

Sherman Oaks
California (USA)
2022

The background of the cover is a dark blue abstract image. It features a wireframe globe in the center, with a network of white lines and dots connecting various points across the surface, suggesting a global network or data flow. The text is centered over this background.

CURRENT ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

COLLECTIVE MONOGRAPH

CURRENT ASPECTS
OF THE DEVELOPMENT
OF SCIENCE AND
TECHNOLOGY

Compiled by
Viktor Shpak

Chairman of the Editorial Board
Stanislav Tabachnikov

GS PUBLISHING SERVICE
SHERMAN OAKS
2022

КОСТЮКЕВИЧ Тетяна Костянтинівна

канд. геогр. наук,

Одеський державний екологічний університет

ORCID ID: 0000-0002-1952-8839

КОЛОСОВСЬКА Валерія Валеріївна

канд. геогр. наук,

Одеський державний екологічний університет

ORCID ID: 0000-0002-7490-6812

ДАНІЛОВА Наталія Василівна

канд. геогр. наук

Одеський державний екологічний університет

ORCID ID: 0000-0003-4595-1208

Україна

ВПЛИВ ЗАМОРОЗКІВ НА УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН ЗА КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН СЬОГОДЕННЯ ТА МАЙБУТНЬОГО

Проблема збереження природного довкілля, його взаємовідносин із людиною залишається дуже актуальною і посилюється згодом. Напруженість цього процесу наростає зі зростанням як антропогенних впливів, так й природних чинників, серед яких далеко не останню роль грають чинники катастрофічних проявів у природі і небезпечні погодні явища. Вони завдають велику екологічну шкоду, яка проявляється у негативному впливі на здоров'я і життя людини, і на його економічний добробут, і на можливість спокійного співіснування з елементами природи. До таких явищ можна віднести заморозки.

Заморозками називають зниження температури повітря або ґрунту до 0 °C і нижче, зазвичай вночі або в ранні ранкові години, при позитивній середній температурі. Таке зниження температури навесні, восени і особливо літом створює небезпечні екологічні ситуації, що викликають загибель рослин. Інтенсивність і повторюваність заморозків додатково характеризує величину екологічного стресу для рослин, і в першу чергу – для сільськогосподарських культур, впливаючи на вегетацію рослин. Виникнення заморозків у певні фази онтогенезу створює

ризики серйозного пошкодження та загибелі сільськогосподарських культур¹.

Виникнення та розвиток заморозків зумовлюють метеорологічні чинники динамічного характеру та метеорологічні фактори місцевого характеру². За ступенем переважання цих явищ виділяють три типи процесу виникнення заморозків: адвективні заморозки – пов'язані з пересуванням холодних мас повітря з інших районів; радіаційні заморозки, які виникають внаслідок інтенсивного нічного випромінювання підстилаючої поверхні; при одночасному впливі обох факторів – заморозки змішаного типу. Прихований заморозок відноситься до радіаційного типу заморозків. У фізичній моделі радіаційного вихолоджування поверхні такий тип заморозку може виникати в приповерхневому шарі повітря (у шарі знаходження вегетуючих рослин).

На розподіл заморозків важливий вплив мають фізико-географічні характеристики та місцеві умови території. Часто важливе значення мають такі місцеві умови, як близькість великих водойм, форми рельєфу та навіть фізичні властивості ґрунту. Внаслідок цього у близько розташованих пунктах значно відрізняються дати початку та закінчення заморозків. Найбільш морозонебезпечними є захищені глибокі долини, вологі низовини, галявини, осушені заплави³.

У зв'язку зі змінами клімату зміщуються зони вирощування малостійких до заморозків культур та сортів, що надає додаткову значущість та актуальність вивченню процесів виникнення заморозків. Особливо актуальним є дослідження факторів виникнення прихованих заморозків у зв'язку з підвищеною увагою до страхування посівів. Своєчасне вжиття заходів для захисту сільськогосподарських культур від заморозків може суттєво зменшити втрати, що завдаються цим небезпечним явищем. Про актуальність цієї проблеми для сільськогосподарського рослинництва в різних регіонах свідчать численні дослідження, в рамках яких проводилися тривалі спостереження за виникненням заморозків у всьому світі.

Дослідження особливості просторово-часового розподілу строків появи та закінчення заморозків у повітрі на території України було проведено І. М. Олексієнко та В. І. Затулою. В роботі наведено середні,

1 Гольцберг И. А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. Ленинград : ГМИ, 1961. 198 с.; Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай: Монография. Одесса: 2011. 291 с.; Мищенко З.А. Агроклиматология. Одесса, 2006. 540 с.

2 Чудновский А. Ф. Заморозки. Ленинград : Гидрометеиздат, 1949. 240 с

3 Гольцберг И. А. Некоторые закономерности распространения заморозков в зависимости от рельефа и подстилающей поверхности. Ленинград : Гидрометеиздат, 1948. С.16-20.

найраніші та найпізніші дати останніх весняних і перших осінніх заморозків у повітрі. Приведено дані про середню, найбільшу та найменшу тривалість періоду без заморозків. Визначено середнє квадратичне відхилення дат та коефіцієнт варіації для тривалості періоду без заморозків. Проведене дослідження дало змогу отримати нові кліматологічні характеристики заморозків на території України та виявити в подальшому, наскільки вони змінилися порівняно із кліматологічною стандартною нормою.

Для території України І.М. Олексієнко⁴ було розроблено кліматичний прогноз заморозку. Ймовірності останнього весняного й першого осіннього заморозку в повітрі та на поверхні ґрунту розраховано для кожної фізико-географічної зони. Також, побудовано ряд номограм для визначення дат останнього весняного та першого осіннього заморозку в повітрі й на поверхні ґрунту різної ймовірності, які можуть використовуватися в сучасній агрометеорологічній практиці, зокрема, з метою кліматологічного прогнозу основних характеристик заморозку.

Дослідження ризиків весняних заморозків для виробництва яблук за майбутніх кліматичних сценаріїв було розроблено Е. Екселем та Р. Ри⁵. Для підтвердження своєї гіпотези, що у контексті глобального потепління загальна тенденція до ранніх дат цвітіння багатьох видів дерев помірного поясу, ймовірно, призведе до підвищеного ризику пошкодження впливу морозу вони використали фенологічну модель цвітіння яблуні. Модель (A2 та B2) була застосована до температурного ряду двох місць у важливій для вирощування яблук області в Європі (Трентіно, Італія). У моделі використовувалися дати цвітіння протягом останніх 40 років і змодельовані дати цвітіння на наступні 50 років. У минулому чітко простежувалася значна тенденція до раннього цвітіння. Аналіз ризиків підтвердив низький ризик впливу заморозків в даний час, ніж у минулому.

Вплив заморозків на умови цвітіння виноградної лози за умов зміни клімату у Великій Британії було розглянуто в роботі британських вчених⁶. Передбачалось, що вирощування винограду у Великій Британії та

4 Олексієнко І.М., Затула В.І. Просторово-часовий розподіл останніх весняних та перших осінніх заморозків у повітрі на території України за 1991-2010 рр. Наук.праці УкрНДГМІ. Київ, 2011. Вип. 260. С. 67-79.

5 Олексієнко І.М. Кліматичний прогноз заморозку на території України. Наук.праці УкрНДГМІ. Київ, 2012. Вип. 263. С. 66-80.

6 Mosedale J. R., Wilson R. J., and Maclean I. M. Climate change and crop exposure to adverse weather: changes to frost risk and grapevine flowering conditions. 2015. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141218> (дата звернення 24.10.2022).

багатьох інших регіонах з холодним кліматом виграє від вищих температур вегетаційного періоду, прогнозованих у майбутніх кліматичних сценаріях. Використовуючи прогнози майбутніх кліматичних сценаріїв з високою роздільною здатністю для південно-західної Англії та моделі фенології виноградної лози, в роботі було досліджено, як ризики, пов'язані з урожаєм виноградників у прохолодному кліматі, змінюються залежно від майбутніх кліматичних умов. Результати показали, що ризик несприятливих умов під час цвітіння знижується за всіх майбутніх кліматичних сценаріях. Навпаки, ризик пізніх весняних заморозків збільшується у багатьох майбутніх кліматичних прогнозах через зсув термінів розпускання бруньок.

Оцінка впливу високих та низьких температур на умови розвитку пшениці в критичні періоди вегетації на території Північного Китаю було розглянуто в роботі китайських вчених⁷. Для дослідження біла використана сільськогосподарська модель APSIM. Виявлено, що екстремальні температури вплинуть на врожайність пшениці, але збільшення кількості опадів та підвищена концентрація CO₂ в атмосфері може частково компенсувати втрату врожаю. У майбутніх кліматичних сценаріях ризик впливу високих температур під час цвітіння не зазнав значних змін, але ризик заморозків навесні дещо збільшився, головним чином через потепління клімату, що прискорює розвиток пшениці, за рахунок чого період цвітіння відбувається в більш прохолодний період. Результати показали, що при потеплінні клімату слід побоюватися не лише ризику спеки, а й ризику заморозків.

Дослідниками з Південної Кореї було розглянуто можливість зниження ризику пошкодження весняними заморозками рослин за рахунок урбанізації⁸. Згідно досліджень, потепління, пов'язане з урбанізацією, може знизити ризик пошкодження рослин весняними заморозками в міських районах, які швидко розвиваються.

Заморозки в період активного росту рослин можуть завдати значної шкоди від заморозків з величезними економічними втратами та серйозними екологічними наслідками. Потепління клімату може призвести до зниження частоти та серйозності ушкодження рослинності заморозками, але підвищення температури наприкінці зими і на по-

7 Bai H., Xiao D., Wang B., Liu D.L et al. Simulation of Wheat Response to Future Climate Change Based on Coupled Model Inter-Comparison Project Phase 6 Multi-Model Ensemble Projections in the North China Plain. *Frontiers in Plant Science*. 2022. V.13. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829580> (дата звернення 12.10.2022).

8 Gim HJ, Ho CH, Kim J, Lee EJ. Urbanization may reduce the risk of frost damage to spring flowers: A case study of two shrub species in South Korea. *PLoS One*. 2018. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5802852/> (дата звернення 7.10.2022).

чатку весни може викликати так звану «хібну весну», тобто ранній початок вегетації, за яким йдуть періоди холоду, що призводить до збільшення пошкоджень від морозу. Дослідження на території Європи⁹ показали, що тимчасові зміни ризику пошкодження весняними заморозками при недавньому потеплінні значною мірою різняться залежно від виду культури рослини. Культури, що є особливо чутливими до потепління клімату, зазвичай піддавалися підвищеному ризику пошкодження морозами. Географічно, в порівнянні з континентальними районами, морські та прибережні райони в Європі були більш схильні до збільшення частоти заморозків, і ці пізні весняні заморозки ставали все суворішими в морських та прибережних районах. Результати досліджень показують, що, навіть якщо в майбутньому температура буде підвищуватися, деякі фенологічно чутливі види рослин зазнають більших збитків від заморозків в умовах майбутнього потепління клімату.

Фенологія рослин відноситься до періодичних біологічних явищ, що виникають в результаті адаптації до умов навколишнього середовища, таких як температура, вологість та світло. Зміна фенології рослин свідчити про вплив змін клімату на біофізичні системи. Глобальна приземна температура з 1970 року зростала швидше, ніж будь-коли за попередні 2000 років¹⁰. Така швидка зміна клімату значно змінила фенологію рослин протягом останніх кількох десятиліть. Наприклад, у 1971–2000 роках у Європі 78 % термінів листопаду, цвітіння та плодоношення наступали раніше¹¹. Аналогічні весняні фенологічні тренди спостерігалися також у Китаї¹² та Америці¹³. Фенологія рослин також впливає на поглинання вуглецю та водний обмін наземних екосистем. Отже, більш глибоке розуміння реакції фенології зміну клімату може допомогти передбачити майбутню динаміку екосистеми.

9 Ma Q, Huang JG, Hänninen H et al. Divergent trends in the risk of spring frost damage to trees in Europe with recent warming. *Global Change Biology*. 2019. V.25 P. 351-360. URL: <https://doi.org/10.1111/gcb.14479> (дата звернення 7.10.2022).

10 IPCC (2021). "Summary for Policymakers," in *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. eds. M.-D. Valérie, Z. Panmao, P. Anna, L. C. Sarah, P. Clotilde, and B. Sophie, et al. (Cambridge: Cambridge University Press) in press. 2021.

11 Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E. et al. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Glob. Chang.* 2006. V.12. P.1969–1976. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x> (дата звернення 22.09.2022).

12 Ge Q., Wang H., Rutishauser T., Dai J. Phenological response to climate change in China: a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 2015. V.21, P.265–274. URL: <https://doi.org/10.1111/gcb.12648>. (дата звернення 10.09.2022).

13 Ellwood E. R., Temple S. A., Primack R. B., Bradley N. L. et al. Record-breaking early flowering in the eastern United States. *PLoS One* 8. 2013. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053788> (дата звернення 10.11.2022).

Згідно останніх досліджень¹⁴ пізні осінні та зимові похолодання в період спокою також відіграють ключову роль у модулюванні весняної фенології. Оскільки охолодження може допомогти рослинам позбутися ендодорманії взимку, рослини, які зазнали більшого охолодження, могли швидше розкрити бруньки за тих же умов початку вегетації. Отже, фенологічні моделі, які враховують як зимове похолодання, так і весняний вплив заморозків, можуть більш точно моделювати весняні фенологічні зміни¹⁵. Зимове потепління може призвести до меншого охолодження рослин у період спокою і, таким чином, до затримки початку вегетації, але підвищення температури за рахунок весняного потепління має випереджальний ефект. Таким чином, потепління має подвійний вплив на весняну фенологію. Відносний внесок охолодження та впливу на весняні фенологічні зміни для багатьох важливих видів рослин на сьогодні все ще до кінця не зрозумілий та потребує більш детального та масштабного дослідження.

DOI: 10.51587/9798-9866-95914-2022-010-12-17

-
- 14 Zhang R., Lin J., Wang F., Shen S. et al. The chilling requirement of subtropical trees is fulfilled by high temperatures: A generalized hypothesis for tree endodormancy release and a method for testing it. *Agric. For. Meteorol.* 2021a. P.298-299. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108296> (дата звернення 12.11.2022).
- 15 Hänninen, H., Kramer, K., Tanino, K., Zhang, R., Wu, J., and Fu, Y. H. Experiments are necessary in process-based tree phenology modelling. *Trends Plant Sci.* 2019. 24, 199–209. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.006> (дата звернення 10.11.2022).