґрунту, а лише та його частина, яка включається в подальші процеси трансформації органічної речовини, проте саме вона відіграє ключову роль у функціонуванні екосистем [7]. Основний енергетичний потенціал у степових екосистемах накопичується в підземному блоці (ґрунт і підземна частина рослин), а екосистеми функціонують таким чином, щоб поповнювати ці витрати [5].

Вивчення енергетичного потенціалу ґрунтів безумовно має важливе значення і виводить дані дослідження на вищий рівень – рівень енергетичного балансу екосистем загалом.

Матеріали та методика досліджень. Вихідним матеріалом для відповідних розрахунків послужили показники процентного вмісту органічного вуглецю (ДСТУ 4289:2004) та гумусу (за Тюрніним в модифікації ЦИНАО – ГОСТ 26213-84) лісової (дослідна ділянка с. Залізці) і степової (дослідна ділянка м. Скалат) екосистем Збараського сегменту Подільських Товтр, які було виконано в лабораторії Інституту агроекології і природокористування НААН.

Дослідна ділянка (ДД) м. Скалат

Товтрове пасмо складається з 2 горбів й улоговини між ними. Розріз закладений на схилі одного з них пд.-сх. експозиції, стрімкістю до 45°. На поверхні горба часто трапляються великі брили вапняків (чим вище, тим більші брили). Багато поперечних знижень глибиною до 0,5 м. Рослинність степова у висохлому стані. Трапляються кущі глоду, калини. Склад трав'яної рослинності: ковила, типчак, тимофіївка, фіалка шершава, шавлія, суховершки, герань лучна. Густина травостою – 95 %. Трави густі, високі – 0,5-0,6 м. Від HCl закипає каміння та ґрунт. Глибина розрізу 133 см. Будова профілю: $Hdk_{0-10} + Hk_{10-45} + Hrk_{45-82} + Hrk_{82-133}$. Ґрунт – чорнозем карбонатний легкосуглиннистий на облесованому елювію вапняків.

Дослідна ділянка (ДД) с. Залізці

Товтрове пасмо, г. Гостра. Схил гори – спади́стий (5-7°), ускладнений окремими плоскими западинами та рівчаками глибиною 0,5-0,6 м, які простягаються поперечно або навкоси й утворені тимчасовими місцевими потоками. Вкритий він широколистяним лісом, домінує – граб (субдомінанти: дуб, клен). Діаметр стовбура дерев 20-40 см, між ними молодняк або підріст від 5 до 15 см. В чагарниковому ярусі трапляється ліщина, липа, клен. Поверхня ґрунту вкрита здебільшого різнотрав'ям. Ступінь трав'яного покриття поверхні 50-60 %. В його складі домінує барвінок малий. Рідше трапляється копитняк європейський, герань Роберта, папороть та ін. Поверхня вкрита тонким шаром (до 1 см) свіжого опалого листя. На ділянках не вкритих листям наявна присипка SiO₂. Ґрунт і включене каміння від HCl не закипає. Глибина розрізу 55 см.

Будова профілю: $Н_{0-1} + Н_{ЕZ_{1-12}} + Н_{e_{12-31}} + Н_{Iq_{31-55}}$. Грунт – дерново-карбонатний опідзолений супіщано-легкосуглиннистий на елювії вапняків [9].

Існує багато підходів до визначення енергетичного потенціалу ґрунтів. Використана методика не передбачає врахування біотичної складової екосистем – підземних живих організмів [1, 3, 8]. Підстилка й опад в даних типах ґрунту здебільшого слабзорозкладені з низьким вмістом гумусу (переважно грубого [4]), тому вони не досліджувались.

З метою запобігання помилок у розрахунках застосовано верифікацію методів, суть якої полягає в тому, що будь-які операції, підрахунки здійснюються двома різними методами, котрі ґрунтуються на різних вихідних матеріалах, а отримані результати порівнюються. У разі їх подібності (в екологічних розрахунках йдеться про подібність на рівні порядку) можна обрати один із результатів або середнє між ними, у випадку суттєвої розбіжності слід з'ясувати її причину і усунути [7].

Перший підхід полягає у визначенні енергетичного потенціалу ґрунтів у розрізі їх генетичних горизонтів на основі показників запасу та процентного вмісту гумусу в них.

Енергозапас гумусу визначено за формулою:

$$E_h = H * Q,$$

де H – запас гумусу в ґрунті (т/га);

Q – питомий енергетичний потенціал гумусу – 23045 МДж/га [6].

Для оцінки характеру концентрації енергії в ґрунтах, визначено запас гумусу кожного ґрунтового горизонту за формулою:

$$H = K * V * h,$$

де K – показник об'ємної маси ґрунту: для чорнозему (ДД м. Скалат) – 1,4 г/см³, для дерново-підзолистого (ДД с. Залізці) – 1,4 г/см³ (верхні горизонти) і 1,6 г/см³ (нижній ілювіальний горизонт) [4];

V – розглянутий об'єм генетичного горизонту (1 м² на глибину генетичного горизонту);

h – вміст гумусу (%) [5].

Враховуючи відповідні поправки на кам'янистість та гранулометричний склад шляхом введення відповідних коефіцієнтів [1, 2], визначено енергетичний потенціал ґрунту (табл. 1, 2) за формулою:

$$E = E_c * K_k * K_m,$$

де E – енергетичний потенціал ґрунту;

E_c – енергозапас гумусу певного типу ґрунту;

K_k – коефіцієнт поправки на кам'янистість;

K_m – коефіцієнт поправки на механічний склад.

Таблиця 1 – Коефіцієнт поправки енергетичного потенціалу ґрунту залежно від його гранулометричного складу

Класифікація за гранулометричним складом	Коефіцієнт поправки
Середньосуглинністі	1,25
Легкосуглинністі	1,22
Супіщані	1,00
Глинисто-піщані	0,92
Піщані	0,84

Таблиця 2 – Коефіцієнт поправки енергетичного потенціалу ґрунту залежно від вмісту кам'янистої фракції

Ступінь кам'янистості	Коефіцієнт поправки
Слабокам'янисті	0,8
Середньокам'янисті	0,5
Сильнокам'янисті	0,3

Другий підхід полягає в обчисленні енергетичного потенціалу ґрунтів у розрізі їх генетичних горизонтів за процентним вмістом органічного вуглецю. Спочатку визначено енергетичну смність ґрунту в 1 см³:

$$E_v = 8,917 * C,$$

де E_v – енергоємність (ккал/см³);

C – вміст органічного вуглецю в ґрунті [5].

Енергетичний потенціал визначено за формулою:

$$E = E_v * V,$$

де E — енергетичний потенціал ґрунту;

V – розглянутий об'єм генетичного горизонту (1 м² на глибину генетичного горизонту).

Результати досліджень та їх обговорення. За період вересень-жовтень 2010 р. були здійснені експедиційні виїзди до Збараського сегменту Подільських Товтр в с. Залізці та м. Скалат, де було закладено ґрунтові розрізи на попередньо визначених дослідних ділянках та відібрано зразки ґрунту для хімічного аналізу.

Показники вмісту органічного вуглецю і гумусу ґрунтів дослідних ділянок наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Показники хімічного аналізу ґрунтів ДД

Біоценоз	ДД і ґрунт	Генетичний горизонт; глибина, см	Глибина відбору зразка, см	Вміст органічного вуглецю (C), %	Вміст гумусу (h), %
Степ	м. Скалат, чорнозем карбонатний легкосуглиннистий на облесованому елювію вапняків	Hk 10-45	12-22	3,39	6,46
		Hpk 45-82	45-55	2,07	3,88
		HPk 82-133	85-95	1,38	2,63
Ліс	с. Залізці, дерново-карбонатний опідзолений супіщано-легкосуглиннистий на елювію вапняків	HEz 1-12	1-11	2,10	3,53
		He 12-31	15-25	1,38	2,60
		HIq 31-55	31-41	0,72	1,31

Як видно з даних таблиці, вміст органічного вуглецю в чорноземах карбонатних (стєпова ДД) по профілю змінюється від 3,39 % у верхньому горизонті до 1,38 % у нижньому перехідному, а в дерново-карбонатних опідзолених (лісова ДД) – від 2,10 до 0,72 %, а вміст гумусу – відповідно від 6,46 до 2,63 % і від 3,53 до 1,31 %. Це свідчить про те, що в степових умовах формуються багатші ґрунти.

Згідно з методикою визначено запас гумусу (табл. 4).

Таблиця 4 – Запаси гумусу в ґрунтах ДД

Біоценоз	ДД і ґрунт	Генетичний горизонт; глибина, см	Об'ємна маса (K), кг/м ³	Розглянутий об'єм генетичного горизонту (V), м ³	Вміст гумусу (h), %	Запас гумусу (H), кг/м ²
Степ	м. Скалат, чорнозем карбонатний легкосуглиннистий на облесованому елювію вапняків	Hk 10-45	1400	0,35	6,46	31,65
		Hpk 45-82	1400	0,37	3,88	20,10
		HPk 82-133	1400	0,51	2,63	18,78
		Загалом (в товщі – 133 см)				
Ліс	с. Залізці, дерново-карбонатний опідзолений супіщано-легкосуглиннистий на елювію вапняків	HEz 1-12	1400	0,12	3,53	5,93
		He 12-31	1400	0,19	2,60	6,89
		HIq 31-55	1600	0,24	1,31	5,03
		Загалом (в товщі – 55 см)				

На підставі запасу гумусу визначено енергозапас гумусу. Оскільки досліджувані ґрунти неоднакові за гранулометричним складом, то для розрахунку використано відповідні до нього

коефіцієнти: для легкосуглинистих – 1,22, супіщаних – 1, а також для слабокам'янистих – 0,8, середньокам'янистих – 0,5. Враховуючи ці поправки, визначено енергетичний потенціал ґрунтів у розрізі генетичних горизонтів та загалом (табл. 5).

Таблиця 5 – Енергетичний потенціал ґрунтів ДД (за вмістом гумусу)

Біоценоз	ДД і ґрунт	Генетичний горизонт; глибина, см	Питомий енергетичний потенціал гумусу (Q), МДж/га	Запас гумусу (H), т/га	Енергозапас гумусу (E _h), МДж/га	Енергетичний потенціал ґрунту (E), МДж/га
1	2	3	4	5	6	7
Степ	м. Скалат, чорнозем карбонатний легкосуглин-нистий на облесованому елювію вапняків	Нк 10-45	23045	316,5	7293743	4449183
		Нрк 45-82	23045	201,0	4632045	2825548
		Нрк 82-133	23045	187,8	4327851	2639989

Продовження табл. 5

1	2	3		4	5	6
		Загалом (в товщі – 133 см)		705,3	16253639	9914720
Ліс	с. Залізці, дерново-карбонатний опідзолений супіщано-легкосуглиннистий на елювію вапняків	HEz 1-12	23045	59,3	1366569	1093255
		He 12-31	23045	68,9	1587801	968559
		HIq 31-55	23045	50,3	1159164	707090
		Загалом (в товщі – 55 см)		178,5	4113534	2768904

Для верифікації цих даних визначено енергетичний потенціал ґрунтів за іншою методикою – через вміст органічного вуглецю (табл. 6).

Таблиця 6 – Енергетичний потенціал ґрунтів ДД (за вмістом органічного вуглецю)

Біоценоз	ДД і ґрунт	Генетичний горизонт; глибина, см	Енергосміність (E _v) (ккал/см ³)	Енергетичний потенціал (E) (ккал/м ²)	Енергетичний потенціал (E) МДж/га
Степ	м. Скалат, чорнозем карбонатний легкосуглиннистий на облесованому елювію вапняків	Нк 10-45	0,30229	105800	4429634
		Нрк 45-82	0,18458	68295	2859375
		Нрк 82-133	0,12306	62761	2627678
		загалом	0,20331	236856	9916687
Ліс	с. Залізці, дерново-карбонатний опідзолений супіщано-легкосуглиннистий на елювію вапняків	HEz 1-12	0,18726	22471	940816
		He 12-31	0,12305	23380	978873
		HIq 31-55	0,06420	15409	645144
		загалом	0,12484	61260	2564833

Отримані за цією методикою показники енергетичного потенціалу загалом подібні (в екологічних розрахунках йдеться про подібність на рівні порядку) до даних, отриманих на підставі розрахунку енергетичного потенціалу через вміст гумусу, тому визначено середні їх значення (табл. 7).

Таблиця 7 – Порівняння енергетичного потенціалу ґрунтів за двома методиками

Біоценоз	ДД і ґрунт	Генетичний горизонт; глибина, см	Енергетичний потенціал (E) за вмістом гумусу, МДж/га	Енергетичний потенціал (E) за вмістом органічного вуглецю, МДж/га	Середнє значення
Степ	м. Скалат, чорнозем карбонатний	Нк 10-45	4449183	4429634	4439409

	легкосуглинистий на облесованому елювію вапняків	Hpk 45-82	2825548	2859375	2842462
		HPk 82-133	2639989	2627678	2633833
		Загалом	9914720	9916687	9915704
Ліс	с. Залізці, дерново-карбонатний опідзолений супіщано- легкосуглинистий на елювії вапняків	HEz 1-12	1093255	940816	1017036
		He 12-31	968559	978873	973716
		HIq 31-55	707090	645144	676117
		Загалом	2768904	2564833	2666869

Висновки. Грунтові розрізи було закладено в різних типах екосистем Збараського сегменту Подільських Товтр, який характеризується однаковими природними умовами.

На ДД м. Скалат сформувались чорноземи глибокогумусовані. Вміст гумусу в профілі яких змінюється від 6,46 % у гумусовому горизонті до 2,63 % у нижньому перехідному, а загальні запаси гумусу складають 705,3 т/га. Тому в них акумулюється значна кількість енергії.

На ДД с. Залізці під широколистяними грабовими лісами сформувалися дерново-карбонатні опідзолені ґрунти з вмістом гумусу в профілі від 3,53 до 1,31 % і його загальними запасами 178,5 т/га.

Відповідно енергетична ємність ґрунтів лісових екосистем становить 64-187 кал/см³ (268-783 Дж/см³), а степових – 123-302 кал/см³ (515-1264 Дж/см³) і залежить від співвідношення біомаси наземної і підземної частини органічної речовини.

В лісових екосистемах, де більша кількість біомаси в наземній частині та менша в підземній (судячи за вмістом гумусу і глибиною профілю) в ґрунті накопичується значно менше енергії. Тому енергетичний потенціал ґрунту загалом у степових екосистемах (9915704 МДж/га) значно перевищує такий в лісових (2666869 МДж/га).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии / Б.В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.
2. Гаврилюк В.М. Бонитировка почв / В.М. Гаврилюк. – М.: Высш. шк., 1973. – 265 с.
3. Груздева Л. Почвоведение с основами геоботаники / Л. Груздева, А. Яскин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 448 с.
4. Грунтознавство з основами геології / О.Ф. Гнатенко, М.В. Капштик, Л.Р. Петренко, С.В. Вітвицький. – К.: Оранта, 2005. – С. 250, 287.
5. Дідух Я.П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем / Я.П. Дідух // Укр. ботан. журн. – 2005. – Т. 62, №4. – С. 455-467.
6. Дідух Я.П. Оцінка енергетичного потенціалу екотопів залежно від ступеня їх гемеробії (на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу) / Я.П. Дідух, І.В. Хом'як // Укр. ботан. журн. – 2007. – Т. 64, №1. – С. 62-77.
7. Дідух Я.П. Порівняльна оцінка енергетичних запасів екосистем України / Я.П. Дідух, І.В. Хом'як // Укр. ботан. журн. – 2007. – Т. 64, №2. – С. 177-192.
8. Каркуцієв Г.М. Енергетика різних типів екосистем / Г.М. Каркуцієв // Укр. фітоцен. зб., – 2003. – Сер С, №1 (20). – С. 44-53.
9. Миць Б.В. Визначення типів ґрунтів за морфологічними ознаками у лісових і степових екосистемах Подільських Товтр / Б.В. Миць // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Лісівництво та декоративне садівництво. – К., 2011. – Вип. 164. Ч. 1. – С. 125-130.
10. Одум Г. Енергетический базис человека и природы / Г. Одум, Э. Одум. – М.: Прогресс, 1978. – 379 с.
11. Одум Ю. Экология: в 2 т. Т. 1 / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – 376 с.

Енергетический потенциал почв лесных и степных экосистем Подольских Товтр

Б.В. Мышь

На основании химического анализа отобранных образцов почвы на содержание органического углерода и гумуса по двум разным верифицированным методикам вычислено энергетические потенциалы почв лесной (опытный участок с. Залізці) и степной (опытный участок г. Скалат) экосистем Збаразского сегмента Подольских Товтр. Обнаружена зависимость между соотношениями биомассы наземной и подземной частей в них.

Ключевые слова: Подольские Товтры, экосистема, почва, органический углерод, гумус, энергозапас, энергетическая емкость, энергетический потенциал.

The energy potential of soils of forest and steppe ecosystems of Podilski Tovtry

B. Myś

On the basis of chemical analysis of soil samples on the contents of organic carbon and humus by two different methods calculated the energy potential of soils of forest (research area v. Zalitzsi) and steppe (research area c. Skalat) ecosystems of Zbarazh segment of Podilski Tovtry. Discovered dependence between aboveground and underground the biomass parts in them.

Key words: Podilski Tovtry, ecosystem, organic carbon, humus, energy reserves, energy capacity, energy potential.