

УДК 911.52:551.521.521.1

Рубаняк А.М., Чернега П.І.

Енергетика ландшафтів Прут-Дністерської височинної області

У статті розкриті енергетичні особливості функціонування Прут-Дністерського межиріччя. Представлено комплексну характеристику радіаційного режиму території та подано оцінку теплового потоку з земних надр. Основну увагу приділено характеристиці радіаційного та теплового балансу даної території та їх складових. Проаналізовано річний хід цих показників.

Ключові слова: енергетика ландшафтів, сонячна радіація, радіаційний баланс, тепловий баланс.

Рубаняк А.М., Чернега П.И. Энергетика ландшафтов Прут-Днестровской возвышенной области. В статье раскрыты энергетические особенности функционирования Прут-Днестровского междуречья. Представлена комплексная характеристика радиационного режима территории и дана оценка теплового потока из земных недр. Основное внимание уделено характеристике радиационного и теплового баланса данной территории и их составляющих. Проанализировано

годовой ход этих показателей.

Ключевые слова: энергетика ландшафтов, солнечная радиация, радиационный баланс, тепловой баланс.

Rubanyak A.M., Chernega P.I. Energetics of landscapes of Prut-Dniester highland region. At this article is reveal energy features functioning of Prut-Dniester interfluve. Presented a comprehensive characteristic of the radiation regime of territory and evaluates the heat flow from the Earth's interior. Special attention is paid to the characteristics of the radiation and heat balance of the area and their constituents. Was made analysis of annual course of these showings.

Keywords: energy landscapes, solar radiation, radiation balance, heat balance.

Вступ. Завдяки наявності енергії в ландшафтному середовищі, точніше вільної енергії, яка здатна виконувати роботу, в ньому виникають певні рухи. Система ж рухів призводить до змін ландшафту. Зміни ж, у свою чергу, є основною характеристикою функціонування, динаміки і розвитку ландшафтів. А, отже, повноцінне розкриття цих процесів можливе лише в результаті змістовних досліджень джерел надходження та процесів трансформації енергії в ландшафтному середовищі [2].

Актуальність теми підкреслюється тим фактом, що на сьогоднішній день існує лише незначна кількість досліджень по даному напрямку, а важливість та попит на них величезні.

Метою даного дослідження є розкриття енергетичних властивостей ландшафтів Прут-Дністерської височинної області. Основний акцент в даній роботі поставлено на характеристики радіаційного та теплового режиму території. Також подана якісна оцінка інших джерел енергії.

Дослідження базуються на методологічних засадах представлених в працях Беручашвілі Л.Н., Будико М.І., Базилевич Н.І., Зубова С.М., Ісаченко А.Г., Геренчука К.І., Соколи Л.І., Єфимової Н.А., Дьяконова К.Н., Кондратьєва К.Я., Рябчикова А.М., Сорохтіна О.Г.

Як приклад в роботі використані дані актинометричних досліджень на ст. Нова Ушиця [7], яка знаходиться в одній смузі розподілу радіації, і, відповідно, у деякій мірі може репрезентувати дану територію, а особливо східну її частину.

Виклад основного матеріалу. Сонячна радіація, що надходить на земну поверхню, є одним з основних кліматоформуючих факторів. У свою чергу вона, значною мірою, залежить від циркуляції атмосфери (що виявляється через хмарність та прозорість атмосфери) і особливостей підстилаючої поверхні (висоти над рівнем моря, закритості горизонту, альбедо поверхні) [1].

Важливим показником радіаційного режиму є тривалість сонячного саява (ТСС), тобто час, протягом якого прямі сонячні промені потрапляють на земну поверхню [4]. За багаторічними спостереженнями загальна річна ТСС на території дослідження зростає у східному напрямі від 1800 до 1900 годин. Мінімальне значення цього показника спостерігається в грудні (55 год.). При чому місячні суми за зиму становлять 10 %, а за літо – 40% від загальної суми. У січні – лютому спостерігається незначне збільшення ТСС, а в березні його тривалість різко зростає до 130 год. У квітні-травні у зв'язку зі зменшенням хмарності ТСС сягає 170-250 год. У червні інтенсивність такого збільшення нижча через збільшення хмарності порівняно з травнем і перевищує останній усього на 5-10 годин (рис. 1).

Кількість днів без сонячного саява становить близько 80. З травня по вересень встановлюються найменші значення цього показника (1-2 дні), а найвищі в зимові місяці – 12-15 днів (рис. 2).

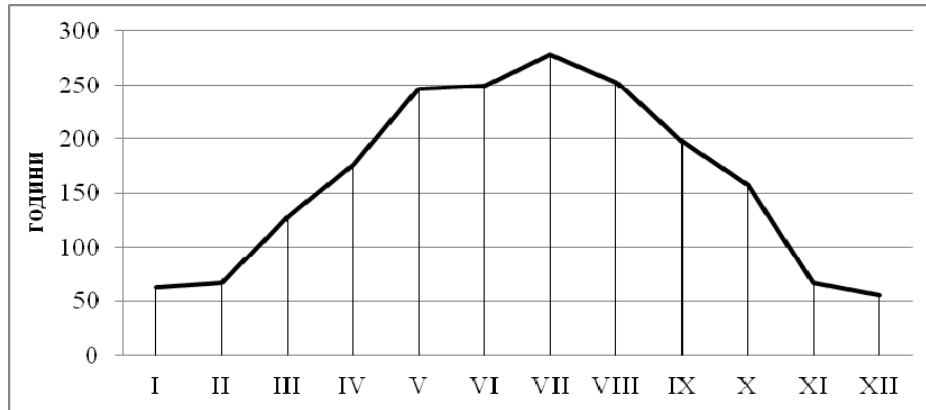


Рис. 1. Тривалість сонячного сяйва впродовж календарних місяців

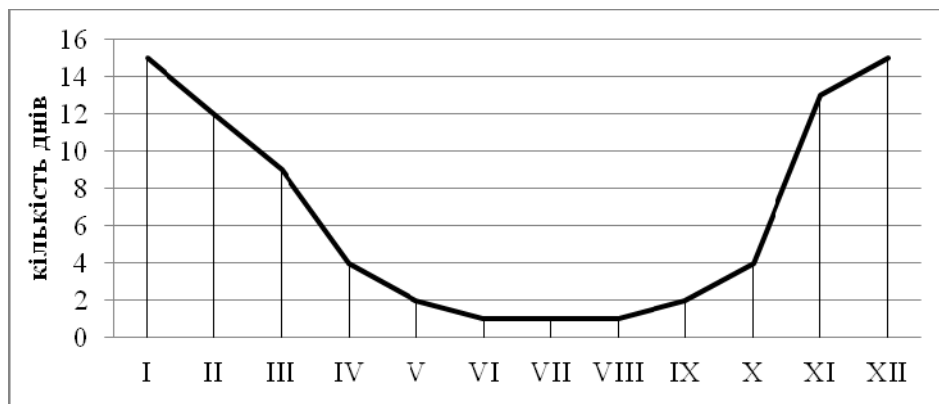


Рис. 2. Кількість днів без сонячного сяйва по календарних місяцях

Відношення спостережуваних сум прямої радіації до можливих сум сумарної становить 43% за рік. Річний хід цього показника відображений в табл. 1,

Таблица 1.

Показники радіаційного режиму території

	Місяць												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
а)	25	33	41	45	46	51	53	54	55	48	30	30	43
б)	0,77	0,77	0,75	0,73	0,71	0,70	0,71	0,69	0,74	0,74	0,77	0,79	0,74
в)	58	53	38	18	20	20	20	21	22	22	27	45	25
г)	-1,7	1,7	10,0	23,0	29,3	35,2	35,2	27,6	17,2	5,0	0,0	-1,3	181,3
г1)	1,7	4,6	13,8	26,4	31,8	37,3	37,3	31	21,8	10,5	3,3	2,1	221,5
г2)	3,3	2,9	3,8	3,3	2,5	2,1	2,1	3,3	4,6	5,4	3,3	3,3	40,2

пункті а). Простежується та ж закономірність, що і в річному ході попередніх показників.

Не менш важливим показником, що впливає на радіаційний режим території являється коефіцієнт прозорості атмосфери. Він знаходиться в обернено пропорційній залежності від величини вологовмісту в товщі атмосфери і ступеня її запиленості. В табл. 1 пункті б) показаний річний хід цього показника (дані

приведені до оптичної маси атмосфери 2).

Річний хід прозорості атмосфери відповідає ходу вологості: максимум в спостерігається в зимові місяці 75-77, мінімум – у літні (69-71). Зниження цього показника в літні місяці, в порівнянні з сусідніми сезонами пояснюється як зниженням абсолютної вологості так і зростанням аерозольного запилення атмосфери. Також зростання даного коефіцієнту в порівнянні з прилеглими територіями відзначається і над містами [5].

Річний прихід сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню при ясному небі (тобто можливий прихід) становить – 6400 МДж/м². Річні суми прямої радіації при безхмарному (ясному) небі складають 5000 МДж/м², а розсіяної – 1400 МДж/м². Тобто пряма радіація становить 80 % від сумарної, навіть у зимові місяці 65-70% (рис. 3).

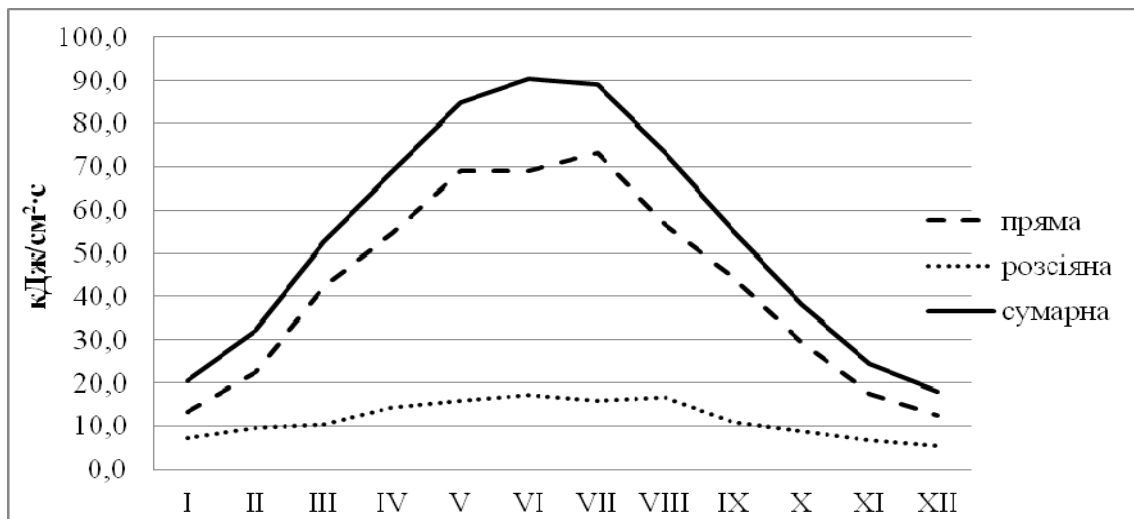


Рис. 3. Річний хід місячних сум радіації при ясному небі

Хмарність знижує надходження прямої сонячної радіації на 50-60% можливої і в той же час збільшує розсіяну радіацію в півтора рази. У результаті, при реальних умовах хмарності річний прихід сумарної радіації коливається в межах 3800-4000 МДж/м² при збільшенні у східному напрямку (рис. 4). При цьому внесок розсіяної радіації становить 55-58%, тобто в річних сумах сумарної радіації відзначається переважання розсіяної радіації над прямою (по Україні, в цілому, спостерігається протилежна тенденція).

Тільки у місяці з найбільш сприятливими умовами для проходження прямої сонячної радіації (червень-вересень) її суми складають 51-60% можливих.

Середнє значення альбедо (А) для даного регіону становить 22-25%. Але воно варіює в широких межах в залежності від характеру підстилаючої поверхні, висоти сонця, сезону року, тощо. На даній метеостанції (суходільний луг) А=25, найвищі значення спостерігаються в січні – 59%, коли формується найстійкіший сніговий покрив, а з квітня по жовтень величина альбедо повільно зростає від 18-22% (див. табл. 1).

Виходячи з вищеназваних значень річного ходу альбедо формується відповідне співвідношення між відбитою і поглиненою радіаціями (рис. 5).

Поглинена радіація формує прибуткову частину радіаційного балансу, витратною ж частиною є ефективне випромінювання. Його середньорічне

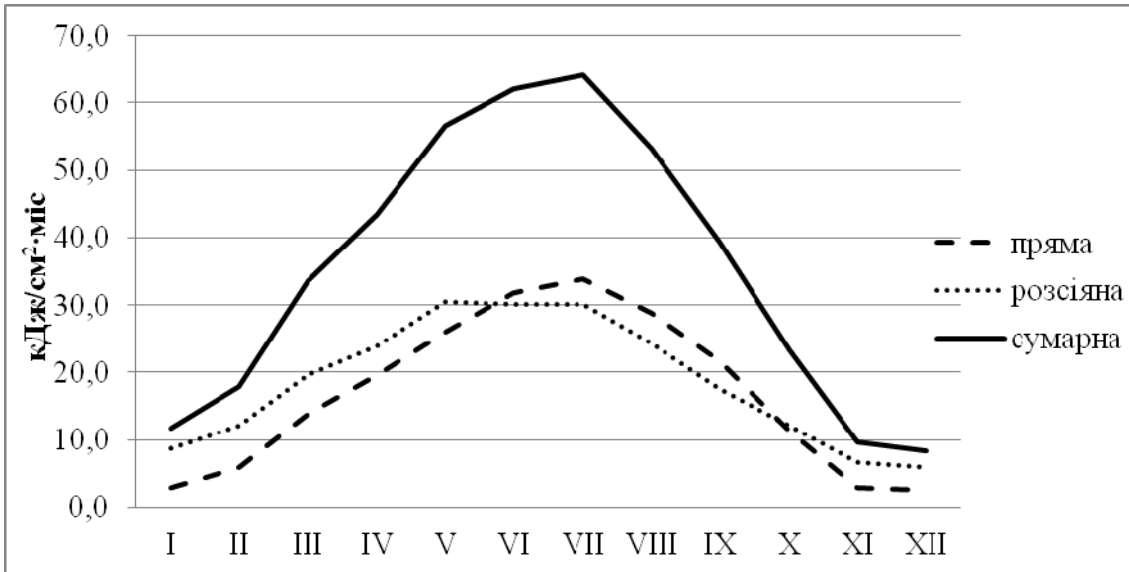


Рис. 4. Річний хід місячних сум радіації при середніх умовах хмарності

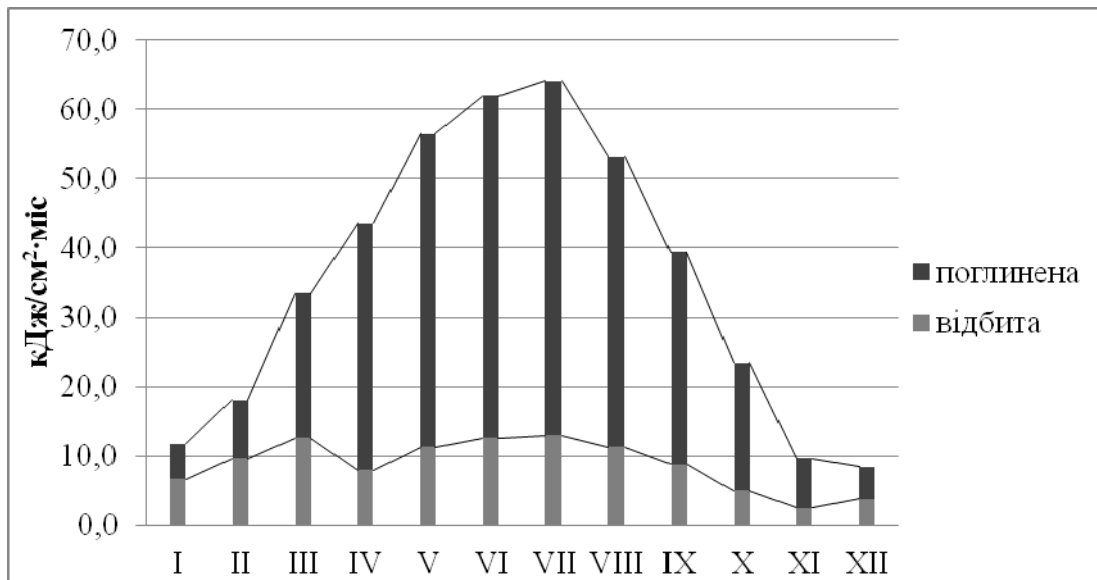


Рис. 5. Річний хід місячних сум поглиненої та відбитої радіації

значення 1350 МДж/м^2 . Воно мало змінюється протягом року та залежить від температури, вологості повітря і хмарності (рис. 6).

На частку радіаційного балансу (R) на більшій частині території припадає 40-48% сумарної радіації. В абсолютних величинах річний радіаційний баланс становить $1600\text{-}1800 \text{ МДж/м}^2$, збільшуючись з північного-заходу на південний-схід.

Період з позитивним радіаційним балансом складає десять місяців. Перехід від його негативного до позитивного значення відбувається в кінці січня на початку лютого. Зміна знака радіаційного балансу восени відзначається в середині листопада (див. рис. 6). Сімдесят відсотків від річного радіаційного балансу припадає на літні місяці. Найвищі значення спостерігаються у липні (355 кДж/см^2), а найнижчі в січні ($-1,7$).

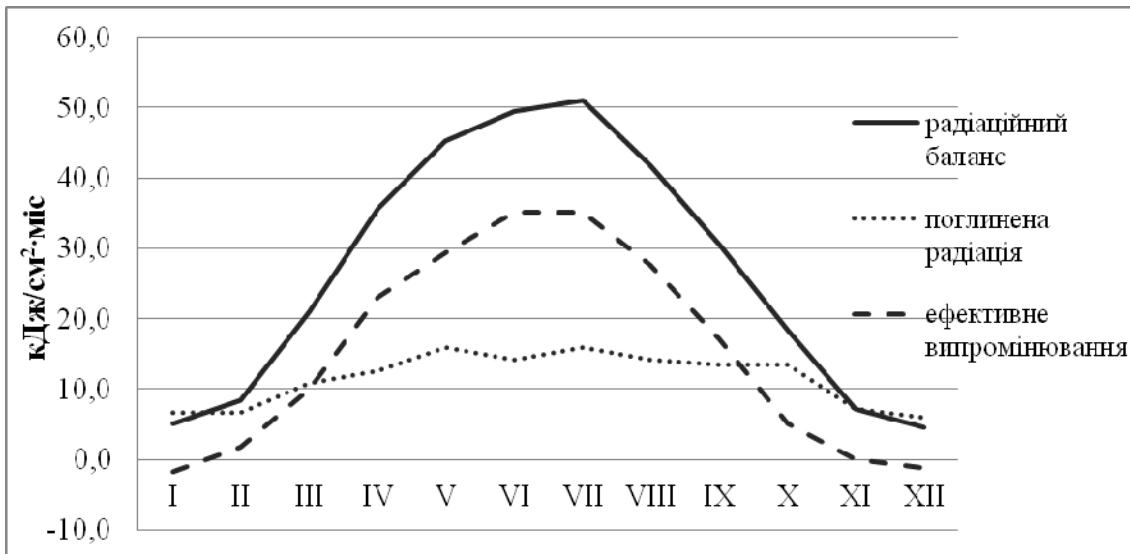


Рис. 6. Річний хід місячних сум радіаційного балансу, його прибуткової та витратної частин

Сума радіаційного балансу за весь період, коли він негативний, в середньому становить -40 кДж/см^2 , а позитивний -220 кДж/см^2 . Річний хід місячних сум загального радіаційного балансу (Γ) та сум його додатних (Γ_1) та від'ємних (Γ_2) значень впродовж доби подано в таблиці 1 у відповідних пунктах зазначених в дужках.

Добовий хід сонячної радіації визначається, насамперед, зміною висоти сонця протягом дня. Тому максимум сонячної радіації як при суцільній хмарності так і при ясному небі спостерігається опівдні (рис. 7). Цікавим є те, що пряма

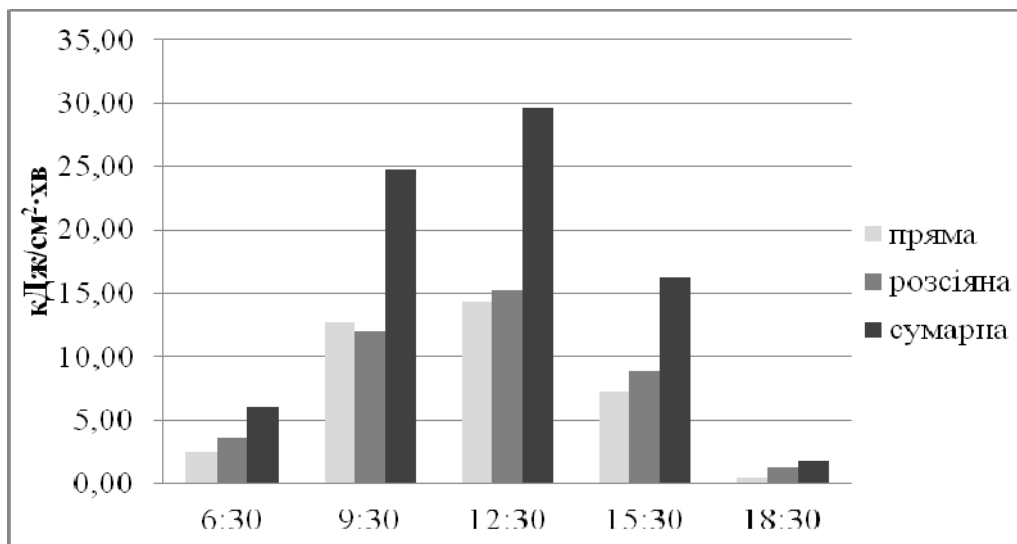


Рис. 7. Добовий хід радіації

радіація переважає о 9:30 ранку (але за день переважає розсіяна – близько 55 %).

Цікавим є добовий хід радіаційного балансу. Він змінює знак від негативного до позитивного після сходу сонця (при його висоті близько 7°) і навпаки перед його заходом (при висоті $9-10^\circ$). Максимум припадає на полудень, а мінімум спостерігається опівночі (рис. 8).

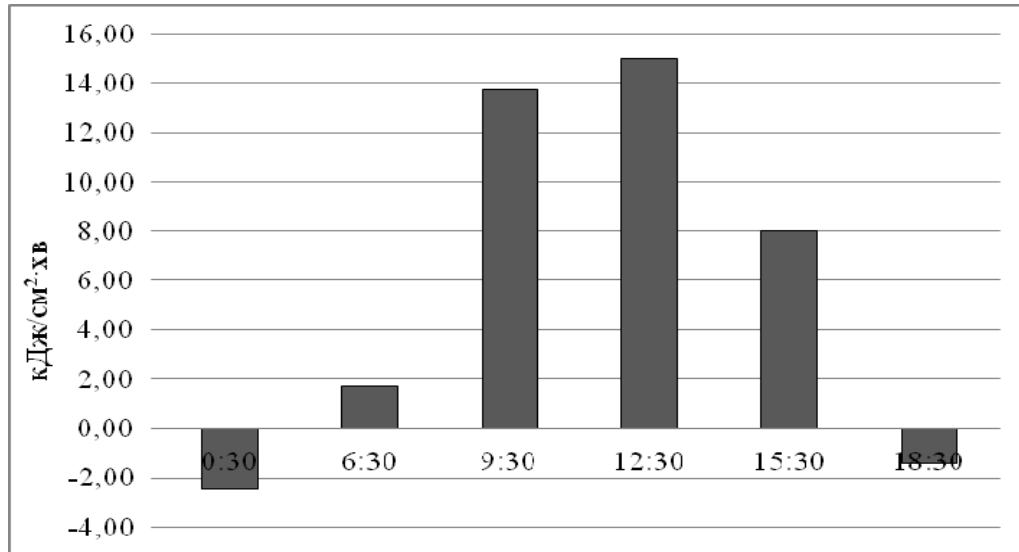


Рис. 8. Добовий хід радіаційного балансу

Нерівномірність розподілу сонячної радіації в межах ландшафтів в першу чергу зумовлена різноманітністю форм рельєфу [2]. За даними А.В. Дроздова, відносні відмінності в приході сонячної радіації між схилами і горизонтальною поверхнею змінюються в широких межах: схили південної експозиції отримують на 25% більше сонячної радіації ніж північні (табл. 2), і на 10 більше ніж

Таблиця 2.

Потенційно можлива річна величина (кДж/см²) сумарної радіації і коефіцієнт її диференціації *

Елемент мезорельєфу	Нахил, в град.	Експозиція						
		Плакор		Північна		Східна і західна		Південна
вододіл	0	410	1	-		-		-
схил:								
привододільний	3	-		390	0,95	381	0,93	422
надбровочний	5	-		377	0,92	406	0,99	443
	10	-		344	0,84	406	0,99	455
підбровочний	15	-		324	0,79	402	0,98	472
	20	-		308	0,75	402	0,98	480
Середнє значення				349	0,85	399	0,97	454

* в першій колонці подані абсолютні величини, а в другій – коефіцієнти диференціації.

горизонтальна поверхня (а північні схили – на 15 менше ніж горизонтальна). Найбільший контраст (у 40%) спостерігається між схилами пн. і пд. експозиції з крутизною 20°.

В структурі теплового балансу території більше 80% складають витрати теплоти на випаровування (LE) і менше 20% на турбулентний теплообмін з атмосферою (P). Радіаційний індекс сухості становить 0,98, що говорить про оптимальні умови зволоження території. Показники структури теплового балансу також значно варіюють в залежності від умов місцевості. Максимум в річному ході всіх параметрів теплового балансу припадає на ліній період. Це пояснюється найвищими значеннями радіаційного балансу в цей сезон. Мінімум спостерігається взимку, що пояснюється тією ж причиною. Протягом всього року витрати

теплоти на випаровування значно перевищують решту параметрів, найбільші контрасти відзначаються восени (рис. 9).

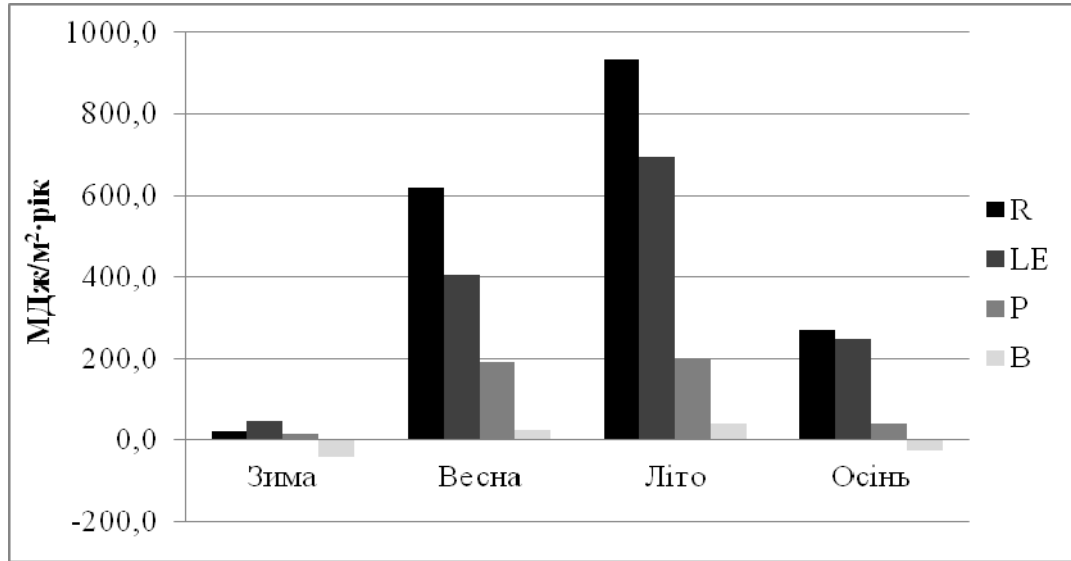


Рис. 9. Річний хід сезонних сум складових теплового балансу

Витрата енергії на фотосинтез і ґрунтоутворювальні процеси (B) становить менше 1% від бюджету радіації, а в середньому багаторічному дорівнюють нулю. Тому вони не чинять якого-небудь істотного впливу на тепловий режим земної поверхні і їх, зазвичай, при аналізі перенесення теплоти не враховують [1]. Сумарна величина фотосинтетично-активної радіації (ФАР) за період з температурами вище 5 і 10 °C складає відповідно 1600-1750 і 1460-1470 МДж/м². Середньорічне значення ФАР за вегетаційний період коливається в межах 1700-1750 МДж/м² (2100-2200) [3]. В залежності від співвідношення радіаційних та, звичайно, теплобалансових показників відбувається формування та накопичення рослинної маси. В табл. 3 представлено показники середньої господарської

Таблиця 3.

Середня господарська продуктивність фітомаси (МДж/м² · рік)

Вид	Продуктивність	Вид	Продуктивн.
буряки	233	сіно однорічних трав	41
кукурудза	153	сіно природних сінокосів	23
картопля	128	кормові баштани	53
деревина	166	продовольчі баштани	15
кормові коренеплоди	85	овочеві культури	30
силос	78	виноград	14
зернові	66	плодово-ягідні	15
сіно багаторічних трав	45		

продуктивності фітомаси (та частина, яка може бути використана людиною) [5].

Загальна господарська продуктивність на даній території становить 1145 МДж/м²·рік. Серед розглянутих культур, що вирощуються в даному регіоні найбільший вклад в загальну продуктивність належить буряку (233), за ним ідуть деревина, силосні та картопля, тобто ті види, які мають найбільшу калорійність. Найменша питома вага в плодово-ягідних, винограду та продовольчих баштанів.

Для з'ясування повної картини енергетики ландшафтів досліджуваної

території варто врахувати і інші джерела енергії (ендогенні).

Згідно карт Національного атласу України [3] густина теплового потоку з надр Землі на даній території становить 1,3-1,6 МДж/м²·рік у східній частині, а в західній – 1,6-1,9 МДж/м²·рік (фонове значення по Україні 1,4 МДж/м²·рік). Густина глибинного теплового потоку складає 1,9-2,2 МДж/м²·рік в західній частині і 1,6-1,9 – в східній. Найвищі запаси геоенергетичних ресурсів спостерігаються у районі м. Чернівці 12-15 тис. МДж/м²·рік (4-5т у.п./м²), на більшій частині території – 7,5-12 тис. МДж/м²·рік (2,5-4т у.п./м²), лише на крайньому сході дана величина складає 1,5-7,5 тис. МДж/м²·рік (0,5-2,5т у.п./м²). Кількість енергії приливної тертя за оцінкою Ф.Я. Шипунова [2] дорівнює $3,5 \cdot 10^{-3}$ Дж/(м²·с).

Висновок. Виявлення та дослідження потоків енергії є дуже важливим, оскільки дозволяє зрозуміти, певною мірою, функціонування та спрогнозувати поведінку ландшафтів, виявити процеси, що в ньому формуються.

Дослідження енергетичних властивостей ландшафту на сьогоднішній день мають велике теоретичне та практичне значення. Але, нажаль, ми стикаємось з великою проблемою нестачі як теоретико-методологічної бази так і практичних досліджень в цій сфері.

Дані дослідження є початковими в напрямку створення комплексних ландшафтно-енергетичних характеристик територій. Результати виконаної роботи, можна використати, як приклад, для проведення конкретних, прикладних ландшафтно-енергетичних досліджень на локальних ділянках. І, лише проаналізувавши результати останніх, можна буде робити достовірні висновки про енергетику ландшафтів Прут-Дністерської височинної області чи будь-якої іншої території.

1. Беручашвили Н.Л. Геофизика ландшафта : Учеб. пособие для геогр. спец. вузов / Н.Л. Беручашвили. – М. : Высш. шк., 1990. – 287 с.
2. Геренчук К.И. Общее землеведение : Учеб. для географ. спец. ун-тов / К.И. Геренчук, В.А. Бокков, А.И. Черванов. – М. : Высш. шк., 1984. – 255 с.
3. Національний атлас України / [гол. ред. Л.Г. Руденко]. – К. : ДНВП Картографія, 2008. – 604 с.
4. Рубаняк А.М. Энергетика ландшафтов ландшафтов Прут-Днестерского межиречья / А.М. Рубаняк // Матеріали студентської наукової конференції ЧНУ ім. Ю. Федьковича: Тез. доп. – 2013. – С. 293-294.
5. Сакали Л.И. Тепловой баланс Украины и Молдавии / Л.И. Сокали. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
6. Сорохтин О.Г. Глобальная эволюция Земли / О.Г. Сорохтин, А.Г. Ушаков. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 446 с.
7. Справочник по климату СССР. Выпуск 10. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. – Л.: Гидрометеиздат, 1966.