

2. Захаров В.М. Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева и др. – М. : Изд-во "Цэп", 2000. – 68 с.
3. Захаров В.М. Последствия чернобыльской катастрофы: здоровье среды / В.М. Захаров, Е.Ю. Крысанов. – М. : Изд-во "Цэп", 1996. – 170 с.
4. Захаров В.М. Здоровье среды: практика оценки. В.М. Захаров, А.Т. Чубинишвили, С.Г. Дмитриев, А.С. Баранов и др. – М. : Изд-во "Цэп", 2000. – 317 с.
5. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ / Министерство природных ресурсов Российской Федерации и Росэкология. – М. :, 2003. – 28 с.
6. Оценка здоровья среды в районе химического предприятия: средняя Волга (Самарская область). [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.healthofenvironment.org>.
7. Ревич Б.А. Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека. / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. – М. : Изд-во "Акрополь", 2004. – 268 с.
8. Шестакова Г.А. Методика сбора и обработки материала для оценки качества среды (по берёзе повислой – *Betula pendula* Roth.) / Г.А. Шестакова, А.Б. Стрельцов, Е.Л. Константинов. – Калуга : Изд-во Калужского ГПУ им. К.Э. Циолковского, 2000. – 7 с.
9. Zakharov V.M. Future Prospects for Population Phenogenetics / V.M. Zakharov // Soviet Scientific Reviews, Sec. F. – 1989. – Vol. 4, part 3, 79 p.

Мырончук К.В. Анализ стабильности развития живых изгородей по показателю флуктуирующей асимметрии листовых пластинок

Представлены результаты интегральной биологической оценки состояния окружающей среды Черновицкой области на основе исследования показателя флуктуирующей асимметрии (ФА) листовых пластинок живых изгородей, растущих в условиях различных урбогенных нагрузок. Результаты исследования свидетельствуют, что с ростом антропогенного давления увеличивается показатель стабильности развития живых изгородей, причиной которого является худшее состояние окружающей среды по сравнению с условным контролем.

Ключевые слова: изгородь, интегральный показатель асимметрии, флуктуирующая асимметрия (ФА), окружающая среда, листья, загрязнение.

Myronchuk K.V. Analysis of stability in terms of hedges fluctuating asymmetry and high temperature

This paper presents the results of integrated biological environmental assessment Chernivtsi region based research index fluctuating asymmetry (FA) and high temperature hedges that grow in different urbogenic load. The study showed that with increasing pressure increases the rate stability of hedges, caused by the worst environmental conditions compared with conventional control.

Keywords: hedge, integral index of asymmetry, fluctuating asymmetry (FA), environment, foliage, pollution.

УДК 630*165.61:581.1

Асип. Ю.Л. Рибак¹ – НЛТУ України, м. Львів

ЕЛЕКТРОФІЗИОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ УРАЖЕНИХ СОСНОВИМ ВЕРТУНОМ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Вивчено денні зміни біоелектричних потенціалів і діелектричні показники лісових культур сосни звичайної, уражених сосновим вертуном в умовах Західного Полісся. Встановлено, що хвороба у дослідних дерев призводить до значного зниження величин біоелектричних потенціалів кореневої шийки і поляризаційної місткості та істотного зростання показника імпедансу.

¹ Наук. керівник: проф. В.К. Заїка, д-р біол. наук – НЛТУ України, м. Львів

Ключові слова: сосна звичайна, сосновий вертун, ураження, біоелектричний потенціал, імпеданс, поляризаційна ємність.

Однією з основних причин погіршення стану та продуктивності соснових насаджень дослідники вважають масове поширення грибкових захворювань [2, 7]. Цьому значною мірою сприяло неправильне ведення лісового господарства в минулому, яке пов'язане з виконанням лісгосподарських робіт у лісах без врахування санітарного стану насаджень, недотримання профілактичних заходів на запобігання поширенню збудників хвороб, особливо під час рубок.

Серед біотичних чинників ослаблення соснових лісів важливе місце посідає іржастий гриб (*Melampsora pinitorqua* (Br.) Rostr.), який зумовлює деформацію молодих пагонів дерев сосни і належить до дуже небезпечних хвороб сіянців і молодняку [1, 5]. Небезпека патогенна для сосни полягає в тому, що під дією грибниці уражаються луб і камбій, розриваються тканини, рослина втрачає воду, знижується її механічна стійкість, пагін згинається і деформується. Захворювання завдає значної шкоди сосні як у природних молодняках, так і в лісових культурах і розсадниках. [9]. Для рослин, уражених сосновим вертуном, використовують таку градацію ступенів ураження: слабкий – центральний пагін здоровий, не більше 10 % бічних пагонів хворі; середній – на центральному пагоні є виразки або викривлення, до 25 % бічних пагонів уражені хворобою; сильний – центральний і бічні пагони уражені протягом багатьох років, рослини мають куцисту форму [6]. Умови виникнення соснового вертуна та особливості його поширення у деревостанах досить детально описано в науковій і навчальній літературі [5]. Водночас процеси життєдіяльності дерев сосни, уражених цією хворобою, вивчені слабо.

Об'єкти та методи досліджень. Об'єктами досліджень були молоді лісові культури сосни звичайної *Pinus silvestris*, уражені сосновим вертуном (*Melampsora pinitorqua* (Br.) Rostr.) на території Західного Полісся в різних типах лісорослинних умов. Для вивчення стану молодих соснових насаджень, їх реакції на ураження хворобою, ми заклали 6 пробних площ на території Волинської та Рівненської областей (табл. 1). Дослідні дерева на ділянках 1-3 належать до слабого або середнього ступеня ураження сосновим вертуном, а на ділянках 4-6 хворі дерева сосни характеризуються сильним ступенем ураження.

Закладку пробних площ для визначення лісівничо-таксаційних показників дослідних соснових насаджень проводили відповідно до загальноприйнятої методики [8]. Ідентифікацію грибкових захворювань проводили за допомогою довідкової літератури [9]. Для проведення досліджень на кожній ділянці було відібрано за зовнішніми ознакам по 10 уражених фітохворобою і 10 здорових (контрольних) модельних дерев сосни.

Біоелектричні потенціали (БЕП) сосни звичайної вивчали за методикою Г.Т. Криницького [4]. Для вимірювання БЕП використовували високоомний біопотенціалметр і неполяризаційні хлорсрібні електроди. Вимірювання БЕП у культур сосни звичайної, уражених фітохворобами, здійснюють на рівні кореневої шийки відносно Землі.

Табл. 1. Лісівничо-таксаційні показники насаджень на дослідних ділянках (за таксаційними даними станом на 2011 р.)

№ пробної площі	Тип лісо-рослинних умов	Склад	Вік, років	Середні	
				Н, м	D, см
ДП "Володимирецьке ЛГ", Білоозерське лісництво, кв. 11, вид. 14					
1	A ₂ C	10Сз+Бп	9	2,0	4,0
ДП "Маневицьке ЛГ", Чарторийське лісництво, кв. 30, вид. 6.4					
2	B ₂ ДС	10Сз+Бп, Дз, Ос	5	0,9	1,9
ДП "Колківське ЛГ", Градівське лісництво, кв. 23, вид. 13.1					
3	A ₂ C	10Сз+Бп	5	1,1	2,9
ДП "Ківерцівське ЛГ", Тростянецьке лісництво, кв. 21, вид. 14					
4	B ₂ ДС	10Сз+Бп, Дз	10	2,2	3,5
ДП "Поліське ЛГ", Розничівське лісництво, кв. 16, вид. 11					
5	B ₂ ДС	10Сз+Бп, Дз	7	1,7	2,6
ДП "Ківерцівське ЛГ", Рожищенське лісництво, кв. 14, вид. 5					
6	B ₂ ДС	10Сз+Бп	7	1,1	2,5

Примітки: 1. Н – висота, D – діаметр на висоті 0,25 м. 2. Сз. – Сосна звичайна, Бп – береза повисла, Дз – дуб звичайний, Ос – осика.

Діелектричні характеристики прикамбіальних тканин лубу дерев сосни звичайної – імпеданс і поляризаційну ємність, визначали за допомогою приладу Ф 4320 [4]. Вимірювання показників проводили на частоті 1 кГц. Електроди вводили в луб дерев сосни на висоті 20...25 см для молодняків I класу і на висоті 1,3 м для молодняків II класу. Віддаль між електродами становила 2 см один від одного.

Результати дослідження. Проблему впливу *Melampsora pinitorqua* на функціональні аспекти життєдіяльності деревних рослин вивчено слабо. На біоелектричному рівні це питання ми дослідили вперше. Середньоденні показники БЕП дерев сосни звичайної, уражених сосновим вертуном, наведено в табл. 2.

Табл. 2. Середньоденні показники біоелектричних потенціалів дерев сосни, уражених сосновим вертуном

№ пр. пл.	Дата проведення замірів	Ступінь ураження дослідних дерев	БЕПкш, мВ			
			M ^{±m}	%	t _ф	V _з , %
1	03.08.2011	слабкий і середній	-43,8 ^{±1,8}	100	0,17	-11,8
			-44,3 ^{±2,3}	101,1		-14,7
2	09.08.2011	"	-48,2 ^{±3,1}	100	0,73	-18,0
			-51,5 ^{±3,3}	106,8		-18,2
3	11.08.2011	"	-35,8 ^{±2,0}	100	0,37	-15,4
			-36,9 ^{±2,2}	103,1		-17,2
4	16.08.2011	сильний	-57,6 ^{±2,0}	100	0,84	-10,0
			-54,2 ^{±3,3}	94,1		-18,2
5	18.08.2011	"	-44,4 ^{±2,3}	100	0,35	-14,5
			-43,0 ^{±3,3}	96,8		-21,4
6	25.08.2011	"	-57,0 ^{±1,9}	100	1,08	-9,6
			-52,7 ^{±3,3}	92,5		-18,7

Примітки: 1. У чисельнику контрольні (неуражені) дерева, у знаменнику – уражені. 2. Табличне значення t₀₅-критерія Стьюдента становить 2,26.

З табл. 2 видно, що середньоденні показники біоелектричних потенціалів кореневої шийки у контрольних дерев сосни становили -35,8...-57,6 мВ, а у рослин, уражених сосновим вертуном, змінювались у межах від -36,9 до -54,2 мВ. У дерев слабого і середнього ступенів ураження сосновим вертуном значення БЕП виявились на 1,1...6,8 % (t_ф=0,17...0,73; t₀₅=2,26) вищими, а сильного ступеня – на 3,2...7,5 % (t_ф=0,35...1,08) нижчими від контролю. В ослаблених хворобою дерев інтенсивність метаболічних процесів, а отже і біоелектричних потенціалів, може зростати. Проте тривале ураження сосновим вертуном призводить до ослаблення рослинного організму, в якому небезпечні процеси розвиваються прогресуючими темпами.

Результати вивчення денної динаміки біоелектричних потенціалів дерев сосни звичайної, уражених сосновим вертуном, наведено на рис. 1.

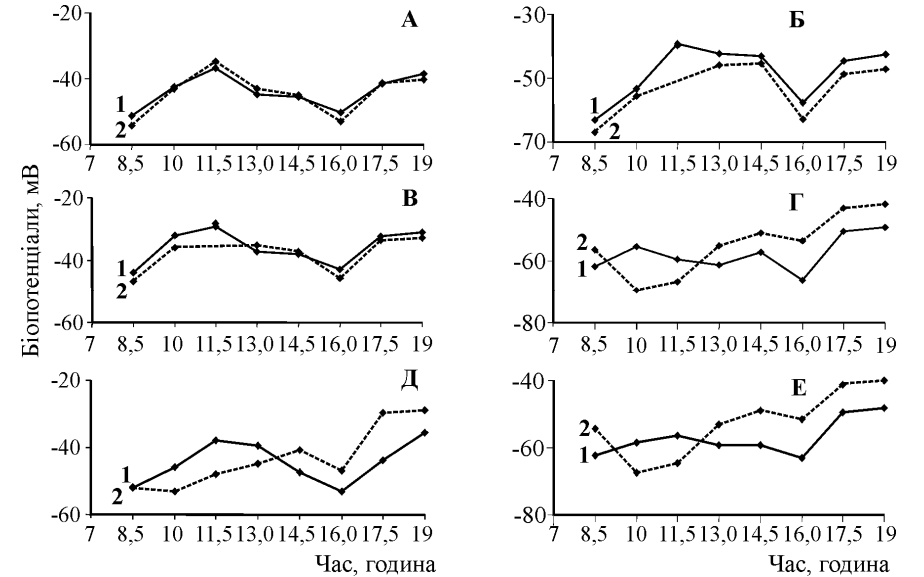


Рис. 1. Денна динаміка біоелектричних потенціалів дерев сосни, уражених сосновим вертуном: А – ділянка 1; Б – 2; В – 3; Г – 4; Д – 5; Е – 6; 1 – здорові дерева (контрольні); 2 – уражені (дослідні)

З рис. 1 видно, що характер денних біопотенціалограм дерев сосни залежить від ступеня їх ураження сосновим вертуном. Так, на ділянках 1...3 слабого і середнього ступеня ураження дерев сосни денні біопотенціалограми дослідних і контрольних дерев сосни абсолютно співпадають (рис. 1 А, Б, В). У них спостерігається швидке падіння абсолютних показників біоелектричних потенціалів у ранковий період з досягненням мінімуму об 11 години, зростання до 16 години і знову зниження до кінця дня. За даними Г.Т. Криницького [3], на території Західної України у насадженнях сосни звичайної переважають дерева, в яких спостерігається зниження абсолютних показників біоелектричних потенціалів кореневої шийки у першій половині дня з мінімальними значеннями опівдні, після чого встановлено зростання

величин БЕП у другій половині дня з тенденцією подальшого спаду ввечері. Отримані результати свідчать, що слабкий і середній ступені ураження дерев сосни сосновим вертуном не впливають на їх біоелектричну активність та зміни характеру метаболічної діяльності.

За умови сильного ураження дерев сосновим вертуном виявлено значні зміни у метаболічній діяльності дерев. На ділянках 4...6 у дослідних дерев денні біопотенціалограми характеризуються зростанням абсолютних показників БЕП у ранковий період до 10 години та тривалим їх зниженням упродовж всього дня (рис. 1 Г, Д, Е). Характерною особливістю сильно уражених дерев є зростання у них метаболічної активності у ранковий період та різке її зниження в інші періоди дня.

Одними з показників, які характеризують фізіологічний стан дерев, є діелектричні показники прикамбіальних тканин лубу. Імпеданс і поляризаційна ємність тісно пов'язані з процесами, що відбуваються в кроні та у кореневій системі дерев. Ми встановили, що в серпні 2011 р. імпеданс у моделей сосни звичайної змінювався в межах 9,0...10,1 кОм, а поляризаційна ємність – 2,41...2,94 нФ (табл. 3).

Табл. 3. Середньоденні діелектричні показники дерев сосни звичайної, уражених сосновим вертуном

№ пр. пл.	Дата проведення досліджень	Ступінь ураження дослідних дерев	Діелектричні показники					
			імпеданс, кОм			поляризаційна ємність, нФ		
			M ^{±m}	%	t _ф	M ^{±m}	%	t _ф
13	03.08.2011	слабкий і середній	9,5 ^{±0,8} 12,5 ^{±0,5}	100 131,6	3,18	2,55 ^{±0,12} 2,10 ^{±0,07}	100 82,4	3,24
14	09.08.2011	-//-	9,7 ^{±1,0} 10,6 ^{±0,6}	100 109,3	0,77	2,48 ^{±0,16} 2,08 ^{±0,11}	100 83,9	2,06
15	11.08.2011	-//-	9,6 ^{±1,3} 12,8 ^{±1,1}	100 133,3	1,88	2,59 ^{±0,15} 2,15 ^{±0,11}	100 83,0	2,37
16	16.08.2011	сильний	9,0 ^{±0,5} 15,2 ^{±1,7}	100 168,9	3,50	2,94 ^{±0,19} 1,80 ^{±0,20}	100 61,2	4,13
17	18.08.2011	-//-	10,1 ^{±0,5} 14,7 ^{±0,8}	100 145,5	4,88	2,41 ^{±0,13} 1,64 ^{±0,08}	100 68,0	5,04
18	25.08.2011	-//-	9,0 ^{±0,6} 13,9 ^{±1,4}	100 154,4	3,22	2,88 ^{±0,21} 1,85 ^{±0,20}	100 64,2	3,55

Примітки: 1. У чисельнику контрольні (неуражені) дерева, у знаменнику – уражені. 2. Табличне значення t₀₅-критерію Стьюдента становить 2,26.

Культури сосни, уражені сосновим вертуном, за величиною імпедансу перевищували контроль на 9,3...68,9 % (t_ф=0,77...4,88; t₀₅ = 2,26), а за показниками поляризаційної ємності відставали на 16,1...38,8 % (t_ф=2,06...5,04). Дерев слабкого та середнього ступенів ураження характеризуються досить високою інтенсивністю функціональних процесів, оскільки середньоденні показники імпедансу вищі за контроль всього на 9,3...33,3 %, а поляризаційної ємності нижчі на 16,1...17,6 %. Найбільш істотні відмінності за діелектричними параметрами виявлено між здоровими і сильно ураженими культурами. У них показник імпедансу перевищував контроль на 45,5...68,9 %, а величина поляризаційної ємності виявилась на 32,0...38,8 % нижчою. Це свід-

чить про істотне зниження життєвості дослідних дерев сильного ступеня ураження сосновим вертуном.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Здійснені дослідження засвідчують, що дерева сосни звичайної слабкого і середнього ступенів ураження сосновим вертуном за величиною біоелектричних потенціалів і діелектричних показників та характером денних біопотенціалограм не відрізняються від здорових дерев. Істотне зменшення величини БЕП і поляризаційної ємності та зростання імпедансу, а також порушення характеру метаболічних перетворень виявлено у дерев сильного ступеня пошкодження сосновим вертуном.

Література

- Графов Ю.А. Влияние вертуна на рост и формирование стволов в культурах сосны на вересковых вырубках каждой подзоны тайги / Ю.А. Графов // Материалы всесоюзного методического совещания по вопросу вредителей и болезней сосновых молодняков, 25-27 июня 1969 г. – Каунас, 1969. – С. 51-52.
- Киселевский Р.Г. Влияние интенсивности и способов проведения рубок ухода в сосновых молодняках Полесья на их устойчивость к поражению корневой губкой / Р.Г. Киселевский, П.С. Кравцова, И.Б. Шинкаренко // Лесоводство и агролесомелиорация : респ. межвед. темат. науч. сб. – К. : Вид-во "Урожай". – 1982. – Вып. 63. – С. 14-20.
- Криницький Г.Т. Морфологічні основи селекції деревних рослин : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-р біол. наук / Г.Т. Криницький. – К., 1993. – 46 с.
- Криницький Г.Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин / Г.Т. Криницький // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1992. – Вип. 23. – С. 3-10.
- Крутов В.И. *Melampsora pinitorqua* (A. Braun) Rostr. в сосновых молодняках Кольского полуострова и Карельской АССР / В.И. Крутов // Микология и фитопатология. – 1971. – Т. 5, вып. 4. – С. 366-373.
- Методи лесопатологического обследования (часть 6): // Все о лесном деле и деревообработке. – 2012. URL. [Электронный ресурс]. – Доступный с <http://www.allyears.ru/spravochnik-lesnichego/420-metody-lesopatologicheskogo-obsledovaniya-chast-6.html>. (Дата звернення: 05.09.2012).
- Нейко І.С. Стан та причини дигресії лісів Західного Полісся / І.С. Нейко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.4. – С. 37-42.
- ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустроительные. Метод закладки. – М. : ЦБНТИлесхоз, 1984. – 60 с.
- Шевченко С.В. Лесная фитопатология : учебник [для студ. ВНЗ] / С.В. Шевченко, А.В. Цилорик. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1986. – 384 с.

Рыбак Ю.Л. Электрофизиологические показатели деревьев сосны обыкновенной, поражённые сосновым вертуном

Изучены дневные изменения биоэлектрических потенциалов и диэлектрических показателей лесных культур сосны обыкновенной, поражённых сосновым вертуном в условиях Западного Полесья. Установлено, что болезнь у поражённых деревьев привела к значительному снижению величин биоэлектрических потенциалов корневой шейки и поляризационной ёмкости и существенного роста показателя импеданса.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сосновый вертун, поражение, биоэлектрический потенциал, импеданс, поляризационная ёмкость.

Rybak Yu.L. The electrophysiological indices of Scots pine infected by the *Melampsora pinitorqua*

We investigated the daily changes of bioelectric potentials and dielectric indices of Scots pine infected by the *Melampsora pinitorqua* and growing in the conditions of West Polissya. The infection by the root disease leads to decreasing content of bioelectric potentials of root collar and polarization capacity and significant increasing of impedance.

Keywords: Scots pine, *Melampsora pinitorqua*, infection, bioelectric potentials, impedance, polarization capacity.

УДК 630*627.3:535.35 *Аспір. О.І. Озарків; проф. Л.І. Копій, д-р с.-г. наук; доц. І.П. Тереля, канд. с.-г. наук; доц. М.В. Чернявський, канд. с.-г. наук – НЛТУ України, м. Львів*

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СКЛАДОВИХ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ЛІСУ

Проаналізовано сучасні теоретичні методи визначення прямої і розсіяної складових сонячного випромінювання. Наведено формули, що дають змогу розрахувати прямий та розсіяний потоки сонячного випромінювання як на горизонтальній поверхні, так і на схилах. Запропоновано підходи щодо розрахунку світлових режимів у лісі.

Ключові слова: сонячне випромінювання, атмосфера, географічна широта, кут нахилу, часовий кут, інтенсивність теплового потоку, хмарність, пряме і розсіяне випромінювання.

Вступ. Інтенсивність сумарного сонячного випромінювання визначається багатьма факторами, серед яких прозорість атмосфери, оптична маса атмосферного повітря тощо [1]. Існуючі на сьогодні методи розрахунку терморадіаційних характеристик базуються на емпіричних та напівемпіричних формулах розрахунку, що дають змогу встановити взаємозв'язки між ними і окремими елементами загального метеорежиму. Зокрема, детальний огляд цього розрахунку наведено в роботах [1-24].

Методика розрахунку. У загальному випадку сумарне випромінювання Сонця за певний проміжок часу описується рівнянням

$$q_{\Sigma} \equiv S_{\Sigma} = \int_0^{\tau} S \cdot d\tau = \int_0^{\tau} f(\tau) d\tau, \quad (1)$$

де: $f(\tau)$ – функціональна залежність від часу τ , прозорості атмосфери P_a і кількості оптичних мас m або висоти Сонця h_s , S – інтенсивність сонячного випромінювання.

Взаємозв'язок між масою m і висотою Сонця h_s виражається співвідношенням

$$m = \frac{1}{\sinh S}, \quad (2)$$

Водночас, значення $\sin h_s$ визначаємо

$$\sinh S = \sin \varphi \cdot \sin \delta_S + \cos \varphi \cdot \cos \delta_S \cdot \cos \tau_S, \quad (3)$$

де: φ – географічна широта місцевості; δ_S – кут нахилення Сонця; τ_S – часовий кут Сонця, що відраховується від південного напрямку;

$$\tau = \frac{T}{2\pi} \cdot \tau_S, \quad (4)$$

де T – тривалість доби в годинах.

Варто зауважити, що під час розрахунків добових сум сонячного випромінювання приймаємо, що значення φ і δ_S , як і прозорість атмосфери, протягом дня залишаються постійними. Тому, в цьому випадку крива добового ходу інтенсивності сонячного випромінювання відносно половини дня може виразитися рівнянням

$$q_{\Sigma} \equiv S_{\Sigma} = 2 \int_0^{\tau} f(\tau) d\tau = \frac{T}{\pi} \int_0^{\tau_0} S \cdot d\tau = \frac{T}{\pi} \int_0^{\tau_0} F(\tau_{\alpha}) d\tau_{\alpha}, \quad (5)$$

де: τ – час сходу або заходу Сонця, хв.; τ_{α} – часовий кут Сонця.

Для прямої сонячної енергії випромінювання, що падає на горизонтальну поверхню, розрахунок можливих сум із врахуванням коефіцієнта прозорості Бугера P_a здійснюємо за формулою [4]

$$q_{\Sigma,np} \equiv S_{\Sigma,np} = S_0 \cdot \sinh S = S_0 \cdot P^m \cdot \sinh S = S_0 \cdot P^{\left(\frac{1}{\sinh S}\right)} \cdot \sinh S, \quad (6)$$

де $q_{0,np}(S_0)$ – інтенсивність прямого випромінювання на верхній границі атмосфери. Приблизне значення $S_{\Sigma,np}$ може бути отримане методом числового інтегрування. Один із варіантів розрахунку сумарного випромінювання на довільно орієнтовану в просторі поверхню запропонували І.М. Зейдіс та В.П. Некрасов [8]. Оптичну масу значень зенітного кута Сонця $Z_S < 70^\circ$ визначаємо за формулою

$$m = \frac{1}{\cos Z_S}. \quad (7)$$

За великих значень Z_S ($Z_S > 70$) величину m підбираємо шляхом лінійної інтерполяції за допомогою таблиць Бемпорадо.

$$\cos Z_S = \sin \varphi \cdot \sin \delta_S + \cos \varphi \cdot \cos \delta_S \cdot \cos \omega, \quad (8)$$

де: δ_S – нахил Сонця; ω – часовий кут Сонця. Азимут Сонця A_S , який відраховуємо від півночі, визначимо за формулою:

$$\sin A_S = -\frac{\cos \delta_S \cdot \sin \omega}{\sin Z_S}; \quad (9)$$

$$\cos A_S = \frac{\cos Z_S \cdot \sin \varphi - \sin \delta_S}{\sin Z_S \cdot \cos \varphi}. \quad (10)$$

У табл. 1 і 2 наведено відповідно сонячний енергетичний потенціал України та значення прямої та розсіяної складових питомого теплового потоку сонячного випромінювання, що падає на 1 м^2 горизонтальної поверхні з безхмарного неба для м. Львова (50° пн. широти, 24E східної довготи).

Табл. 1. Сонячний енергетичний потенціал України [1]

Період	Сонячна радіація, що досягає поверхні ґрунту в Україні	
	МДж/м ²	кВт/м ²
січень	75	21
липень	600	167
За рік	4050	1125