

available in more study period 3, or even all 4 periods: Play, Rivne, Chernivtsi, White Church, Fastow, Poltava, Kropivnitskiy, Volyn, Svitlovodsk, Sinelnikovo, Gift 'yivka, Debaltseve, Lyubashevka Ascania Nova, lower Sirogozy.

- It was found that most of the stations with the maximum number of cases of categories AEs ice deposits that often repeated in the entire study period observed in Kharkiv, Vinnytsia, Kirovohrad and Crimea.

*Keywords:* meteorological station, ice deposition category AEs centers sediments, resistance centers sediments.

**Пясецкая С. И. Устойчивость центров отложения гололеда категории ОЯ в Украине во второй половине XX ст. – начале XXI ст.** В статье выявлено и исследовано метеорологические станции на которых наблюдалось максимальное количество случаев отложений гололеда категории ОЯ на территории Украины в месяцы холодного и отдельные месяцы теплого периода года на протяжении ряда периодов: климатологической стандартной нормы 1961-1990 гг, а также 1991-2000, 2001-2010 и 2011-2015 гг. Установлено, что во всех областях Украины на протяжении исследуемых периодов существуют метеорологические станции с максимальным количеством случаев отложения гололеда категории ОЯ, которые повторяются в большинстве исследуемых месяцев. Это свидетельствует об определенной устойчивости центров этих отложений во времени и пространстве, а также свидетельствуют о не случайности именно этих отложений. В месяцы теплого периода года не всегда метеорологические станции с максимальным количеством случаев с отложениями категории ОЯ совпадают с другими исследуемыми месяцами. В большинстве областей на протяжении исследуемых 4-х месяцев установлено ряд метеорологических станций с максимальным количеством случаев обложений гололеда категории ОЯ, которые повторяются от одного периода к другому. Однако есть и такие, которые отмечаются только в одном из этих периодов и не присутствуют в других.

*Ключевые слова:* метеорологические станции, отложения гололеда категории ОЯ, центры отложений, устойчивость центров отложений.

*Надійшла до редколегії 10.01.2018*

УДК 504.4:661.92

**Польовий А. М., Кузнєцова Ю. О.**

*Одеський державний  
екологічний університет*

### **МОДИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ФОТОСИНТЕЗ СОСНИ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

*Ключові слова:* фотосинтез, модель, кліматичні фактори, ліс, сосна кримська, сосна звичайна, південь України

**Постановка проблеми.** Інформаційні технології сьогодення є невід'ємною частиною прогресування науки і вирішення проблем існування людства. Завдяки їм цивілізація здатна розвиватися і ліквідувати побічні наслідки свого існування.

Науковці всього світу використовують інформаційні технології для отримання результатів, які є необхідними в практичній діяльності. Створення, дослідження та використання моделей об'єктів реалізується завдяки моделюванню. Воно надає змогу використовувати інформацію про об'єкти дослідження, пізнавати їх властивості та розуміти закономірності їх поведінки.

Під моделлю розуміється об'єкт будь-якої природи (мислено уявлена або матеріально реалізована система), котрий, відображаючи чи відтворюючи в певному сенсі об'єкт дослідження, здатний замінити його так, що вивчення моделі дає нову інформацію про об'єкт [1].

Серед існуючих видів моделювання найбільш практичним і універсальним є метод математичного моделювання. Математична модель – сукупність математичних співвідношень, рівнянь, нерівностей, що описують основні закономірності, властиві досліджуваного процесу, об'єкту або системи.

Виділяють декілька видів моделювання: динамічні або статистичні, детерміновані або стохастичні, дискретні або дискретно - неперервні; лінійні чи нелінійні; з розподіленими або зосередженими параметрами; аналітичні, імітаційні чи комп'ютерні [2].

Автори E. Wang, Yo. Nakauma, M. Tomita [3] запропонували модель фотосинтезу з використанням системи E-CELL для імітаційного клітинного моделювання. В університеті Кейо, в Японії, розроблений пакет програмного забезпечення E-CELL. За допомогою нього було створено прототип моделі Кальвена (темної фази фотосинтезу),

а також розширену модель для моделювання всього метаболічного потоку клітини для світлових реакцій. Ферментні реакції і параметри в цій моделі базуються на математичних моделях G. Pettersson і U. Ryde-Pettersson, а також A. Laisk [3]. Отримані моделі надають змогу порівнювати відмінності в регуляції обміну різноманітних фотосинтетичних систем та їх реакцію на зміни навколишнього середовища.

Кінетичну модель фотосистеми II других вищих рослин розроблено Mark G. Pollman, David A. Fell, Simon Thomas [3]. Модель може виявляти альтернативні стаціонарні стани низького або високого потоку асиміляції вуглецю з гістерезисом у переходах між стаціонарними станами, що викликані зовнішніми факторами, такими як наявність фосфату і зміни інтенсивності освітлення. Вона надає можливості будувати і досліджувати реалістичні моделі циклу Кальвіна, які дозволяють прогнозувати ймовірні наслідки втручання генних маніпуляцій.

Просту модель динаміки фотосинтезу надано Marcelo Shoeu de Oliveira Massunaga, Carlos Eduardo Novo Gatts, Affonso Guidaio Gomes і Helion Vargas [3]. Особливістю є заміна повного набору хімічних реакцій на більш прості. Моделювання включає два кроки: крок збудження світла, який є простішою частиною, і модель для ефективних хімічних процесів у реакціях, що відбуваються в темряві. У моделі використано набір диференціальних рівнянь.

Моделювання і керування процесом фотосинтезу було розроблено M. G. Pollman, D. A. Fell, S. Thomas [3]. Модель може виявляти альтернативні стаціонарні стани низького або високого потоку асиміляції вуглецю з гістерезисом у переходах між стаціонарними станами, що викликані зовнішніми факторами, такими як наявність фосфату і зміни інтенсивності освітлення. Дана модель дозволяє прогнозувати ймовірні наслідки втручання генних маніпуляцій[3].

Доцільним є використання моделювання задля дослідження процесу фотосинтезу в асиміляційному апараті шпилькових. Метою дослідження є вивчення продуктивності шпилькових в умовах зміни клімату Півдня України. Моделювання фотосинтезу включає в себе багато кроків, зважаючи на складність процесу. Існує багато моделей фотосинтезу, які активно використовуються науковцями всього світу.

### Матеріали і методи досліджень.

Зважаючи на мету дослідження, доцільним є використання моделі розрахунку фотосинтезу рослинного покриву на ПЕОМ, розробленої А. М. Польовим, яка знаходиться у фонді алгоритмів та програм кафедри метеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету.

Даний метод розрахунку характеристик інтенсивності фотосинтезу реалізується за допомогою даних стандартних гідрометеорологічних спостережень. Він реалізований на мові «Фортран» для ПЕОМ і призначений для оцінки умов росту сільськогосподарських культур в Україні. Передбачається, що розрахунки за допомогою запропонованого методу можуть виконуватися як за даними окремих станцій так і за середньорайонними або середньообласними даними [4; 5].

Дослідження процесу фотосинтезу асиміляційним апаратом дасть змогу проаналізувати вплив досліджуваного об'єкта на утримання тих кліматичних змін, які вже відбулися. Моделювання його фотосинтезу та продуктивності зважаючи на природні умови продемонструє залежність від метеорологічних факторів даного регіону.

Програма на ПЕОМ для розрахунку фотосинтезу рослинного покриву, запропонована А. М. Польовим, дозволяє вести оцінку впливу агрометеорологічних умов на процес фотосинтезу посівів сільськогосподарських культур. Метод, що пропонується, реалізовано на мові «Фортран» з використанням стандартної агрометеорологічної інформації, що надходить в оперативному режимі із спостережливої мережі Гідрометеорологічної служби України.

Вона може бути реалізована як за даними окремої станції, так і за осередненими характеристиками по районах, по областях та ґрунтово-кліматичних зонах території України.

**Результати досліджень.** Розрахунок фотосинтезу рослинного покриву здійснюється за допомогою трьох груп даних: опис географічного пункту (метеорологічної станції), для якого виконується розрахунок; агрометеорологічна інформація конкретного року; параметри моделі.

Опис географічного пункту (метеорологічної станції) включає:

$\varphi$  - географічну широту географічного пункту (метеорологічної станції);

$W_{HB}$  - найменшу вологомісткість

напівметрового шару ґрунту;

До складу групи поточної агрометеорологічної інформації входять:

фенологічні дані - дати настання фаз розвитку: сходів (відновлення вегетації), дозрівання (воскової стиглості) культури;

$n$  – кількість розрахункових декад від сходів відновлення вегетації до воскової стиглості;

$nn$  – кількість днів у кожній розрахунковій декаді;

$no$  – кількість днів від 21 березня до сходів (відновлення вегетації);

$M1$  – дата сходів (відновлення вегетації) – дата місяця, коли наступила фаза;

$M2$  – порядковий номер місяця, коли наступила фаза сходів (відновлення вегетації);

$ts$  – середня за декаду температура повітря;

$ss$  – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

$dv$  – кількість днів у розрахунковій декаді;

$W(0)$  – запаси продуктивної вологи у 0–50 см шарі ґрунту.

Параметри моделі включають наступні характеристики:

$T0$  – біологічний нуль культури, для якої ведеться розрахунок;

$\sum t_{эф}$  – сума ефективних температур за період вегетації;

$\sum t_{max1}$  – сума ефективних температур за період від сходів (відновлення вегетації) до колосіння (викидання волоті) – за період, коли формується максимальна площа листя посіву;

$\sum t_{max2}$  – сума ефективних температур за період від сходів (відновлення вегетації) до цвітіння – сума ефективних температур за період, коли площа листя посіву починає зменшуватися;

$LAI_{max}$  – максимальна площа листової поверхні;

$k$  – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та нормальній концентрації;

$b$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу;

$W_{НВ}$  – найменша вологомісткість метрового шару ґрунту;

$t_{opt}^{\Phi}$  – оптимальна температура процесу фотосинтезу [4].

Зважаючи на групи даних та особливості даного методу розрахунку фотосинтезу рослинного покриву було здійснено

адаптування до асиміляційного апарату шпилькових на основі агрометеорологічних даних по ст. Херсон та результатів власних досліджень.

На Півдні України в Херсонській області знаходиться Олешківське (колишнє – Цюрупинське) лісомисливське господарство. Площа його становить 7094 га. На 95 % деревостани мають штучне походження. На території відсутні рілля, багаторічні насадження, лісові розсадники. Лісові землі займають 90 % загальної площі, 8,1 % належить рухомим піскам, 0,4 % – болотам.

Деревостан представлений шпильковими. Так, сосна кримська займає – 52 %, сосна звичайна – 38 % залісненої території [6; 7; 8].

Аналізуючи лісотаксаційні показники господарства, для дослідження було обрано переважаючі породи за площами – сосна кримська IV класу віку і сосна звичайна V класу віку.

Хвоя обраних шпилькових для проведення аналізу відбиралась поблизу с. Підлісне, Голопристанського району Херсонської області. Забір здійснювався щодакдно починаючи з осені 2015 р. і здійснюється понині.

Шпилькові характеризуються цілорічним вегетаційним періодом в помірних широтах. Зважаючи на поставлену мету і предмет дослідження, особлива увага приділена саме періоду за який відбувається розвиток хвої. Він припадає з III декади березня і по III декаду травня.

Модифікація моделі розрахунку фотосинтезу рослинного покриву до асиміляційного апарату шпилькових реалізувалась шляхом створення на ПЕОМ файлу даних, які відповідають обраному об'єкту дослідження.

Перший рядок вміщає чотири числа: назву пункту, в даному випадку – Херсон, оскільки агрометеорологічні дані надані саме Херсонським гідрометеорологічним центром і об'єкт дослідження знаходиться поблизу міста; рік складання; дату і місяць проведення розрахунку.

Другий рядок файлу даних, який містить: кількість розрахункових декад, зважаючи на предмет дослідження і термін його вегетаційного періоду – це 7 декад; кількість днів від початку відліку до відновлення вегетації; дату і місяць відновлення вегетації; географічну широту станції, яка веде спостереження за агрометеорологічними показниками, необхідними для реалізації розрахунку.

Третій рядок містить масив запасів продуктивної вологи в напівметровому шарі ґрунту. В даному випадку, зважаючи на те, що забір ґрунту під лісовими екосистемами не здійснюється, до уваги беруться результати аналізу ґрунту даної місцевості під паром. Отже, модифікується розрахунок рослинного покриву під об'єкт дослідження.

Четвертий рядок файлу даних складає масив середньодекадних температур повітря, наданий Херсонським гідрометеорологічним центром.

П'ятий рядок містить інформацію про кількість годин сонячного сяйва в розрахункових декадах.

Шостий – масив кількості днів в розрахункових декадах.

Сьомий рядок представлений сьома числами, а саме: біологічний нуль культури, для якої ведеться розрахунок; в даному випадку для шпилькових півдня України він складає 5 °С; суму ефективних температур за вегетаційний період – асиміляційний апарат шпилькових розвивається за період від III декади березня до III декади травня; суму ефективних температур за період вегетації, суму ефективних температур, коли відбувається максимальний розвиток листка, в нашому випадку – хвоя; суму ефективних температур за період, коли площа листя починає зменшуватися; максимальну площу листя; інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та нормальній концентрації; початковий нахил світлової кривої фотосинтезу; оптимальну температуру процесу фотосинтезу.

У результаті розрахунку на ПЕОМ фотосинтезу послідовно за кожну декаду розрахункового періоду виводиться три розрахункові таблиці. Перша з яких містить дані, які були введені. Друга містить номер розрахункової декади (Дек), номер розрахункової доби (Доба), середня за декаду ефективна температура повітря ( $ts_1$ , °С), сума ефективних температур наростаючим підсумком ( $ts_2$ , °С), інтенсивність ФАР на верхній межі посіву ( $J_0$ , кал/см<sup>2</sup> хв), інтенсивність ФАР в посіві ( $J_L$ , кал/см<sup>2</sup> хв), значення функції впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу ( $ksif_1$ , відносні одиниці), значення функції впливу вологозабезпеченості на інтенсивність фотосинтезу ( $gamf$ , відносні одиниці).

Третя таблиця демонструє площу листя посіву ( $LL$ , м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>), інтенсивність фотосинтезу посіву при оптимальних умовах по температурі повітря та вологозабезпеченості

( $FOL$ , мг CO<sub>2</sub> /дм<sup>2</sup> год.), інтенсивність фотосинтезу в польових умовах ( $FtL$ , мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год.), фотосинтез посіву за добу ( $FL$ , г/м<sup>2</sup> добу), приріст загальної маси посіву за декаду ( $DM$ , г/м<sup>2</sup> декаду).

Результати розрахунку для ПЕОМ внаслідок модифікації моделі дозволяють вести оцінку впливу агрометеорологічних умов на процес фотосинтезу шпилькових обраної місцевості (табл. 1, 2).

Таблиці містять наступні дані:  $ts_1$  – середня за декаду ефективна температура (град);  $ts_2$  – сума ефективних температур наростаючим підсумком (град);  $J_0$  – середня за декаду інтенсивність ФАР над пагоном (кал/см<sup>2</sup> хв.);  $J_L$  – середня за декаду інтенсивність ФАР в пагоні (кал/см<sup>2</sup> хв.);  $ksif_1$  – температурна крива фотосинтезу, відносно одиниці;  $gamf$  – функція впливу вологи ґрунту на фотосинтез, відносно одиниці.

У таблицях 1-4 продемонстровано результати моделювання фотосинтезу хвої сосни кримської і сосни звичайної за 2017р. в умовах Півдня України.

Результати моделювання показують, що середня за декаду ефективна температура для даного регіону дослідження змінювалась від 3,3 до 12,2 °С. Сума ефективних температур наростаючим підсумком за вегетаційний період хвої підвищувалась від 36,3 до 517,5 °С. Середня за декаду інтенсивність ФАР над пагоном для обох видів шпилькових змінювалась від 0,25 до 0,33 кал/см<sup>2</sup> хв. Середня за декаду інтенсивність ФАР в пагоні в хвої сосни кримської становила від 0,12 до 0,5 кал/см<sup>2</sup> хв., а у сосни звичайної 0,17 – 0,09 кал/см<sup>2</sup> хв.

Аналіз отриманих результатів моделювання демонструє прямопропорційну залежність інтенсивності фотосинтезу від температури.

Показники інтенсивності фотосинтезу хвої сосни кримської різняться від показників сосни звичайної, що пояснюється різними площами хвої.

Розраховано приріст загальної маси посіву за декаду для обох видів сосни (табл. 3, 4). Таблиці містять:  $LAI$  – площа листя посіву (мм<sup>2</sup>),  $FOL$  – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах по температурі повітря і вологості ґрунту, мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год.,  $FtL$  – інтенсивність фотосинтезу в польових умовах, мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год;  $FL$  – фотосинтез пагонів за добу, г/м<sup>2</sup> добу,  $DM$  – приріст загальної маси пагонів за декаду, г/м<sup>2</sup> декаду.

Таблиця 1 – Впливаючі агрометеорологічні фактори на хвою сосни кримської (*Pinus nigra ssp. Pallasiana*) IV класу віку за 2017р.

Дек.	Доба	ts1	ts2	J0	JL	ksif1	gamf
1	11	3.3	36.3	0.25	0.12	0.30	0.51
2	21	4.0	76.3	0.18	0.05	0.30	0.42
3	31	3.2	108.3	0.21	0.06	0.30	0.75
4	41	5.6	164.3	0.30	0.09	0.40	0.56
5	51	12.2	286.3	0.33	0.10	0.86	0.47
6	61	9.7	383.3	0.28	0.08	0.69	0.30
7	72	12.2	517.5	0.30	0.11	0.86	0.42

Таблиця 2 – Впливаючі агрометеорологічні фактори на хвою сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L) V класу віку

Дек.	Доба	ts1	ts2	J0	JL	ksif1	gamf
1	11	3.3	36.3	0.25	0.17	0.30	0.51
2	21	4.0	76.3	0.18	0.09	0.30	0.42
3	31	3.2	108.3	0.21	0.11	0.30	0.75
4	41	5.6	164.3	0.30	0.15	0.40	0.56
5	51	12.2	286.3	0.33	0.17	0.86	0.47
6	61	9.7	383.3	0.28	0.14	0.69	0.30
7	72	12.2	517.5	0.30	0.17	0.86	0.42

Таблиця 3 – Площа листя, фотосинтез, приріст маси сосни кримської (*Pinus nigra ssp. Pallasiana*) IV класу віку за 2017 р.

Декада	Доба	LAI	FOL	FtL	FL	DM
1	11	2.3	1.2	0.1	0.2	2.1
2	21	5.0	1.2	0.1	0.6	4.8
3	31	5.0	1.2	0.3	1.2	8.8
4	41	5.0	1.2	0.2	0.8	5.7
5	51	5.0	1.2	0.0	0.2	1.5
6	61	5.0	1.2	0.0	0.0	0.0
7	72	3.6	1.2	0.0	0.0	0.0

Таблиця 4 – Площа листя, фотосинтез, приріст маси сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L) V класу віку за 2017р.

Декада	Доба	LAI	FOL	FtL	FL	DM
1	11	0.9	1.2	0.1	0.1	0.8
2	21	2.0	1.2	0.1	0.3	1.9
3	31	2.0	1.2	0.2	0.5	3.5
4	41	2.0	1.2	0.2	0.3	2.2
5	51	2.0	1.2	0.0	0.1	0.6
6	61	2.0	1.2	0.0	0.0	0.0
7	72	1.5	1.2	0.0	0.0	0.0

Результати розрахунку площі, фотосинтезу і приросту хвої шпилькових відрізняються. Площа хвої протягом перших шести декад сосни кримської змінюється від 2,3 до 5 мм<sup>2</sup>, а сосни звичайної - від 0,9 до 2 мм<sup>2</sup>. Різниця в площі хвої досліджуваних шпилькових становить 3 мм<sup>2</sup>. Інтенсивність фотосинтезу за оптимальних умов по температурі і вологості ґрунту для обох шпилькових становить 1,2 СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год. Інтенсивність фотосинтезу в польових умовах у сосни кримської зростає протягом перших чотирьох декад від 0,1 до 0,3 СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год., а у сосни звичайної - від 0,1 до 0,2 СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год. Фотосинтез пагонів за добу відрізняється на

0,7 г/м<sup>2</sup>. Зростання даного показника спостерігається протягом перших трьох декад: у сосни кримської від 0,2 до 1,2 г/м<sup>2</sup>, а у сосни звичайної від 0,1 до 0,5 г/м<sup>2</sup>. Показник приросту загальної маси пагонів за декаду у сосни кримської зростає від 2,1 до 8,8 г/м<sup>2</sup>, а у сосни звичайної від 0,8 до 3,5 г/м<sup>2</sup>. Приріст хвої сосни кримської на 5,3 г/м<sup>2</sup> більший.

Отримані результати моделювання демонструють активний ріст маси хвої, починаючи з I декади. З IV декади відзначається зниження усіх показників. При чому, приріст асиміляційного апарату сосни кримської IV класу віку відбувається інтенсивніше ніж у сосни звичайної V класу віку.

**Висновки.** Результати розрахунків фотосинтезу рослинного покриву за модифікованою моделлю стосовно до асиміляційного апарату шпилькових проведено з найменшими корегуваннями даних. Середня за декаду ефективна температура для даного регіону дослідження змінювалась від 3,3 до 12,2 °С. Сума ефективних температур наростаючим підсумком за вегетаційний період хвої підвищувалась від 36,3 до 517,5 °С. Середня за декаду інтенсивність ФАР над пагоном для обох видах шпилькових змінювалась від 0,25 до 0,33 кал/см<sup>2</sup> хв. Середня за декаду інтенсивність ФАР в пагоні в хвої сосни кримської становила від 0,12 до 0,5 кал/см<sup>2</sup> хв., а у сосни звичайної 0,17 – 0,09 кал/см<sup>2</sup> хв.

Результати розрахунку площі, фотосинтезу і приросту хвої шпилькових відрізняються. Площа хвої сосни кримської змінюється від 2,3 до 5 мм<sup>2</sup>, а сосни звичайної від 0,9 до 2 мм<sup>2</sup> протягом перших шести декад. Різниця в площі хвої досліджуваних шпилькових становить 3 мм<sup>2</sup>. Інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах по

температурі і вологості ґрунту для обох шпилькових становить 1,2 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год. Інтенсивність фотосинтезу в польових умовах у сосни кримської зростає протягом перших трьох декад від 0,1 до 0,3 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год., а у сосни звичайної від 0,1 до 0,2 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год. протягом перших чотирьох декад. Фотосинтез пагонів за добу відрізняється на 0,7 г/м<sup>2</sup>. Зріст даного показника спостерігається протягом перших трьох декад: у сосни кримської від 0,2 до 1,2 г/м<sup>2</sup>, а у сосни звичайної від 0,1 до 0,5 г/м<sup>2</sup>. Показник приросту загальної маси пагонів за декаду у сосни кримської зростає від 2,1 до 8,8 г/м<sup>2</sup>, а у сосни звичайної від 0,8 до 3,5 г/м<sup>2</sup>. Приріст хвої сосни кримської на 5,3 г/м<sup>2</sup> більший.

Отримані результати, демонструють успішну реалізацію мети і доцільність застосування даного методу для розрахунку фотосинтезу шпилькових в умовах Півдня України. Подальші дослідження у цьому напрямку полягають у вивченні заліснення території даного регіону при прогресуванні глобального потепління.

#### Список літератури

1. Сергєєв П. В., Комп'ютерне моделювання технологічних процесів переробки корисних копалин (практикум) / Сергєєв П. В., Білецький В. С. – Маріуполь: Східний видавничий дім, 2016. – 119 с.
2. Кветний Р. Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1: навч. посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О.Р. ; за заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 191 с.
3. Ковирьова О. В. Моделі фотосинтезу та комп'ютерна оцінка стану рослин / О. В. Ковирьова // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2010. – № 9. – С. 72–81.
4. Практикум з сільськогосподарської метеорології: навчальний посібник / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко, В. М. Ситов, О. Є. Ярмольська. – Одеса, 2002. – 400 с.
5. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем / А. М. Польовий. – Одеса, 2013. – 430 с.
6. Проект організації і розвитку ДП «Цюрупинське лісомисливське господарство» Херсонського обласного управління лісового і мисливського господарства. – Ірпінь: Укрдержліспроєкт, 2011. – 192 с.
7. Робочий проект створення лісових культур на згарищах Цюрупинського лісництва ДП «Цюрупинське ЛМГ». – Харків, 2008. – 188 с.
8. Настанови з ведення лісового господарства в Нижньодніпровських лісах / НДІ лісового господарства і агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. – Херсон: Херсонліс, 2001. 120 с.

**Польовий А.М., Кузнєцова Ю.О. Модифікація моделі впливу кліматичних факторів на фотосинтез сосни в умовах півдня України.** У статті описується метод розрахунку фотосинтезу рослинного покриву та його модифікація до шпилькових Півдня України. Визначено місце моделювання, як рушійної сили розвитку науки. Наведено існуючі моделі розрахунку фотосинтезу. Продемонстровано складові методу розрахунку фотосинтезу рослинного покриву, розробленого Польовим А. М. Розписано дані, які необхідні для реалізації даної моделі. Розписано модифікацію методу до шпилькових, які обрані об'єктом дослідження. За предмет дослідження обрано хвою шпилькових, оскільки вона являється продуктивним асимілюючим апаратом. Продемонстровано розрахунки даної модифікації. Зроблено аналіз отриманих результатів. Зроблено висновок щодо успішності реалізації модифікації методу розрахунку фотосинтезу рослинного покриву до шпилькових.

Середня за декаду ефективна температура для даного регіону дослідження змінювалась від 3,3 до 12,2 °С. Сума ефективних температур наростаючим підсумком за вегетаційний період хвої підвищувалась від 36,3 до 517,5 °С. Середня за декаду інтенсивність ФАР над пагоном для обох видах шпилькових змінювалась від 0,25 до 0,33 кал/см<sup>2</sup> хв. Середня за декаду інтенсивність ФАР в пагоні в хвої сосни кримської становила від 0,12 до 0,5 кал/см<sup>2</sup> хв., а у сосни звичайної 0,17 – 0,09 кал/см<sup>2</sup> хв. Результати розрахунку площі, фотосинтезу і приросту хвої шпилькових відрізняються. Площа хвої сосни кримської змінюється від 2,3 до 5 мм<sup>2</sup>, а сосни звичайної від 0,9 до 2 мм<sup>2</sup> протягом перших шести

декад. Різниця в площі хвої досліджуваних шпилькових становить 3 мм<sup>2</sup>. Інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах по температурі і вологості ґрунту для обох шпилькових становить 1,2 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год. Інтенсивність фотосинтезу в польових умовах у сосни кримської зростає протягом перших трьох декад від 0,1 до 0,3 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год., а у сосни звичайної від 0,1 до 0,2 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> год. протягом перших чотирьох декад. Фотосинтез пагонів за добу відрізняється на 0,7 г/м<sup>2</sup>. Зріст даного показника спостерігається протягом перших трьох декад: у сосни кримської від 0,2 до 1,2 г/м<sup>2</sup>, а у сосни звичайної від 0,1 до 0,5 г/м<sup>2</sup>. Показник приросту загальної маси пагонів за декаду у сосни кримської зростає від 2,1 до 8,8 г/м<sup>2</sup>, а у сосни звичайної від 0,8 до 3,5 г/м<sup>2</sup>. Приріст хвої сосни кримської на 5,3 г/м<sup>2</sup> більший.

*Ключові слова:* фотосинтез, модель, метеорологічні умови, ліс, сосна кримська, сосна звичайна, південь України,

**Polevoy A.M., Kuznetsova Yu.O. Modification of The model of Influence of climatic factors on photosynthesis in the conditions of the south of Ukraine.** The article describes the method of calculation of plant vegetation photosynthesis and its modification to the spikes in the South of Ukraine. The object of the study is the Tsyurupinsk forest-hunting farm, which is located in the Kherson region, on the Nizhnedneprovsky sands. Artificial forest in the Steppe zone of Ukraine is of interest as a factor influencing the climate of this area. The subject of the study is pine needles, which is dominant. The place of simulation is determined as the driving force behind the development of science. The existing modeling methods that are most often used in practice are described. Existing models of calculation of photosynthesis are presented and the second is specified considered what are the models based and what results can be obtained for their use. Component of the method of calculation of vegetation photosynthesis, developed by Polevoy A. M., is demonstrated. The proposed method is implemented in Fortran language using standard agrometeorological information. The data can be used both for a single station and average characteristics for areas, regions and soil - climatic zones. The blocks of data necessary to calculate the intensity of photosynthesis are shown. The data necessary for the implementation of this model is drawn up. The modification of the method to the studs, which were chosen as the object of research, is described. For the subject of research, the pinholes of studs are chosen, because it is a productive assimilation apparatus. The calculations of this modification are shown in the form of tables. They allow us to see the influencing agrometeorological factors and the area, growth, photosynthesis of the research subject. The results of the simulation are presented separately for the Crimean pine and for the common pine.

The average of the decade's effective temperature for this region of the study varied from 3,3 to 12,2 °C. The sum of effective temperatures with an increasing amount during the growing season of the needle increased from 36,3 to 517,5 °C. The average per decade intensity of the FAR over the shoots for both types of hairpins varied from 0,25 to 0,33 cal/cm<sup>2</sup> min. For the decade, the intensity of the FAR in the shoots of the Crimean pine needles was from 0,12 to 0,5 cal/cm<sup>2</sup>, while in the pine usual 0,17-0,09 cal/cm<sup>2</sup> min. The results of the calculation of the area, photosynthesis and growth of the needle pin are different. The area of the Crimean pine needles varies from 2,3 to 5 mm<sup>2</sup>, and the pine is usual from 0,9 to 2 mm<sup>2</sup> during the first six decades. The difference in the area of the needles of the studied studs is 3 mm<sup>2</sup>. The intensity of photosynthesis under optimal conditions on the temperature and humidity of the soil for both studs is 1,2 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> h. The intensity of photosynthesis in the field conditions in the Crimean pine grows during the first three decades from 0,1 to 0,3 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> h., and in the pine common from 0,1 to 0,2 CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> h. during the first four decades. Photosynthesis of shoots per day differs by 0,7 g/m<sup>2</sup>. The height of this indicator is observed during the first three decades: in the Crimean pine from 0,2 to 1,2 g/m<sup>2</sup>, and in the pine common from 0,1 to 0,5 g/m<sup>2</sup>. The indicator of the growth of the total mass of shoots for a decade in the Crimean pine increases from 2,1 to 8,8 g/m<sup>2</sup>, and in the pine usual from 0,8 to 3,5 g/m<sup>2</sup>. The growth of the Crimean pine needles is 5,3 g/m<sup>2</sup> larger.

An analysis is made of the results obtained in the modification of the model for the calculation of photosynthesis. A conclusion is made on the success of the modification of the method for calculating vegetation photosynthesis to the hairpin.

*Keywords:* photosynthesis, model, meteorological conditions, forest, Crimean pine, common pine.

**Полевой А. Н., Кузнецова А. Ю. Модификация модели влияния климатических факторов на фотосинтез сосны в условиях юга Украины.** В статье описывается метод расчета фотосинтеза растительного покрова и его модификация к хвойным на Юге Украины. Определено место моделирования, как движущей силы развития науки. Представлено существующие модели расчета фотосинтеза. Продемонстрировано составляющие модели расчета фотосинтеза растительного покрова, разработанной Полевым А. Н. Расписано данные, которые необходимы для реализации данной модели. Расписано модификацию метода к сосновым, которые являются объектом исследования. За предмет исследования избрано хвою сосновых, поскольку она является продуктивным ассимиляционным аппаратом. Продемонстрированы расчеты данной модификации. Сделан анализ полученных результатов. Сделан вывод относительно успешности реализации модификации метода расчета фотосинтеза растительного покрова применительно к хвойным.

Средняя за декаду эффективная температура для данного региона исследования изменялась от

3,3 до 12,2 °С. Сумма эффективных температур нарастающим итогом за вегетационный период хвои повышалась от 36,3 до 517,5 °С. Средняя за декаду интенсивность ФАР над побегом для обоих видов хвойных менялась от 0,25 до 0,33 кал/см<sup>2</sup> мин. Средняя за декаду интенсивность ФАР в побеге в хвое сосны крымской составляла от 0,12 до 0,5 кал/см<sup>2</sup> мин., а у сосны обыкновенной 0,17 - 0,09 кал/см<sup>2</sup> мин. Результаты расчета площади, фотосинтеза и прироста хвои для обоих видов сосновых отличаются. Площадь хвои сосны крымской меняется от 2,3 до 5 мм<sup>2</sup>, а сосны обыкновенной от 0,9 до 2 мм<sup>2</sup> в течение первых шести декад. Разница в площади хвои исследуемых хвойных составляет 3 мм<sup>2</sup>. Интенсивность фотосинтеза при оптимальных условиях по температуре и влажности почвы для обеих хвойных составляет 1,2 СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> ч. Интенсивность фотосинтеза в полевых условиях у сосны крымской возрастает в течение первых трех декад от 0,1 до 0,3 СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> ч., а у сосны обыкновенной от 0,1 до 0,2 СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup> ч в течение первых четырех декад. Фотосинтез побегов в сутки отличается на 0,7 г/м<sup>2</sup>. Рост данного показателя наблюдается в течение первых трех декад: у сосны крымской от 0,2 до 1,2 г/м<sup>2</sup>, а у сосны обыкновенной от 0,1 до 0,5 г/м<sup>2</sup>. Показатель прироста общей массы побегов за декаду у сосны крымской возрастает от 2,1 до 8,8 г/м<sup>2</sup>, а у сосны обыкновенной от 0,8 до 3,5 г/м<sup>2</sup>. Прирост хвои сосны крымской на 5,3 г/м<sup>2</sup> больше

*Ключевые слова:* фотосинтез, модель, метеорологические условия, лес, сосна крымская, сосна обыкновенная, юг Украины.

*Надійшла до редколегії 11.01.2018*

УДК 551.51

**Недострелова Л. В., Чумаченко В. В.**  
*Одеський державний екологічний університет,*  
**Недострелов В. В.**  
*АМЦ Одеса*

### **АНАЛІЗ ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ КІЛЬКОСТІ ВИПАДКІВ ГРОЗ НА АЕРОДРОМІ ОДЕСА**

*Ключові слова:* грозова активність, кількість випадків, сезонний розподіл

**Постановка проблеми.** Гроза – це атмосферне явище, що виявляється у вигляді електричних розрядів в купчасто-дошових хмарах – блискавок. Зазвичай блискавки виникають між поверхнями землі і хмар. Іноді електричні спалахи можуть проходити всередині хмари [1-4]. Одночасно на Землі діє близько півтори тисячі гроз, середня інтенсивність розрядів оцінюється як 46 блискавок на секунду. По поверхні планети грози розподіляються нерівномірно. Над океаном гроз спостерігається приблизно в десять разів менше, ніж над континентами. У тропічній та субтропічній зоні (від 30° північної широти до 30° південної широти) зосереджено близько 78 % всіх розрядів блискавок. Максимум грозової активності припадає на Центральну Африку. Інтенсивність гроз слідує за сонцем: максимум гроз спостерігається влітку (у середніх широтах) і години після полудня. Мінімум зареєстрованих гроз припадає на час перед сходом сонця [5]. Грози в Україні постійно трапляються навіть у зимові місяці. Особливо небезпечні вони в степовій зоні, удари блискавок вражають усе, що хоч трохи піднімається над траву або чагарником [6]. Блискавка – електричний розряд між хмарами або між хмарою і землею. У процесі утворення опадів у хмарі відбувається

електризація крапель або льодяних частинок. Внаслідок сильних висхідних потоків повітря в хмарі утворюються відокремлені області, заряджені різнойменними зарядами. Коли напруженість електричного поля у хмарі або між нижньою зарядженою областю і землею досягає пробійного значення, виникає блискавка. При такій погоді, виникають грозові хмари. Як правило, ця подія супроводжується громом, зливою, градом і сильним вітром.

Висока густина населених пунктів та агропромислових об'єктів на півдні України, інтенсивність повітряних перевезень у міжнародному аеропорту Одеса та будівництва висотних споруд вимагає підвищення уваги до попередження руйнівних наслідків стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ). Одними з найнебезпечніших СГЯ для життєдіяльності суспільства є різноманітні конвективні явища, тобто зливи, грози, град, шквали та смерчі. Вони суттєво впливають на життя, здоров'я і господарську активність людини. Наприклад, поразка людей, літальних апаратів блискавками, перешкоди радіозв'язку, перебої в електропостачанні – ось далеко не повний перелік негативних чинників, пов'язаних з грозами.

Метою роботи стало вивчення грозової діяльності на аеродромі Одеса за 2013-2017