

УДК 630\*11:630\*114.33

**С. П. РАСПОПІНА \***  
**ЕНЕРГОЄМНІСТЬ БЛОКУ „ПІДСТИЛКА – ҐРУНТ”**  
**У РІЗНИХ ТИПАХ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВ**

*Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

Наведено результати досліджень щодо вивчення енергоємності блоку „підстилка-ґрунт” екосистем соснового та дубового лісів. Показано, що основна частина енергії блоку зосереджена у ґрунтах.

**К л ю ч о в і с л о в а :** енергоємність, вуглець, гумус, біологічний кругообіг речовин, продуктивність лісів.

Проблема обміну енергії та речовин між оболонками літосфери у зв'язку з підсиленням антропогенним тиском є особливо актуальною, тому повною мірою слід урахувати усі складові енергетичного балансу Землі. Участь ґрунтів у процесі передання акумульованої сонячної енергії та речовин атмосфери у надра Землі вивчено недостатньо, хоча реальність цієї участі не викликає сумнівів. Безумовно, особливе значення має зв'язування ґрунтово-рослинним покривом діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) з його наступною акумуляцією, трансформацією в органічні сполуки, витрачанням осадовою оболонкою, чим досягається підтримання геологічної активності планети. У разі неефективного функціонування механізму винесення та закріплення глибинної вуглекислоти та при „ограниченном подвижном резерве углерода в равновесной системе атмосфера – океан – биосфера карбонатакопление и жизнь должны были геологически мгновенно исчерпать свои ресурсы [10].

Ґрунти виконують загальнопланетарну роль акумулятора органічної речовини та енергії, що у ній зосереджена, тим самим підтримуючи сталість біосфери. Гумусові речовини, що накопичуються у ґрунтах упродовж дуже тривалого періоду, є таким самим природним ресурсом, як і інші органічні джерела енергії Землі [2, 4, 9]. Так, рослинні залишки, потрапляючи до ґрунту, привносять у нього приблизно 17 – 21 кДж енергії на 1 г сухої речовини, а синтезовані специфічні ґрунтові високомолекулярні продукти – гумусові речовини, залежно від їх якісного складу – від 18 до 22 кДж на 1 г гумінової кислоти та 19 кДж – фульвокислоти [9]. Ґрунти, що містять у середньому 4 – 6 % органічної речовини із середніми запасами гумусу 200 – 400 т/га, накопичують на 1 гектарі стільки енергії, скільки дають 20 – 30 т антрациту. Підкреслюючи важливість гумусу у процесі депонування органічної речовини та енергії, В. А. Ковда запропонував вважати гумусовий шар ґрунтів планети особливою енергетичною оболонкою – гумусосферою. Отже, гумус є потужним резервуаром потенційної енергії ґрунтів, тому його вміст (запаси) все частіше використовуються при загальному оцінюванні екологічного (енергетичного) потенціалу ґрунтів, а також загалом будь-яких біогеоценозів, насамперед фітоценозів [1 – 6, 10 – 12].

Нами на основі показників вмісту органічного вуглецю у блоці „підстилка – ґрунт” було досліджено екологічний потенціал найпоширеніших і найпродуктивніших типів лісорослинних умов Слобожанського лісорослинного району – свіжого груду (D<sub>2</sub>-яс-лД) та свіжого субору (B<sub>2</sub>-дС) [8]. Запаси енергії, зосередженої у лісових підстилках, розраховували у джоулях на 1 га, запаси енергії гумусових речовин – у джоулях на 1 га ґрунту для верхніх гумусових шарів 5 і 10 см, а також їх сумарний запас у шарі 15 см визначали за методикою Д. С. Орлова, Л. А. Гришиної [7].

Було встановлено, що середній вміст вуглецю лісових підстилок є достатньо подібним (при доволі стабільному коефіцієнті варіації значень 9 – 10 %), незважаючи на те, що ці підстилки сформовані опадом різних деревних порід та у різних типах лісорослинних умов. Так, підстилки суборових умов, складених сосновим опадом, містять 30 % вуглецю, а в умовах груду, підстилки якого формуються під впливом ясеневодубових лісостанів, –

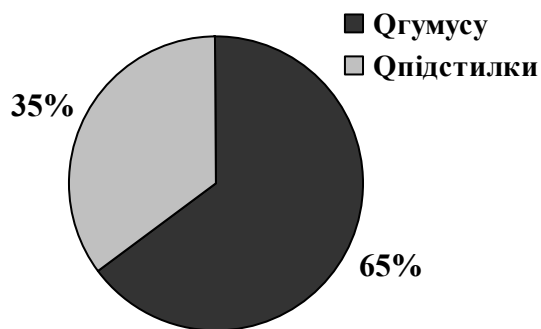
\* С. П. Распопина, 2008

29,5 %. До того ж, у різних типах лісу умов груду – кленово-липової діброви та ясеневоліпової – вміст вуглецю у підстилках є також практично подібним – 28 – 29,5 %.

Проте, при подібності вмісту вуглецю, його запаси у різних типах лісорослинних умов суттєво відрізняються, що пов'язане із значними відмінностями у процесах трансформації фітодетриту. Так, запаси підстилок соснового лісу, а відповідно й запаси органічного вуглецю, у середньому у три рази вищі, ніж дубового. Енергоємність підстилок, що прямолінійно пов'язана із запасами вуглецю, також є вищою у сосновому лісі та сягає від 234 до 640 ГДж потенційної енергії на одному гектарі при середній величині 441 ГДж. Для дубового лісу ці показники зменшуються відповідно до 79 – 211 ГДж, а середнє значення – до 123 ГДж.

Трансформація лісових підстилок супроводжується поступовою мінералізацією органічного вуглецю з його подальшим уключенням у різноманітні ґрунтові процеси, найважливішим із яких є синтез гумусових речовин. Гумус – основне сховище енергії органічної речовини ґрунтів. Так, дернові опідзолені ґрунти на давньоалювіальних пісках, на яких переважно формуються соснові ліси Слобожанського лісорослинного району, у верхньому 15-сантиметровому шарі накопичують від 381 до 1291 ГДж/га. Це значно більше, ніж у лісових підстилках, незважаючи на дуже низьку здатність дернових ґрунтів до гумусонакопичення, унаслідок їх піщаного гранулометричного складу.

Загалом же у блоці „підстилка – ґрунт” соснового лісу зберігається у середньому 1252 ГДж потенційної енергії, переважна частина якої зосереджена у ґрунтах, зокрема – гумусовій частині (810 ГДж), решта (441 ГДж) припадають на органічну речовину лісових підстилок (рис. 1).

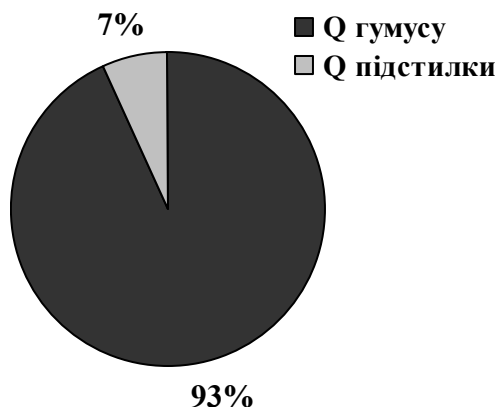


**Рис. 1 – Розподіл енергії (Q) у блоці „підстилка - ґрунт” соснового лісу**

Енергоємність темно-сірих лісових ґрунтів на лесах, до яких приурочені дубові ліси Слобожанського лісорослинного району, значно вища за ґрунти соснових насаджень. Так, на одному гектарі темно-сірих ґрунтів у 15-сантиметровому шарі гумусової речовини утримуються близько 1600 ГДж потенційної енергії. Цілком зрозуміло, що набагато вища за вмістом колоїдна фракція глинистих темно-сірих ґрунтів, порівняно з піщаними, яка до того ж насичена основами, зокрема кальцієм, характеризується також більшою здатністю до абсорбції та незворотного утримання гумусових речовин. В умовах помірно континентального клімату Лівобережного Лісостепу збільшенню гумусових речовин у темно-сірих лісових ґрунтах також сприяє швидке (практично впродовж року) розкладання ґрунтовою мікрофлорою „м'якого” високозольного опаду широколистяних лісів.

Таким чином, завдяки інтенсивному кругообігу речовин у екосистемі дубового лісу, для синтезу гумусових сполук не існує дефіциту органічної речовини, а мінералогічний і гранулометричний склад темно-сірих ґрунтів забезпечують оптимальні умови утворення та накопичення гумусу. Все це виявляється у значному підвищенні частки ґрунтів у загальному енергетичному запасі блоку „підстилка – ґрунт” дубових лісів – до 93, соснових – 65 % при відповідному зменшенні частки підстилок до 7 і 35 % відповідно (рис. 1, 2). Так, частина потенційної енергії едафотопу дубових лісів, що зосереджена у підстилках, варіює у межах

від 78,5 до 210,5 ГДж на одному гектарі при середній величині 123 ГДж, що майже у чотири рази менше, ніж у соснових лісах.



**Рис. 2 – Розподіл енергії (Q) у блоці „підстилка – ґрунт” дубового лісу**

Таким чином, незважаючи на різниці у кількісному розподілі запасів енергії у едафотобах соснового та дубового лісів, характер відмінностей залишається однотипним, тобто у загальній енергоємності блоку „підстилка – ґрунт” домігантою є її ґрунтова (гумусова) частина. Так само залишається незмінною позитивна спрямованість зв’язків між продуктивністю деревостанів та енергоємністю гумусового шару ґрунтів при певному зростанні тісноти цих показників для темно-сірих лісових ґрунтів, порівняно із дерновими опідзоленими, про що свідчить збільшення коефіцієнта кореляції з 0,73 до 0,87 од. На відміну від ґрунтів, зв’язок між енергетичними запасами підстилок і продуктивністю у різних типах лісорослинних умов має протилежний напрямок. Так, якщо для умов ґруду зв’язок між продуктивністю та енергетичними запасами негативний, тобто інтенсифікація розкладення фітодетриту сприяє підвищенню продуктивності деревостанів, то для суборевих, навпаки, зв’язок позитивний.

Позитивний характер зв’язку продуктивності соснових деревостанів та енергоємності лісових підстилок, а й отже, їх запасів, можливо пов’язаний із специфічною екологічною функцією підстилок екосистеми соснового лісу у посушливих умовах. Ця функція, на нашу думку, виявляється насамперед у сприянні збереженню вологи верхнього шару піщаних ґрунтів, що характеризуються мізерною кількістю глинистих часток, і, отже, низькою їх вологоємністю. Так, піщані ґрунти дуже швидко втрачають вологу та пересихають, на відміну від важко-суглинистих-глинистих ґрунтів ясеневоліпової діброви, яким властива висока вологоємність. Отже, роль підстилок дубового лісу у вологозатриманні хоча й є важливою, але не такою мірою, як для ґрунтів піщаного гранулометричного складу. На фоні послаблення водоутримуючої функції підстилок дубового лісу підсилюється їх цінність як джерела поживних речовин для мезо-мегатрофів дуба та ясеня. Тому продуктивність ясеневодубових деревостанів багато в чому залежатиме від рівня забезпеченості ґрунтів елементами мінерального живлення та, відповідно, ступеня інтенсивності малого кругообігу речовин у лісовій екосистемі. На відміну від ясеня та дуба, сосна звичайна, що є типовим оліготрофом, задовольняється незначною кількістю поживних елементів, а мізерна кількість глинистих часток ґрунтів соснових лісів до того ж мінімізує ефективність процесів поглинання й закріплення поживних сполук. Таким чином, в екосистемі соснового лісу цінність водозатримуючої функції підстилок підвищується, порівняно з їхньою функцією як сховища поживних речовин.

Одним із параметрів швидкості та ефективності малого біологічного кругообігу речовин у лісових екосистемах може бути ємність залучення вуглецю підстилок у процес гумусоутворення. Так, збільшення ступеня залучення вуглецю підстилок у синтез однієї частини гумусу, що виявляється у зниженні величини співвідношення запасів С підстилок і

запасів С гумусу (С<sub>НО</sub>/С<sub>Н</sub>), свідчить як про ефективніше використання вуглецю рослинних залишків у процесах гумусоутворення, так і взагалі про інтенсивніший біологічний кругообіг речовин цієї лісової ділянки. В умовах свіжої ясенєво-липової діброви прискорення біологічного кругообігу вуглецю (інтервал значень співвідношення С<sub>НО</sub>/С<sub>Н</sub> сягає від 0,04 до 0,07 од.) супроводжується підвищенням середньої висоти дубових деревостанів від 21 – 26 до 27,5 – 30,8 м (рис. 3).

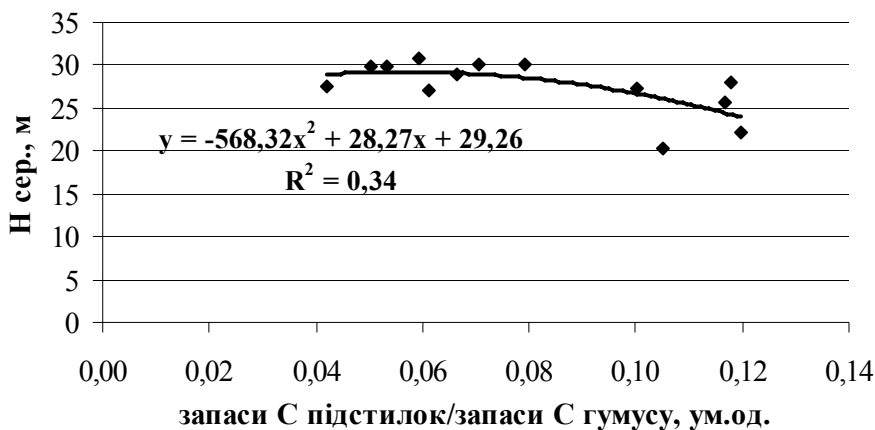


Рис. 3 – Залежність продуктивності дубових деревостанів від інтенсивності кругообігу вуглецю у блоці „підстилка – ґрунт”

Отже, екосистема дубового лісу Слобожанського лісорослинного району характеризується значним запасом потенційної енергії, переважно зосередженим у гумусовому шарі темно-сірих лісових ґрунтів. Енергетичні запаси лісових підстилок є меншими порівняно із ґрунтами приблизно у тринадцять разів.

**Висновки.** Блок лісових екосистем "підстилка – ґрунт" є носієм значної частини потенційної енергії, кількість якої залежить від типу лісорослинних умов. У суборевих умовах Слобожанського лісорослинного району акумулюється у середньому 1250 ГДж енергії на одному гектарі, в умовах груду запаси енергії збільшуються до 1750 ГДж/га. Основна частина запасів енергії зосереджена у лісових ґрунтах. Частка енергії дернових опідзолених ґрунтів блоку „підстилка – ґрунт” у суборевих умовах сягає 65 %, темно-сірих лісових ґрунтів на лесах умов груду – 93 %.

Високі енергетичні запаси лісових ґрунтів обумовлюють їх вагому біосферну значущість як потужного резервуару потенційної енергії, що забезпечує стабільний розвиток лісових екосистем завдяки підтриманню еволюційно сформованого біологічного кругообігу речовин та енергії.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л., 1980. – 287 с.
2. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 128 с.
3. Гришина Л. А., Орлов Д. С. Система показателей гумусного состояния почв / Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42 – 47.
4. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). – М.: Наука, 1990. – 261 с.
5. Ларионова А. А., Розанова Л. Н., Евдокимов И. В., Ермолаев А. М. Баланс углерода в естественных и антропогенных экосистемах Лесостепи // Почвоведение. – М.: МАИК Наука. – 2002. – №2. – С. 696 – 703.
6. Орлов Д. С. Органическое вещество почв России // Почвоведение. – М.: Наука, 1998. – № 9. – С. 1049 – 1057.
7. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса: Учеб. Пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1981. – 272 с.

8. *Остапенко Б. Ф., Ткач В. П.* Лісова типологія: Навч. посібник / Харк. держ. аграрн. ун-т ім. В. В. Докучаєва. Український ордена "Знак Пошани" науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. – Х., 2002. – 204 с.

9. Почвоведение: Учеб. для ун-тов в 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – М.: Высш. шк., 1988. – 400 с.

10. *Ронов А. Б.* Осадочная оболочка Земли. – М.: Наука, 1980. – 79 с.

11. *Сапожников А. П.* Гумусное состояние лесных почв и прикладные аспекты его оценки // II Всероссийская конференция "Гуминовые вещества в биосфере". Информационный сайт, [humus@pochta.ru](mailto:humus@pochta.ru).-2003.

12. *Чорнобай Ю. М.* Трансформація рослинного детриту в природних екосистемах. – Львів: Вид-во ДПМ НАН України, 2000. – 352 с.

Raspopina S. P.

ENERGY CAPACITY OF THE "FOREST LITTER – SOIL" COMPLEX IN DIFFERENT TYPES OF FOREST SITE CONDITIONS

*Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G. M. Vysotsky*

Energy capacity of "forest litter – soil" complex in ecosystems of pine and oak forests was studied. It was revealed that the main part of energy of this complex is stored in soils.

**Key words:** Energy capacity, carbon, humus, biotic circulation of elements, forest productivity.

Распопина С. П.

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ БЛОКА "ПОДСТИЛКА – ПОЧВА" В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

*Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Висоцкого*

Приводятся результаты исследований по изучению энергоемкости блока „подстилка – почва” экосистем соснового и дубового лесов. Показано, что основная часть энергии блока сосредоточена в почвах.

**Ключевые слова:** энергоемкость, углерод, гумус, биологический круговорот веществ, продуктивность лесов.

*Одержано редколегією 2.09.2008 р.*