

**Л.Д. Орлова**

## **ЗАПАС ЕНЕРГІЇ У НАДЗЕМНІЙ ЧАСТИНІ ЛУЧНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

енергія, запас, лучні фітоценози, Лівобережний Лісостеп України

### **Вступ**

Енергетичні характеристики є тим містком, який дозволяє оцінити біологічні процеси у фізичних одиницях і відобразити характер ентропії біологічних систем [11].

На сьогодні відомі і описані загальні закономірності енергетики екосистем, механізм перетворення енергії. Розроблена відповідна методика її оцінки в різних складових [6, 8]. Разом з тим, конкретні енергетичні показники відповідно до структур екосистеми, залежність їх від певних чинників потребують досліджень на широкому і різноманітному матеріалі.

Я. Дідух і Г. Лисенко [9] детально проаналізували проблеми термодинамічного оцінювання структури та організації екосистем. Вони запропонували парадигму самоорганізації систем, яка ґрунтується на основі законів термодинаміки, синергетики і дає можливість оцінити такі характеристики, як енергетична ємність, організація, стійкість і розвиток екосистем. Кількісною ознакою їх є енергетичні показники.

Одним із головних завдань з'ясування продуктивності фітоценозів є вивчення в них процесів наростання і накопичення рослинної маси та, відповідно, запасів енергії. Показники енергії, які Ю. Одум влучно назвав «екологічною валютою», лежать в основі структурно-функціональних параметрів, є мірилом ефективності різних процесів функціонування як екосистем в цілому, так і окремих їхніх блоків [8, 17]. Оцінка енергетичного потенціалу, запасів і потоків енергії дає можливість вийти на регулювання, оптимальне використання їх та ін. Запаси і потоки енергії ґрунтуються на складних процесах, які відбуваються у природі та, в остаточному підсумку, забезпечують кругообіг усіх речовин, функціонування усіх екосистем, життя на нашій планеті [4].

Велика увага в екосистемах на різних рівнях приділяється з'ясуванню механізмів перетворення енергії, порушенню енергетичного балансу природних типів фітоценозів, які зазнають антропогенного навантаження та змін у зв'язку зі всебічною життєдіяльністю біосфери та її складників, особливо рослинного компоненту, тощо [28–31].

Лучні фітоценози Лівобережного Лісостепу України дуже неоднорідні як за характером геоморфологічної та ґрунтової приуроченості, так і за водним та повітряним режимами, флористичною різноманітністю та продуктивністю. Тому до розробки прогнозу їх подальшої трансформації й раціонального використання необхідно підходити диференційовано, урахувавши всі їхні особливості, в тому числі накопичення наземної маси та її енергетичний потенціал.

Більшість природних фітоценозів, у тому числі і лучні, відносяться до замкнутих самовідновлювальних енергосистем. Але коли відчуження енергії більше за поступання, тоді баланс потоків енергії порушується і фітоценози переходять у розряд деградованих. У цілому, природні лучні екосистеми мають більшу здатність до акумуляції природних джерел енергії, порівняно з агроценозами. Завдяки цьому проявляється багатофункціональна їхня роль не тільки у кормовиробництві, а і у підвищенні стійкості оточуючого середовища до антропогенного навантаження, а також у розширеному виробництві валової енергії [12, 14–16].

Для пустищних лук Я. П. Дідух [8] наводить межі врожайності 0,1–0,9 т/га, тобто накопичення енергії  $0,04 \times 10^6$ – $0,4 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>, для остепнених – 2–3 т/га,  $3,8 \times 10^6$ – $55,9 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>, справжніх – 1,2–3,5 т/га,  $2,3 \times 10^6$ – $6,6 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>, болотних – 2,5–5,0 до 15 т/га,  $4,7 \times 10^6$ – $9,4 \times 10^6$  до  $28,3 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup> відповідно. При сінокісному використанні автор дає показник середньої енергоємності 28,9 Дж/м<sup>2</sup>, пасовищному – 23,4 Дж/м<sup>2</sup>. У лучних угрупованнях Карпат для костричників вказується

усереднена калорійність фітомаси на рівні 4444 ккал/кг, біловусників – 4374 ккал/кг [13]. Запас енергії, який створюється лучними травостоями Забайкалля в період максимуму їхнього наростання коливався в межах 6,9–25,6 млн ккал/га [20]. Нами з'ясовано накопичення енергії у підстилці суходільних та низинних лук регіону [18, 19]. Було вказано, що підстилка відіграє велику роль у житті лучного фітоценозу, як і в інших типах біогеоценозів, зокрема лісових [1, 2, 21–24, 26–27]. Наголошено, що запаси підстилки та кількості енергії в ній може з певною вірогідністю свідчити про накопичення надземної маси на луках.

Запаси енергії в різних типах лучних фітоценозів Лівобережного Лісостепу України, вплив різних факторів на цей процес – ці питання практично у літературі не висвітлено.

### Мета та завдання досліджень

Основною метою нашого дослідження було визначення запасу енергії у надземній масі лучних травостоїв Лівобережного Лісостепу України. У завдання роботи входило встановлення кількості, динаміки енергетичного потенціалу заплавлених, суходільних, низинних лук регіону та його залежність від факторів оточуючого середовища.

### Об'єкти та методи дослідження

Матеріали для дослідження взяті з різних районів Лівобережного Лісостепу України (рис. 1). Об'єктами дослідження були пробні ділянки різних типів лучних територій Лівобережного Лісостепу України. Польові дослідження проводили на заплавлених, суходільних і низинних луках.

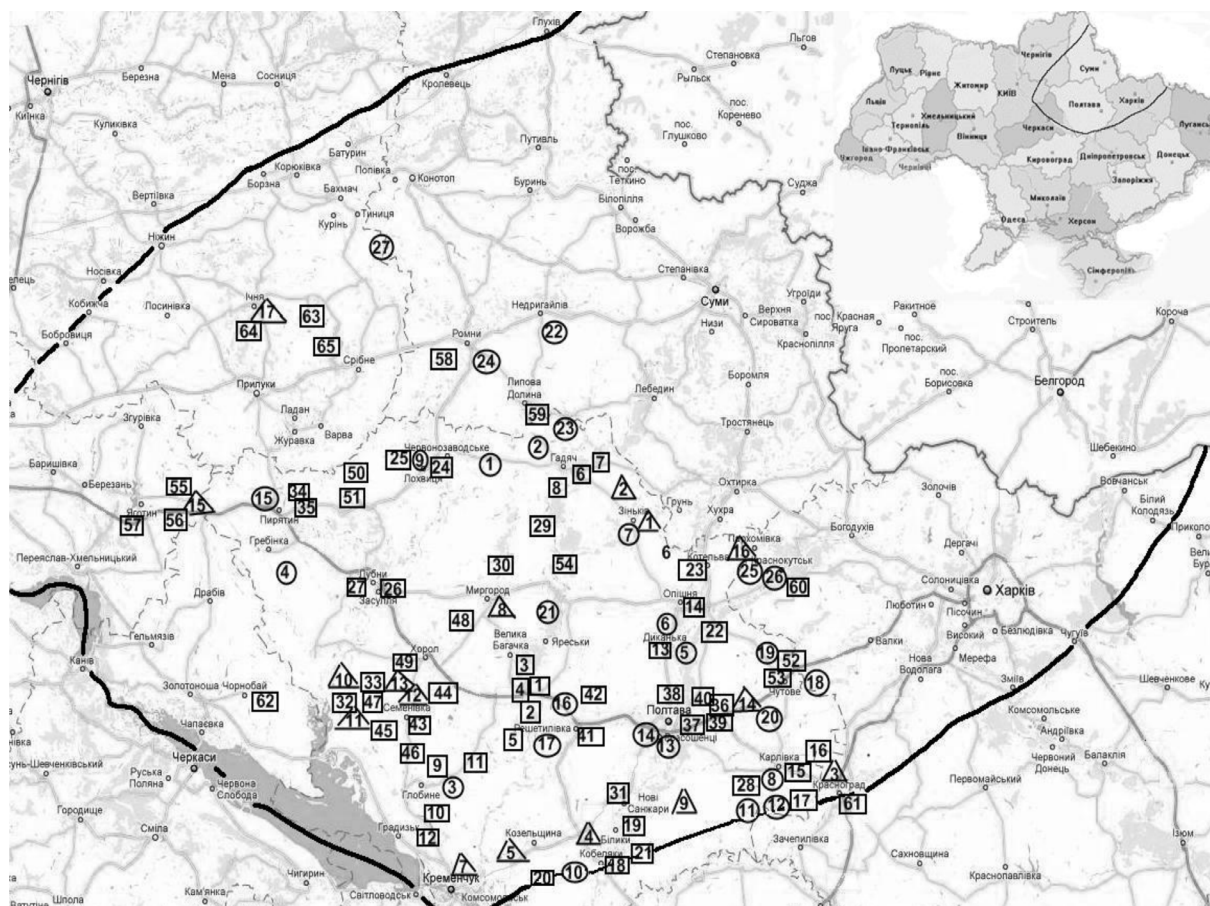


Рис. 1. Схематична карта місць дослідження у вивченому регіоні

Примітки: ○ – суходільні, □ – заплавні, Δ – низинні луки; розшифровка цифрових позначень в тексті

Заплавні луки. У Полтавській обл. обстежені околиці таких населених пунктів: В. Багачанський район – с. Білоцерківка (1), с. Бірки (2), с. Затон (3), с. Красногорівка (4), с. Остап'є (5); Гадяцький район – с. Вельбівка (6), с. Веприк (7), с. Рашівка (8); Глобинський район – с. Землянки (9), с. Погреби (10), с. Попівка (11), с. Яроші (12); Диканський район – с. Писаревщина (13); Зіньківський район – смт Опішня (14); Карлівський район – смт Карлівка (15), с. Варварівка (16), с. Климівка (17); Кобеляцький район – смт Кобеляки (18), с. Білики (19), с. Лучки (20), с. Канави (21); Котелевський район – с. Матвіївка (22), с. Млинки (23); Лохвицький район – смт Лохвиця (24), с. Яхники (25); Лубенський район – с. Засулля (26), с. Мгарь (27); Машівський район – с. Селещина (28); Миргородський район – с. В. Обухівка (29), с. Попівка (30); Новосанжарський район – смт Нові Санжари (31); Оржицький район – с. Чутівка (32), с. В. Селецьке (33); Пирятинський район – с. Шкурати (34), с. Дейманівка (35); Полтавський район – с. Василівка (36), с. Ковалівка (37), с. Кованьківка (38), с. Нижні Млини (39), с. Параскавеївка (40); Решетилівський район – смт Решетилівка (41), с. Жовтневе (42); Семенівський район – смт Семенівка (43), с. Горошино (44), с. Калкай (45), с. Н. Александрівка (46), с. Худоліївка (47); Хорольський район – с. Бутівці (48), с. Мусіївка (49); Чорнухінський район – с. Бубни (50), с. Скибинці (51); Чутівський район – с. Зеленківка (52), смт Чутове (53); Шишацький район – с. Ковалівка (54); у Київській обл.: Яготинський район – с. Богданівка (55), с. Олексіївка (56), с. Панфіли (57); у Сумській обл.: Роменський район – с. Андріяшівка (58); Липоводолинський район – с. Липова Долина (59); у Харківській обл.: Краснокутський район – с. Комарівка (60); Красноградський район – м. Красноград (61); у Черкаській обл.: Чернобаївський район – с. Мохначі (62); у Чернігівській обл.: Ічнянський район – с. Дорогінка (63), с. Заудайка (64), с. Хаєнки (65).

Суходільні луки. У Полтавській обл. досліджені околиці таких населених пунктів: Гадяцький район – с. Долинка (1), с. Глибока Долина (2); Глобинський район – с. Зубані (3); Гребінківський район – с. Овсюки (4); Диканський район – смт Диканька (5), с. В. Будища (6); Зіньківський район – с. Пишненки (7); Карлівський район – с. Максимівка (8); Лохвицький район – смт Лохвиця (9); Кобеляцький район – с. Світлогірське (10); Машівський район – с. Латишівка (11), с. Кошманівка (12); Полтавський район – с. Розсошенці (13), с. Горбанівка (14); Пирятинський район – с. Прихідьки (15); Решетилівський район – с. Крахмільці (16), с. Новодиканька (17); Чутівський район – с. Артемівка (18), с. Іскрівка (19), с. Черняхівка (20); Шишацький район – с. Чернишівка (21); у Сумській обл.: Лебединський район – с. Великі Луки (22); Липоводолинський район – с. Кимличівка (23); Роменський район – с. Андріяшівка (24); у Харківській обл.: Краснокутський район – с. Колонтаїв (25); м. Краснокутськ (26); у Чернігівській обл.: Бахмацький район – с. Дмитрівка (27).

Низинні луки. У Полтавській обл. вивчені околиці таких населених пунктів: Зіньківський район – смт Зіньків (1), с. Пеленківщина (2); Карлівський район – с. Коржиха (3); Кобеляцький район – с. Іванівка (4); Козельщинський район – с. Солониця (5); Котелевський район – с. Більськ (6); Кременчуцький район – с. Потоки (7); Миргородський район – с. Рибальське (8); Новосанжарський район – с. Богданівка (9); Оржицький район – с. Нижній Іржавець (10), Плехів (11); Семенівський район – смт Семенівка (12), с. Веселий Поділ (13); Чутівський район – с. Смородщина (14); у Київській обл.: Яготинський район – с. Чорняхівка (15); у Харківській обл.: Краснокутський район – с. Колонтаїв (16); у Чернігівській обл.: Ічнянський район – смт Ічня (17).

З метою інтерпретації продуктивності лучних рослин у різних умовах існування побудовано клімадіаграми з використанням клімадіаграм Вальтера [32] та даних обсерваторії м. Полтава, розташованої в районі проведення досліджень (рис. 2).

Енергетичний потенціал розраховували за формулою:  $E_v = 4,5 \text{ ккал/г} \times M$ , де  $E_v$  – енергія біомаси, 4,5 ккал – енергія 1 г сухої речовини,  $M$  – біомаса. Формулу, запропоновану Ю. Одумом [17], використовували з урахуванням робіт Я.П. Дідуха [5], виходячи з того, що 1 ккал = 4,19 Дж. Результати опрацьовано методом варіаційної статистики [10].

### Результати досліджень та їх обговорення

На досліджених луках запас енергії у надземній масі за усі роки вивчення знаходився в інтервалі  $3,2 \times 10^6$ – $17,5 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>. За окремими роками мали такі показники: 2008 р. –  $4,7 \times 10^6$ – $17,5 \times 10^6$ , 2009 р. –  $4,1 \times 10^6$ – $14,4 \times 10^6$ , 2010 р. –  $4,5 \times 10^6$ – $17,1$ , 2011 р. –  $3,2 \times 10^6$ – $16,6 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>.

Межі мінімальних та максимальних значень за роками на різних луках відрізнялися. На суходільних луках мінімальні показники за роками дослідження варіювали у межах  $8,4 \times 10^6$ – $15,1 \times 10^6$ , заплавлених –  $3,9 \times 10^6$ – $14,5 \times 10^6$ , низинних –  $1,2 \times 10^6$ – $6,0 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>, а максимальні – відповідно  $0,08 \times 10^6$ – $3,1 \times 10^6$ ,  $1,9 \times 10^6$ – $5,1 \times 10^6$ ,  $1,8 \times 10^6$ – $5,8 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>.

Аналіз середнього накопичення енергії на луках (рис. 3) за окремими роками (2008–2011 рр.) показує менші кількості її у 2009 р. Цей факт можна пояснити гіршими погодними умовами 2009 р. (рис. 2). На кліматодіграмі 2007–2010 рр. видно, що погодні умови у ці роки були різними.

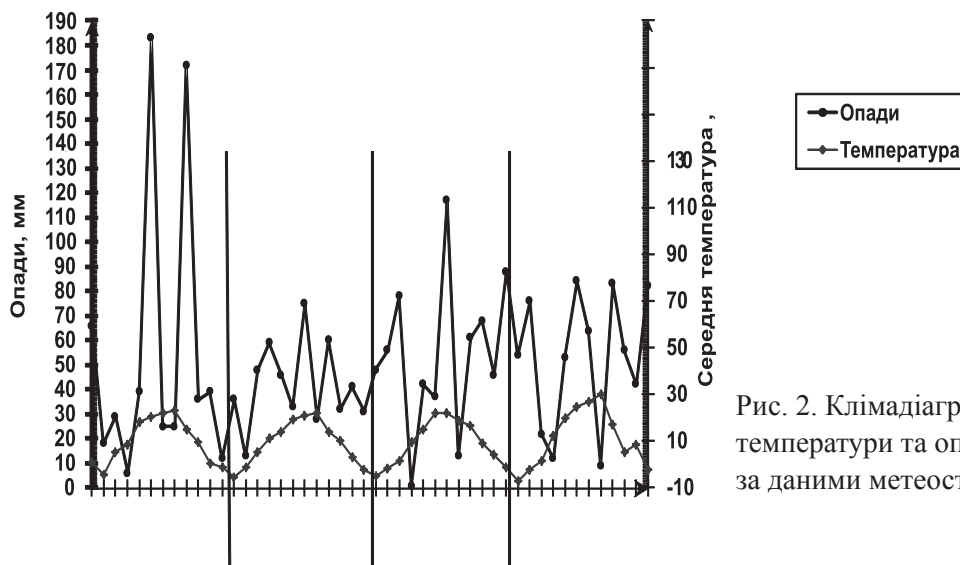


Рис. 2. Кліматодіаграма співвідношення температури та опадів у 2007–2010 рр. за даними метеостанції м. Полтави

Середньорічна температура у 2007–2009 рр. була приблизно однаковою, а у 2010 – вищою. Сумарна кількість опадів виявилася подібною у 2007, 2009 рр. (650 та 684 мм). У 2008 р. їх випало лише 502 мм, а в 2010 р. – 587 мм. Водночас, виявлено досить велику кількість опадів улітку та восени 2007 р. і незначну – навесні 2008 р. Кліматичні показники осені, зими і весни 2008/2009 рр. значно гірші, ніж в аналогічний період 2007/2008 рр. Опади названих сезонів 2009/2010 рр. значно вищі, ніж у попередньому році. Мінімальні кількості запасу енергії у 2009 р., очевидно, можна пояснити меншим накопиченням надземної маси усіх типів лук при несприятливих показниках осені, зими і весни 2008/2009 рр. Зокрема, опадів випало значно менше, ніж у попередньому році, а у квітні 2009 р. – лише 1,1 мм.

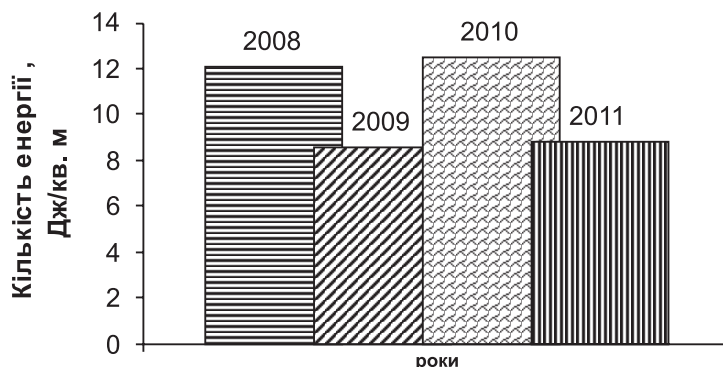


Рис. 3. Усереднений запас енергії ( $n \times 10^6$ ) у надземній масі на вивчених луках за роками



Енергетичний потенціал надземної маси на окремих типах лук за роками виявляє тенденцію, подібну до середнього накопичення надземної маси по всіх травостоям (рис. 4). Середні кількості енергії по роках (2008–2011 рр.) були найменшими у 2009 р. на усіх типах лучних фітоценозів.

Порівняння отриманих нами результатів із наведеними у літературі [4–9, 13, 18–20] показують співпадання як меж показників, так і середніх значень по основних типах лук.

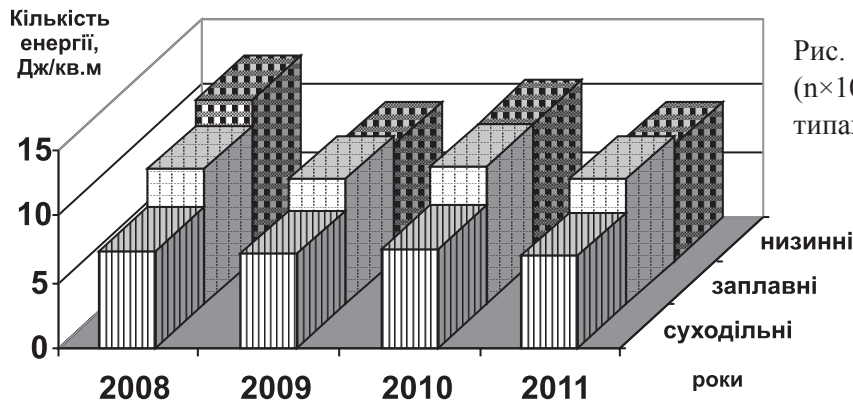


Рис. 4. Середній запас енергії ( $n \times 10^6$ ) у надземній масі на різних типах лук за роками

На формування травостою суттєво впливають флористичний склад і частина лук. На заплаві найбільші запаси енергії на прирусловій і частіше на центральній частині, на суходолах – біля основи схилу, на низинах – біля невеликих знижень.

Доведено, що вплив антропогенних факторів суттєво знижує енергозапаси систем, сприяє переведенню енергії в теплову форму, що, як вважають багато вчених, призводить до підвищення температури атмосфери, а в комплексі зі зміною інших кліматичних чинників – до парникового ефекту [4, 7].

Виснаження рослинного покриву призводить до дисбалансу головних функцій екосистем, зокрема трансформації енергії, кругообігу речовин, організованості, рівноваги, подолання ентропії. Саме тому необхідно перейти до невиснажливого використання ресурсів і в основу державної політики, поряд з іншими положеннями, покласти стан навколишнього середовища [3, 25].

У цілому запас енергії у надземній масі лучних травостоїв був вище при зменшенні господарського навантаження, тобто введення певного режиму охорони. Таке збільшення, в залежності від типу травостою, було на третину або в половину більше, ніж при звичайному використанні.

### Висновки

Запаси енергії на досліджених лучних фітоценозах Лівобережного Лісостепу України знаходилися в інтервалі  $3,2 \times 10^6$ – $17,5 \times 10^6$  Дж/м<sup>2</sup>. У цілому накопичення енергії на заплавах було більше, ніж на інших типах. Кількість енергії на луках залежить від типу лук, господарського навантаження та погодних умов.

1. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока Украины / Александр Люцианович Бельгард. – К.: Изд-во Киев. гос. ун-та, 1950. – 264 с.
2. Бельгард А.Л. Степное лесоведение / Александр Люцианович Бельгард. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 336 с.
3. Голубець М.А. Від біосфери до соціосфери / Михайло Андрійович Голубець. – Львів: Поллі, 1997. – 251 с.
4. Дідух Я.П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії / Я.П. Дідух // Вісник НАН України. – 2009. – № 2. – С. 34–44.
5. Дідух Я.П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем / Я.П. Дідух // Укр. ботан. журн. – 2005. – Т. 62, № 4. – С. 445–467.
6. Дідух Я.П. Енергетичні проблеми екосистем і забезпечення сталого розвитку України / Я.П. Дідух // Вісник НАН України. – 2007. – № 4. – С. 3–12.

7. Дідух Я.П. Динаміка запасу та енергетичного потенціалу підстилки лісових екосистем за період вегетації 2007 р. / Я.П. Дідух, С. О. Гаврилов // Укр. фітоценологічний збірник. Серія С. Фітоекологія. – 2007. – Вип. 25. – С. 19–26.
8. Дідух Я.П. Порівняльна оцінка енергетичних запасів екосистем України / Я.П. Дідух // Укр. бот. журн. – 2007. – Т. 64, № 2. – С. 177–194.
9. Дідух Я. Проблеми термодинамічного оцінювання структури та організації екосистем / Я. Дідух, Г. Лисенко // Вісник НАН України. – 2010. – № 5. – С. 16–27.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта : (С основами статистической обработки результатов исследования) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
11. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы / Л.О. Карпачевский. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 264 с.
12. Кочкарев В.Р. Эколого-химический мониторинг питательности лугово-пастбищной растительности / В.Р. Кочкарев, П.В. Кочкарев. – Орел: Орловская областная типография, 2001. – 128 с.
13. Крок Б.А. Радиационно-тепловой режим и энергетическая эффективность продукционного процесса луговых и лесных сообществ Украинских Карпат: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / Б.А. Крок. – Днепропетровск, 1985. – 26 с.
14. Кутузова А.А. Перспективы развития луговодства / А.А. Кутузова // Кормопроизводство. – 2007. – № 5. – С. 12–15.
15. Кутузова А.А. Прогноз роли луговых экосистем в кормопроизводстве и биосферных процессах / А.А. Кутузова // Кормопроизводство. – 2007. – № 10. – С. 2–4.
16. Лепкович И.П. Современное луговодство / И.П. Лепкович. – СПб.: ПРОФИ–ИНФОРМ, 2005. – 424 с.
17. Одум Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
18. Орлова Л.Д. Динаміка накопичення підстилки на низинних луках Лівобережного Лісостепу України / Л.Д. Орлова // Промышленная ботаника. – 2010. – Вип. 10. – С. 129–134.
19. Орлова Л.Д. Формування запасів підстилки на суходільних луках Лівобережного Лісостепу України / Л.Д. Орлова // Вісник Дніпропетров. ун-ту. – 2011. – Вип. 19. – Т. 1 (Біологія. Екологія). – С. 130–136.
20. Осипов К.И. Луга Северного Забайкалья / К.И. Осипов. – Новосибирск: Наука, 1985. – 138 с.
21. Травлев А.П. Лісова підстилка як структурний елемент лісового біогеоценозу в степу / А.П. Травлев // Укр. ботан. журн. – 1961. – Т. 18, № 2. – С. 40–46.
22. Травлев А.П. Об особой роли подстилки в натурализации искусственного лесного сообщества в степи / А.П. Травлев // Лесн. журн. – 1968. – № 6. – С. 26–29.
23. Травлев А.П. Опыт детализации структурных компонентов лесного биогеоценоза в степи / А.П. Травлев / Біогеоценологічні дослідження на Україні [Дніпропетров. держ. ун-т]. – Дніпропетровськ, 1973. – С. 38–41.
24. Травлев А.П. Типология степных лесов и лесное почвообразование (к 50–летию Комплексной экспедиции ДНУ) / А.П. Травлев, Н.А. Белова, Л.П. Травлев // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель / Дніпропетров. нац. ун-т ім. Олеся Гончара. – Дніпропетровськ, 2004. – Вип. 8 (33). – С. 4–13.
25. Устименко П.М. Критичний аналіз поняття та категорій раритетних асоціацій / П.М. Устименко // Укр. ботан. журн. – 2003. – Т. 60, № 4. – С. 381–387.
26. Цветкова Н.М. Біокругообіг речовин у біогеоценозах Присамар'я Дніпровського: навч. посіб. / Н.М. Цветкова, М.С. Якуба. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2008. – 112 с.
27. Цветкова Н.Н. Особенности миграции органико-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоценозах степной Украины / Н.Н. Цветкова. – Днепропетровск: Изд-во Днепропетров. гос. ун-та, 1992. – 236 с.
28. Bramwell D. Plant adaption and climate change / Bramwell D. // 2<sup>nd</sup> Word Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change. Programme Book of Abstracts, June 29 – July 4, 2008. – Delft, the Netherland. – P. 3.
29. Brooks D.R. Evolution as Entropy / D.R. Brooks, E.O. Wiley. – Chicago; London: Univ. Press., 1986. – 335 p.
30. Havens K.H. Plant responses to climate change: phenology, adaption, migration // 2<sup>nd</sup> Word Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change. Programme Book of abstract 29 juni – 4 july 2008. – Delft, the Netherland. – P. 6.
31. Resources and Environment World Atlas. Characteristics of vegetation cover / Ed. Holzel. – Vienna, 1998. – Т. 11. – P. 112–116.
32. Walter H. Die Vegetation der Endre. In oko-physiologischer Betrachtung / H. Walter. – Jena: Fischer, 1964. – Dd 1. – 592 s.

УДК 631.4(292.485)(477.5)

ЗАПАС ЕНЕРГІЇ У НАДЗЕМНІЙ ЧАСТИНІ ЛУЧНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ  
ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Л.Д. Орлова

Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

Виявлено запаси енергії у різних типах лучних фітоценозів Лівобережного Лісостепу України. Показано, що енергетичний потенціал надземної маси залежить від типу лук, погодних умов. Встановлено, що накопичення енергії у снігу був вище при зменшенні господарського навантаження, тобто введення певного режиму охорони.

UDC 631.4(292.485)(477.5)

ENERGY STORES IN THE PLANT ABOVEGROUND PARTS OF MEADOW PHYTOCENOSES  
OF THE LEFT BANK FOREST STEPPE AREA OF UKRAINE

L.D. Orlova

Poltava National V.G. Korolenko Teachers Training University

The energy stores in different types of meadow phytocenoses of the Left Bank Forest steppe area of Ukraine have been found. This study has shown that the energy potential of aboveground mass was dependent on the type of meadows, weather conditions. It has been determined that the accumulation of energy in the hay was higher while economic loading was reduced, i.e. a certain protection regime was introduced.