



CLIMATE-SMART AGRICULTURE: SCIENCE AND PRACTICE

2023

Scientific monograph



ISMA INFORMĀCIJAS
SISTĒMU
ANNO 1994 MENEDŽMENTA
AUGSTSKOLA

АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ТЕПЛОВІ РЕСУРСИ ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

Заець С. О., Вольвач О. В., Юзюк С. М.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-389-7-7>

ВСТУП

Із факторів довкілля тепло найбільш суттєво впливає на ріст і розвиток рослин. Тепло вважається одним з факторів життя, разом з світлом, повітрям, вологою і поживними речовинами¹. У відповідності із законом рівнозначності факторів життя тепло, як і будь-який інший фактор, не можна замінити другими факторами². Вже давно встановлено, що температура повітря і ґрунту (як показники теплозабезпеченості) визначають життєві процеси, що відбуваються у рослинах. Біохімічні та біофізичні процеси протікають тим швидше, чим вище температура (звичайно, до визначеної межі). Крім того тепло є одним з основних факторів росту та впливає на формування урожаю^{3, 4, 5}.

Дослідженнями багатьох біологів та агрометеорологів визначені залежності швидкості розвитку від середніх добових температур повітря, виявлені температурні межі, небезпечні для культурних рослин. Також відомо, що на ріст та розвиток рослин суттєво впливає добова амплітуда коливань температури (чим вона більше, тим швидше відбувається процес росту та розвитку. Величина амплітуди коливань повітря також впливає на якість урожаю.

¹ Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 632 с.

² Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 250 с.

³ Hollinger, S. E., Angel, J. R. Weather and Crops. *Illinois Agronomy Handbook*, 2009. P. 1–12.

⁴ E. Magaia, W. Yanliang, S. Zeipina Crop production and temperature. *University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences Publication Series*, 2015. Vol. 41. P. 6–12.

⁵ Syazwani N., Zuriati Z., Shaza E., A Bakar J., Hirofumi H. Importance of Soil Temperature for the Growth of Temperate Crops under a Tropical Climate and Functional Role of Soil Microbial Diversity. *Microbes and Environments*. 2018, Jul. 4. № 33 (2). P. 144–150. DOI: 10.1264/jsme2.ME17181

Кожній рослині для розвитку потрібна певна кількість тепла. Кількість тепла, необхідну рослинам для завершення вегетаційного циклу, називають біологічної сумою температур. Вона визначається як арифметична сума середніх добових температур за період від початку до закінчення вегетаційного періоду рослини. Температурна межа початку та кінця вегетації, або критичний рівень, що обмежує активний розвиток культур, отримав назву біологічного нуля чи мінімуму. Для різних екологічних груп культур біологічний нуль неоднаковий. Наприклад, більшість зернових культур помірного поясу (ячмінь, жито, пшениця та інші) він дорівнює 5 °С. Для кукурудзи, гречки, бобових, соняшнику, цукрових буряків, а також для плодкових чагарникових та деревних культур помірного поясу 10 °С, для субтропічних культур (рис, бавовник, цитрусові) 15 °С⁶.

Оскільки потреби у теплі у різних рослин та їх сортів змінюється у великих межах, а ресурси тепла суттєво змінюються у просторі та у часі, в агрокліматології врахуванню тепла відводиться першочергове місце⁷.

1. Методи оцінки теплозабезпеченості територій

Для врахування термічних ресурсів території використовують суму активних температур. Цей показник запропоновано в 19 ст. французьким біологом, сільськогосподарським дослідником та громадським діячем Адріаном Гаспареном. Перебуваючи на посаді завідувача кафедри сільського господарства у Версальському агрономічному інституті, він приймав участь у написанні сільськогосподарської енциклопедії (“*Maison rustique du XIX siècle*”). Також відомі такі його роботи як «Землеробська механіка» та «Фермерство, посібник для землевласників».

Однак Г. Т. Селянинов теоретично розробив та деталізував цей показник лише в 1930 р. Він представляє собою арифметичну суму всіх середніх добових температур за період, коли ці температури перевищують певний термічний рівень: 5, 10 або 15 °С. Щоб зробити висновок про можливість вирощування культури в досліджуваному районі, необхідно порівняти між собою два показники: суму біологічних температур, що виражає потребу рослини в теплі, і суму активних температур, яка накопичується в даній місцевості. Перша величина завжди повинна бути меншою за другу.

⁶ Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 632 с.

⁷ Міщенко З. А., Ляшенко Г. В. Мікрокліматологія : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 336 с.

Також Г. Т. Селянинов надав схему класифікації сільськогосподарських культур за трьома основними ознаками, що характеризують відношення рослин до термічного режиму, а саме:

- 1) за коливаннями середньомісячної температури протягом вегетаційного періоду та формі кривої річного ходу температури повітря;
- 2) за рівнем температури початку росту;
- 3) за сумою температур за період активного росту та розвитку (в межах 10 °С).

За кліматологічну ознаку початку вегетації невимогливих до тепла озимих культур та деяких інших злаків (за Г. Т. Селяниновим) слід приймати дату стійкого переходу середньодобової температури повітря через 5 °С. Для середньовимогливих до тепла культур початок вегетації визначається переходом температур через 10 °С, а для теплолюбних – через 15 °С. За кліматичну ознаку закінчення вегетації слід приймати відповідно дати стійкого переходу середньодобової температури повітря через 5, 10 та 15 °С восени⁸.

Дослідження та обґрунтування використання в агрокліматології сум активних температур, проведені у ХХ столітті також пов'язані з іменами Ф. Ф. Давітая, М. І. Будико, П. І. Колоскова, Д. І. Шашко та інших видатних вчених.

2. Сучасний стан досліджень теплових ресурсів території сільськогосподарського виробництва

Окремо слід відзначити дослідження З. А. Міщенко та Г. В. Ляшенко, у яких автори наводять характеристики добового ходу температури повітря з агрокліматичним обґрунтуванням їх використання для сільськогосподарської оцінки клімату^{9, 10}. Також авторами розглянуто методи розрахунків показників термічного режиму та теплових ресурсів дня та ночі, надано оцінку мезо та мікрокліматичної мінливості теплових ресурсів дня і ночі у складному рельєфі на території України, приведено комплексне районування їх з урахуванням мікроклімату.

Н. В. Кирнасівською узагальнено дуже актуальні дослідження з агрокліматичної оцінки теплового режиму діяльної поверхні та ґрунтів з

⁸ Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 632 с.

⁹ Міщенко З. А., Ляшенко Г. В. Мікрокліматологія : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 336 с.

¹⁰ Ляшенко Г. В. Агрокліматичне районування України за тепловими ресурсами дня та ночі з урахуванням мезо-і мікроклімату. *Культура народів Причорномор'я*. 2005. № 65. С. 16–21.

урахуванням мікроклімату. Також нею проведено порівняльну оцінку показників ресурсів тепла в повітрі та орному шарі ґрунту, а також надані методи їх розрахунків^{11, 12}.

Стосовно визначення дат переходу температури повітря через різні пороги в умовах сучасного клімату фахівцями Українського гідрометеорологічного інституту проведено ґрунтовні дослідження, які базуються на метеорологічній інформації 185 станцій мережі Державної гідрометеорологічної служби за період 1961–2005 рр. Проведено порівняння з кліматологічною стандартною нормою за 1961–1990 рр. та виявлено зміни у датах стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С весною та восени на території України¹³.

Окрім сум активних температур, розрахованих за період, протягом якого середньодобова температура була вище 5, 10 або 15 °С, в агрокліматології використовують ряд показників, що характеризують умови перезимівлі рослин (озимих або плодкових культур). Це критичні температури, що пошкоджують рослини, показники холодостійкості та морозостійкості рослин, середні показники з абсолютних річних мінімумів температури повітря та ґрунту та інші¹⁴.

Також треба відзначити, що переважна більшість існуючих досліджень термічного режиму і теплових ресурсів території, як українських, так і зарубіжних вчених, проводиться з врахуванням не тільки сучасних кліматичних умов, а й з врахуванням змін клімату, що відбуваються внаслідок глобального потепління, яке вже є безперечним фактом.

Оскільки умови перезимівлі є лімітуючими для плодкових культур, група молдавських фахівців-кліматологів провела дослідження закономірності формування зимових полів температур із застосуванням сучасних методів багатовимірного статистичного аналізу¹⁵. В результаті було вивчено часову мінливість зимової температури, проведено оцінку

¹¹ Кирнасівська Н. В., Шулякова І. Г. Агрокліматична оцінка клімату ґрунтів Північного Причорномор'я на прикладі кукурудзи. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 68–77. doi: 10.31481/uhmj.26.2020.06

¹² Кирнасівська Н. В., Колеснікова О. А. Клімат ґрунтів Вінницької області. *Імперативи збереження ґрунтів. Виклики сьогодення* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 5 грудня 2022 року

¹³ Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату. Київ : Ніка-Центр, 2010. 304 с.

¹⁴ Міщенко З. А., Ляшенко Г. В. Мікрокліматологія : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 336 с.

¹⁵ Constantinova T., Nedealkova M., Daradur M., Raileanu V., Nicolenco A. Climatic potential of the Republic of Moldova, its changes and influence on agricultural production. *Prace geograficzne*. 2002. № 110. P. 88–98.

умов перезимівлі та визначені фактори, що впливають на вирощування кісточкових порід (персика та абрикоса) в складному рельєфі Молдови.

Стосовно вирощування винограду під керівництвом Г. В. Ляшенко виконано аналіз ресурсів тепла і вологи по десятиріччях з 1946 по 2014 рр. у розрізі теплового й холодного періодів на території центральних районів Північного Причорномор'я¹⁶. Як показники ресурсів тепла і вологи розглядаються традиційні сума активних температур повітря за період з середньодобовою температурою вище 10 °С і кількість опадів. Виявлено особливості коливань ресурсів тепла і вологи та встановлено їх тренди на найближчі роки.

Враховуючи, що температурні умови впливають не тільки на кількість, але й на якість урожаю, у роботі¹⁷ виконано дослідження впливу термічного режиму (зокрема, добового режиму температур) на цукристість і кислотність ягід винограду для умов Південного Причорномор'я.

Дослідження кліматологічної придатності транскордонного регіону Польща-Німеччина-Чехія для вирощування винограду винних сортів було проведене фахівцями Вроцлавського інституту географії та регіональних досліджень¹⁸. Відзначимо, що транскордонний регіон – це територія щонайменше двох різних країн, що мають спільний державний кордон, між якими встановились тісні виробничі і соціально-економічні зв'язки.

Автори даного дослідження посилаються на більш ранні роботи інших європейських фахівців, які стверджують, що сучасні зміни клімату мають великий вплив на сільськогосподарське виробництво з точки зору вирощування різних культур^{19, 20, 21}.

¹⁶ Ляшенко Г. В., Мельник Е. Б., Суздalова В. І. Тренди показників ресурсів тепла і вологи в центральних районах виноградарства Північного Причорномор'я. *Виноградарство і виноробство*. 2016. Вип. 53. С. 130–138.

¹⁷ Ляшенко Г. В., Соборова О. М. Моделювання формування якості винограду технічних сортів під впливом агрометеорологічних умов в Південному Причорномор'ї. *Фізична географія та геоморфологія*. 2017. Вип. 1 (85). С. 13–121.

¹⁸ Kryza M., Szymanowski M., Błaś M., Migala K., Werner M., Sobik M. Observed changes in SAT and GDD and the climatological suitability of the Poland-Germany-Czech Republic transboundary region for wine grapes cultivation. *Theoretical and Applied Climatology*. 2015. Vol. 122. Issue. 1–2. P. 207–218. DOI: 10.1007/s00704-014-1296-7

¹⁹ Olesen J. E., Bindi M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*. 2002. Vol. 16. P. 239–262.

²⁰ Lobell D. B., Cahill K. N. & Field C. B. Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change*. 2007. Vol. 81. P. 187–203. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9141-3>

²¹ Lobell D.B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L. Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*. 2008. Vol. 319. Issue 5863. P. 607–610. DOI: 10.1126/science.1152339

В свою чергу автори²² також відзначають, що зміна кліматичних умов, зокрема, сум активних (SAT) та ефективних (GGD – growing degree days, тобто сума температур вище будь-якого порогу) температур вище 10 °С, яка спостерігається протягом періоду 1971–2010 рр. впливає на фенологію лози та хімічний склад винограду, тривалість часу збору врожаю, а також сприяє підвищенню концентрації виноградного цукру та збільшенню рівня алкоголю у вині.

Спостережувані тенденції SAT і GDD роблять транскордонну територію Польщі та Німеччини придатною для вирощування винного винограду, навіть для пізньостиглих сортів, які більш вимогливі до акумульованого тепла. Також дослідниками відзначається статистично значуща тенденція щодо збільшення загальної площі, придатної для вирощування винного винограду²³.

Фахівцям-помологам давно відомо, що надто ранній або надто пізній збір урожаю негативно впливають на лежкість плодів через більшу частоту фізіологічних розладів і небезпеку появи інфекцій грибкових захворювань. Тому вельми актуальним є дослідження²⁴, проведене стосовно визначення оптимальних термінів збирання двох найбільш поширених у Польщі сортів яблук – Чемпіон та Ліголь. Після восьми років досліджень (1999–2006 рр.) оптимальною датою збирання було прийнято дату накопичення SAT вище 0 °С для сорту Чемпіон на рівні 2550 °С, а для сорту Ліголь – на рівні 2600 °С.

Можна відзначити, що у багатьох дослідженнях температурний діапазон, що характеризує сучасну або очікувану за будь-якими сценаріями теплозабезпеченість рослин, порівнюється з результатами аналізу за попередніми кліматичними нормами та відстежується зміна параметрів протягом досліджуваного періоду.

Так, азербайджанські дослідники²⁵, використовуючи дані багаторічних температурних спостережень 8 гідрометеорологічних станцій, розташованих вздовж Каспійського моря із застосуванням статистичних методів провели порівняння окремих компонентів, що характеризують теплозабезпеченість рослин протягом 1992–2006 рр., з

²² Kryza M., Szymanowski M., Błaś M., Migala K., Werner M., Sobik M. Observed changes in SAT and GDD and the climatological suitability of the Poland-Germany-Czech Republic transboundary region for wine grapes cultivation. *Theoretical and Applied Climatology*. 2015. Vol. 122. Issue. 1–2. P. 207–218. DOI: 10.1007/s00704-014-1296-7

²³ Ibid.

²⁴ Łysiak G. The sum of active temperatures as a method of determining the optimum harvest date of Sampion and Ligol apple cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2012. Vol. 11. № 6. P. 3–13.

²⁵ Nabyev Kh.L., Abdullayev V. R. Present-day thermal resources of the coastal territories of the Azerbaijan republic. *Sciences of Europe*. 2019. № 35. P. 31–36.

кліматичними нормами (1961–1990 рр.). Порівняння показало, що сучасні дати переходу через 5, 10 та 15 °С навесні відзначаються раніше на 8, 5 та 3 дні відповідно, а восени – пізніше на 5, 4 та 4 дні відповідно. Тривалість зазначених вище періодів збільшилася на 13, 9, 7 днів відповідно. Підвищення сум температур вище зазначених меж становить у порівнянні з нормою 315, 219 та 133 °С.

Також в Азербайджані були проведені дослідження умов вирощування м'якої озимої пшениці протягом двох різних за метеорологічними умовами сільськогосподарських років (сприятливого 2012–2013 р. та несприятливого 2013–2014 р.). Аналіз результатів, отриманих для двадцяти одного сорту озимої пшениці, показав наявність тісного позитивного зв'язку між сумами активних температур та продуктивністю посівів. Отримані результати було рекомендовано для використання в селекції м'якої озимої пшениці²⁶.

У дослідженні²⁷ проведено аналіз просторового розподілу і трендів середніх та абсолютних максимальних і мінімальних температур на 47 станціях Східної Балтики (Литва, Латвія та Естонія) за період 1951–2010 рр. Виявлені статистично значимі тенденції підвищення максимальних і мінімальних температур для більшості місяців року та для річних значень.

Аналогічні дослідження²⁸ проводилися стосовно кліматичних коливань на території Чеської Республіки на основі даних по 23 метеостанціям за період 1961–2005 рр. І в цьому випадку температурні тренди, крім осені, демонструють явне посилення з 1980-х років; статистично значимі висхідні тренди спостерігаються для весни, літа і року, що добре узгоджується з низкою даних для Північної півкулі.

Суттєвий внесок у дослідження температурних показників і теплових ресурсів території, з врахуванням сучасних та очікуваних кліматичних умов зроблено фахівцями Українського гідрометеорологічного інституту. На початку нинішнього сторіччя група фахівців на той час УкрНДГМІ провела ґрунтовні дослідження, присвячені характеристиці

²⁶ Jahangirov A. A., Jahangirov A. A., Hamidov H. N., Huseynova I. M. The Study of the Sum of Active Temperatures Affecting Autumn Bread (*Triticum aestivum* L.) Wheat Under Dry Rainfed Conditions. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*. 2017. Vol. 3. № 2. P. 53–59.

²⁷ Jaagus J., Briede A., Rimkus E., Remm K. Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951–2010. *Theoretical and Applied Climatology*. 2014. Vol. 118. P. 57–68. DOI: 10.1007/s00704-013-1041-7

²⁸ Brázdil R., Chromá K., Dobrovolný P., Tolasz R. Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961–2005. *International Journal of Climatology*. 2009. Vol. 29. Issue 2. P. 223–242. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1718>

змін клімату на території України²⁹. Відзначається, що на момент проведення цих досліджень (перше п'ятиріччя XXI ст.) у літературі частіше наводилася інформація стосовно теплового режиму та режиму зволоження до 1990–2000 рр. і були зовсім відсутні дані з тепло- та вологозабезпечення в період активної вегетації до 2005 року. Тому всі узагальнення стосовно питання, що вивчалось, були проведені з врахуванням даних за період 2001–2005 рр.

Результати показали, що кількість тепла по всій території України збільшується. Суми активної температури у 2001–2005 рр. досить суттєво перевищують норму (тобто суми активної температури за період 1961–1990 рр.). Відхилення від норми коливаються від 96 °С у Сумах до 187 °С в Одесі. Автори також зазначають, що при сучасних змінах клімату та збільшенні суми активної температури більше ніж на 100 °С виникає необхідність у виведенні нових тепло- та засуховитривалих видів рослин, а надалі – у переході до вирощування інших культур. При подальшому зростанні температури повітря в окремих районах країни виникає необхідність у розробці нових форм землеробства.

Фахівцями УкрГМІ були отримані кількісні оцінки сучасних та прогнозованих змін основних кліматичних характеристик, зокрема, приземної температури повітря, для території України на основі даних моделей загальної циркуляції атмосфери та океану – МЗЦАО³⁰. Зокрема, було отримано багаторічні середні тенденції кліматичних умов для всієї території країни для трьох сценаріїв: оптимістичного В1, песимістичного А2 та збалансованого А1В.

Ґрунтовне дослідження³¹ стосується проєкції змін середньомісячних, сезонних та річних температур повітря для трьох 20-річних періодів у XXI ст. Усі характеристики розраховано за визначеним оптимальним ансамблем із 10-ти регіональних кліматичних моделей європейського проєкту ENSEMBLES, сценарій А1В за номенклатурою IPCC. У часовому вимірі вибрано такі прогностичні періоди: найближче майбутнє 2011–2030 рр., середина століття 2031–2050 рр. та віддалена перспектива 2081–2100 рр.

²⁹ Барабаш М. Б., Гребенюк Н. П., Татарчук О. Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. праці УкрНДІГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 174–186.

³⁰ Краковська С. В., Паламарчук Л. В., Шедемко І. П., Дюкель Г. О., Гнатюк Н. В. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в XXI ст. *Геофізичний журнал*. 2011. № 6. Т. 33. С. 68–81.

³¹ Краковська С. В., Гнатюк Н. В., Шпиталь Т. М., Паламарчук Л. В. Проєкції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України у XXI столітті. *Наук. праці УкрНДІГМІ*. 2016. Вип. 268. С. 33–44.

Однак, слід відзначити, що, незважаючи на ґрунтовність та найсучасніші наукові підходи до розглянутих питань, практично всі дослідження термічного режиму та теплових ресурсів території України, що виконуються в УкрГМІ, загалом стосуються загальних синоптичних та кліматичних питань. Тому справедливим буде відмітити, що першість у дослідженнях агрокліматичних ресурсів України, як у сучасних умовах, так і з врахуванням очікуваних за багаточисленними сценаріями змін клімату, належить фахівцям кафедри агрометеорології та агроекології ОДЕКУ.

3. Агрокліматична оцінка теплових ресурсів території Одеської області

Дослідження сучасних та очікуваних характеристик теплозабезпеченості як в цілому для території України, так і у просторово-часовому контексті для провідних сільськогосподарських культур, що вирощуються, представлені в багаточисленних наукових здобутках фахівців кафедри.

Колективом відділу кліматично орієнтованих агротехнологій Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства спільно з фахівцями ОДЕКУ проведено дослідження, головною метою якого є визначення можливих змін агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур на території Північно-Західного Причорномор'я, зокрема, Одеської області. Аналогічні дослідження стосовно Херсонської області вже виконувались, результати представлені в колективній монографії³².

Одним з традиційних способів виявлення можливих змін будь-якої гідрометеорологічної величини є порівняння з її минулими значеннями. Всесвітня метеорологічна організація встановила, що при описі клімату краще відштовхуватися від норм, взятих за 30-річний період часу. Донедавна в своїх дослідженнях майже всі фахівці-агрометеорологи керувалися нормами за період 1961–1990 рр. Так, в колективній монографії «Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіку України»³³ виконано оцінку і надано прогноз впливу змін кліматичних чинників на агрокліматичні ресурси. Зміни клімату розглядалися за умов реалізації сценарію GFDL-30 % до 2030–2040 рр., а за базові значення

³² Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія /за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 548 с.

³³ Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіку України : монографія /за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового Одеса : Екологія, 2011. 696 с.

для порівняння були взяті середні багаторічні величини за період 1961–1990 рр.

Однак, оскільки клімат також змінюється, то зараз ці норми вже не зовсім підходять. Тому 2020 року вони були перераховані за наступний 30-річний період (1991–2020 рр.) і вже зараз Український гідрометцентр користується саме цими «новими» нормами. У даному дослідженні використані також нові «агрометеорологічні» норми за тридцятирічний період 1986–2015 рр., представлені в новому Агрокліматичному довіднику по Україні.

Дослідження змін температурного режиму проводилися за умов реалізації двох найбільш ймовірних сценаріїв змін клімату родини RCP (Representative Concentration Pathways) до 2050 р. Сценарії RCP вже добре відомі українським кліматологам, вони описані у багатьох джерелах і визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: $4,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для RCP4.5 і $8,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для RCP8.5. Сценарій RCP4.5 вважається сценарієм стабілізації, а сценарій RCP8.5 – сценарієм з дуже високими рівнями викидів парникових газів^{34, 35, 36}.

Аналіз змін температурного режиму Одеської області виконувався за періоди: 1986–2015 рр. (прийнятий як базовий період – «нова» норма) за матеріалами, наведеними в новому Агрокліматичному довіднику України, та за період 2021–2050 рр. за кліматичними сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5. Також було проведене порівняння показників температурного режиму за «старою» та «ноюю» нормами.

В агрокліматології основними характеристиками теплових ресурсів будь-якої території вважаються:

- дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 0, 5, 10, 15 °С;
- середня температура повітря січня, липня та їхня амплітуда^{37, 38}.

³⁴ Краковська С. В., Гнатюк Н. В., Шпиталь Т. М., Паламарчук Л. В. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України у XXI столітті. Наук. праці УкрНДГМІ. 2016. Вип. 268. С. 33–44.

³⁵ Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія /за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 548 с.

³⁶ Fifth Assessment Report (AR5). URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/mindex.shtml>

³⁷ Міщенко З. А., Ляшенко Г. В. Мікрокліматологія : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 336 с.

³⁸ Ляшенко Г. В., Мельник Е. Б., Суздальова В. І. Тренди показників ресурсів тепла і вологи в центральних районах виноградарства Північного Причорномор'я. *Виноградарство і виноробство*. 2016. Вип. 53. С. 130–138.

Динаміку річного ходу середньодекадних температур повітря для всіх досліджуваних варіантів представлено на рис. 1.

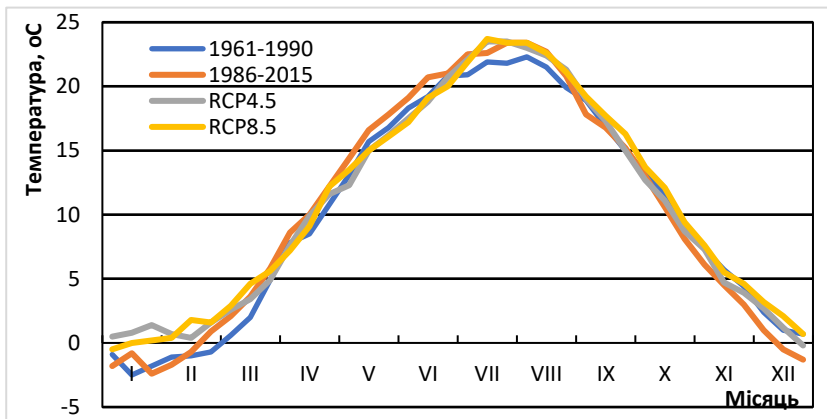


Рис. 1. Річний хід середньодекадних температур повітря (Північно-Західне Причорномор'я на прикладі Одеської області)

На графіку видно, що з третьої декади березня і до кінця червня, а також з першої декади вересня і до середини листопада різниці між значеннями середньодекадних температур за всіма дослідженими варіантами незначні. Наприклад, у другій декаді квітня найвища температура спостерігається за «новою» кліматичною нормою і становить 8,6 °С, найменша – за умов реалізації сценарію RCP8.5 – 7,2 °С нормою, тобто різниця становить 1,2 °С. У першій декаді жовтня найвища температура спостерігається за умов реалізації сценарію RCP8.5, її значення становить 13,7 °С. Найменше значення очікується також сценарне – за умов реалізації сценарію RCP4.5 температура першої декади жовтня становитиме 12,7 °С, тобто різниця дорівнює лише 1 °С.

У період з середини грудня по кінець лютого чітко простежується відмінність досліджуваних температур. Можна бачити, що температури за обома сценаріями практично не опускаються нижче нуля. Лише за першим сценарієм у третій декаді грудня температура становить $-0,2$ °С, а за другим – у першій декаді січня $-0,5$ °С. Середньодекадні температури як за «старою» так і за «новою» кліматичними нормами протягом цього періоду є від'ємними. Найнижчі їх значення становили $-2,5$ °С (друга декада січня періоду 1961–1990 рр.) і $-2,4$ °С (третья декада січня періоду 1986–2015 рр.).

У березні температури за «старою» кліматичною нормою набагато нижчі за температури за всіма іншими варіантами. У першій декаді «нова» норма становить 2,1 °С, сценарні значення коливаються у межах 2,6–2,9 °С, а за «старою» нормою температура становила лише 0,6 °С. Така ж температура другої декади становила 2 °С, тоді як сценарні та «нова» кліматична температура змінюються від 3,4 до 4,6 °С.

Протягом липня-серпня також видно, що температури за «старою» нормою суттєво відрізняються від інших. У третій декаді липня температура становить лише 21,8 °С, тоді як в трьох інших випадках температури практично однакові – 23,4–23,5 °С, тобто і за «новою» кліматичною нормою літо є більш спекотним і на майбутній період ця ситуація не зміниться. Тобто порівняння сценарних даних з «старою» кліматичною нормою є некоректним, тому що у цьому випадку не враховуються сучасні кліматичні зміни, що вже відбулися на досліджуваній території.

Становить інтерес порівняння показників температурного режиму за періоди «старої» та «нової» кліматичних норм. Завдяки такому порівнянню можна відстежити ті зміни температурного режиму, які вже відбулися на території Одеської області за теперішнього часу. Результати цього порівняння представлені у табл. 3.1. Аналіз дат переходу температури через різні пороги навесні показує, що дійсно між показниками «старої» та «нової» кліматичних норм існують суттєві відмінності. Так, перехід температури через практично всі пороги за сучасних умов відбувається раніше. Максимальна різниця становить 18 днів (перехід через 5 °С навесні відбувається 18 березня, тоді як у минулому столітті він відбувався 5 квітня). Закінчення метеорологічної зими, тобто стійкий перехід температури через 0 °С у бік позитивних температур за теперішнього часу відбувається на 17 днів раніше (14 лютого проти 3 березня).

Практично на тиждень раніше починається період активної вегетації багатьох сільськогосподарських культур (в агрокліматології це період з температурами вище 10 °С). Лише дата початку метеорологічного літа (тобто стійкого переходу температури через 15 °С) за обома нормами залишається незмінною – 10 травня.

Протилежна ситуація спостерігається при визначенні дат закінчення сезонів року. Можна бачити, що майже у всіх випадках дати переходу спостерігаються пізніше, тобто періоди подовжуються. Найпізніше за сучасними даними починається метеорологічна зима (тобто перехід температур через 0 °С в бік негативних температур). Різниця між датами становить 19 днів (1 січня проти 13 грудня у минулому столітті). Довше майже на тиждень триває метеорологічне літо (сучасна дата закінчення –

5 жовтня проти 27 вересня). Дати осіннього переходу через 5 та 10 °С, однак, залишаються практично незмінними.

Таблиця 1

**Порівняння температурного режиму
Одеської області за періоди 1961–1990 та 1986–2015 рр.**

Варіант	Дати переходу температури повітря через								Тривалість періоду у днях з температурою повітря вище			
	Навесні				Восени							
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	15 °С	10 °С	5 °С	0 °С	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С
1961–1990	3,03	5,04	19,04	10,05	27,09	21,10	16,11	13,12	302	243	191	139
1986–2015	14,02	18,03	13,04	10,05	5,10	20,10	20,11	1,01	320	247	190	148
Різниця	-17	-18	-6	0	8	-1	4	19	18	4	-1	9

Те ж саме можна сказати й про тривалість періодів з температурами вище означених порогів. Період із позитивними температурами збільшився на 18 днів (320 днів проти 302), літній період – на 9 днів (148 днів проти 139). Тривалість періоду між весняною і осінньою датами переходу температури повітря через 5 °С збільшилася лише на 4 дні, а період активної вегетації навіть скоротився на один день.

Також було проведене порівняння сум температур вище визначених в агрокліматології значень та температур найхолоднішого та найтеплішого місяців. Результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Характеристики температурного режиму Одеської області
за різними кліматичними нормами**

Варіант	Сума активних температур вище				Температура повітря, °С		
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	січень	липень	амплітуда
1961–1990	3798	3587	3253	2838	-1,6	21,5	23,1
1986–2015	3916	3773	3425	2820	-1,6	22,8	24,4
Різниця	118	186	172	-18	0	1,3	1,3

Можна бачити, що і всі суми активних температур значно збільшилися. Виняток становить лише сума температур вище 15 °С, але зменшення на 18 °С є вельми несуттєвим, тому на загальну ситуацію вплинути не може. Температура самого холодного місяця – січня – залишилася незмінною і становить мінус 1,6 °С, температура липня зросла на 1,3 °С і становить 22,8 °С. Також дещо зросла і амплітуда температур.

Таким чином можна зробити висновок, що дійсно за досліджений період температурний режим Одеської області досить суттєво змінився. У зв'язку із сучасними змінами клімату використання «старих» кліматичних норм, що не враховують достатньо точно ці зміни, можна вважати недоцільним, а рекомендації ВМО щодо змін кліматичних норм – своєчасними і такими, що зможуть підвищити якість будь-якої агрометеорологічної та агрокліматичної інформації. Тому у подальших дослідженнях будемо враховувати «нову» кліматичну норму (або базу, базовий період 1986–2015 рр.) і всі порівняння робити саме з цією нормою.

Розглянемо, як зміняться показники температурного режиму Одеської області за умов реалізації сценаріїв змін клімату родини RCP на період 2021–2050 рр. Результати порівняння цих характеристик надаються у таблиці 3.

Таблиця 3

Дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0, 5, 10 та 15 °С та тривалість періодів з цими температурами

Варіант	Дати переходу температури повітря через								Тривалість періоду у днях з температурою повітря вище			
	Навесні				Восени							
	0°С	5 °С	10 °С	15 °С	15 °С	10°С	5 °С	0 °С	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С
База	14.02	18.03	13.04	10.05	27.09	21.10	16.11	13.12	302	243	191	139
RCP4.5	1.01	4.04	25.04	5.05	5.10	21.10	6.11	20.12	354	215	179	153
Різниця	-45	17	12	-5	8	0	-10	7	52	-28	-12	14
RCP8.5	5.01	22.03	23.04	16.05	1.10	18.10	19.11	30.12	359	242	178	138
Різниця	-40	4	10	6	4	-3	3	17	57	-1	-13	-1

За сучасних кліматичних умов зимовий період на Одещині триває 63 дні – з 13 грудня (дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С в бік від'ємних температур) до 14 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління та починається весна. Розглянемо сценарні варіанти. Зима за обох сценаріїв наступатиме на 7–17 днів пізніше за базовий варіант – 20 грудня за першим сценарієм і 30 грудня за другим.

За умов реалізації обох сценаріїв очікується вельми суттєве скорочення зимового періоду (періоду з температурами менше нуля) за рахунок більш раннього переходу температур через 0 °С. За сценарієм RCP4.5 перехід, тобто закінчення зими, відбудеться 1 січня, тобто на 45 днів раніше, ніж за базовим варіантом. Аналогічна ситуація очікується і за сценарієм RCP8.5 – перехід у бік додатних температур очікується 5 січня, тобто на 40 днів раніше базового.

Таким чином зимовий період до 2050 р. скоротиться до 6–11 днів. Уже за теперішнього часу досить часто спостерігаються випадки, коли протягом року перехід через нуль градусів не відбувається взагалі, тобто зима взагалі не настає. Частіше така ситуація характерна для південних областей України, але і у більш північних областях такі випадки теж трапляються. Отже, безморозний період в Одеській області буде тривати від 354 до 359 днів, в залежності від сценарію змін клімату.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 243 дні, починається в області 18 березня і закінчується 16 листопада. За першим сценарієм перехід температури через 5 °С навесні очікується 4 квітня, що на 17 днів пізніше за базовий варіант. За другим сценарієм це запізнення буде не таким суттєвим, лише на 4 дні, тому що перехід температури відбудеться 22 березня.

Осінній перехід температури за сценарієм RCP4.5 відбудеться на 10 днів раніше – 6 листопада, за сценарієм RCP8.5 – на три дні пізніше – 19 листопада. Таким чином тривалість вегетаційного періоду до 2050 р. за першим сценарієм скоротиться майже на місяць і становитиме 215 днів, за другим сценарієм вона не зміниться і становитиме 242 дні.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 191 день, починається 13 квітня і закінчується 21 жовтня. За умов реалізації обох сценаріїв слід очікувати скорочення його тривалості за рахунок більш пізніх дат переходу через 10 °С навесні. За сценарними даними перехід відбуватиметься у третій декаді квітня (23–25 числа), що на 10–12 днів пізніше за базовий варіант. Хоча дати осіннього переходу практично не зміняться у порівнянні з базовими, тривалість цього періоду дещо скоротиться – на 12–13 днів у порівнянні із базовою.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває в області 139 днів – з 10 травня до 27 вересня. Сценарні дати дещо відрізняються від базових, причому як у бік більш раннього настання (за сценарієм RCP4.5 – 5 травня, що на 5 днів раніше), так і в бік запізнення (за сценарієм RCP8.5–16 травня, що на 6 днів пізніше). Осінній перехід через 15 °С за обома сценаріями буде пізніше – у першій декаді жовтня, що на 4–8 днів пізніше за базовий варіант. У зв'язку із зміною дат переходу температури тривалість літа за сценарієм RCP4.5 зросте на два тижні і становитиме 153 дні. За умов реалізації сценарію RCP8.5 вона практично не зміниться.

У зв'язку зі зміною дат переходу та тривалості періодів з температурами повітря вище та нижче різних порогів зміняться і відповідні суми температур в разі реалізації обох сценаріїв (табл. 4).

Базова сума активних температур повітря вище 0 °С в Одеській області становить 3916 °С. З першим сценарієм не слід очікувати будь-яких змін, сума додатних температур становитиме 3926 °С. Дещо інша ситуація очікується за другим сценарієм. У випадку його реалізації сума додатних температур за рік зросте до 4019 °С, що на 100 °С вище за базову.

Базова сума активних температур повітря вище 5 °С становить 3773 °С. За умов реалізації сценарію RCP4.5 цей період скоротиться, внаслідок чого зменшаться і відповідна сума температур. Вона становитиме 3565 °С, що майже на 200 °С вище за базову. У випадку реалізації сценарію RCP8.5 сума активних температур вище 5 °С практично не зміниться і становитиме 3783 °С.

Таблиця 4

**Характеристики температурного режиму Одеської області
за різними сценаріями**

Варіант	Сума активних температур вище				Температура повітря, °С		
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	січень	липень	амплітуда
База	3916	3773	3425	2820	-1,6	22,8	24,4
RCP 4.5	3926	3565	3242	2940	0,9	23,1	24,0
Різниця	10	-208	-183	120	2,5	0,3	-0,4
RCP 8.5	4019	3783	3280	2751	-0,1	23,0	23,1
Різниця	103	10	-145	-69	1,5	0,2	1,3

Сума активних температур повітря вище 10 °С за сучасною кліматичною нормою становить 3425 °С. За обома сценаріями змін клімату очікується суттєве зменшення сум температур, які за першим сценарієм становитимуть 3242 °С, а за другим – 3280 °С. Це на 183 та на 145 °С менше за базове значення відповідно.

Сума активних температур повітря вище 15 °С за літній період становить 2820 °С. За першим сценарієм вона досить суттєво збільшиться – до 2940 °С, тобто на 120 °С. За другим сценарієм очікується незначне зменшення суми – до 2751 °С, тобто на 69 °С.

Середня температура січня за умов реалізації обох сценаріїв суттєво збільшиться, причому якщо за базовим варіантом її значення було від’ємним – мінус 1,6 °С, то до 2050 р. за сценарієм RCP4.5 очікується значне збільшення температури січня до додатних значень, що становитимуть 2,5 °С. За сценарієм RCP8.5 температура січня збільшиться на 1,5 °С і становитиме лише мінус 0,1 °С. Температура липня і за першим, і за другим сценаріями залишиться на рівні базових значень.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в результаті виконаного дослідження можна зробити висновок, що на території Одеської області вже зараз спостерігаються досить відчутні зміни температурного режиму. По-перше, практично не відбувається стійкого переходу температури повітря через 0 °С, тобто зим у метеорологічному сенсі часто не буває. Це треба враховувати при вирощуванні озимих культур, тому що останнім часом стійкого снігового покриву також в Одеській області не буває. Така ситуація прогнозується і за умов реалізації сценаріїв змін клімату родини RCP.

По-друге, очікується зменшення сум температур, перш за все періоду активної вегетації, тобто вище 10 °С. Вочевидь, це пов'язано із скороченням тривалості цього періоду. Таким чином термічні ресурси Одеської області досить суттєво змінюються. Але дати детальну характеристику очікуваних для сільськогосподарського виробництва умов можна лише після аналізу впливу змін клімату на режим зволоження території Одеської області.

АНОТАЦІЯ

У зв'язку із сучасними та очікуваними змінами клімату, що відбуваються у Північній півкулі, продовольча безпека України і тих держав, які залежать від вітчизняної сільськогосподарської продукції, буде визначатися темпами і заходами адаптації сільського господарства до цих змін. В рамках дослідження були визначені показники температурного режиму Одеської області: дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени; тривалість періоду з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °С; суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 0, 5, 10, 15 °С; середня температура повітря січня, липня та їхня амплітуда. Визначення очікуваних змін проводилося шляхом порівняння даних за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 із «ноюю» агрокліматичною нормою. У зв'язку із введенням у практику агрометеорологічного обслуговування сільського господарства нової кліматичної норми, що охоплює період 1986–2015 рр., було проведене порівняння отриманих результатів із «старою» нормою, що охоплювала період 1961–1990 рр. Аналіз результатів показав неможливість врахувати сучасні зміни клімату із використанням «старої» норми та доцільність введення у практику норми «нової». На період до 2050 рр. слід очікувати деяких змін температурного режиму території Одеської області, але більш детальну характеристику цих змін і наслідків їх впливу на сільськогосподарське виробництво можна зробити лише після вивчення змін у режимі зволоження досліджуваної території.

Література

1. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 632 с.
2. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. Основи агрометеорології : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 250 с.
3. Hollinger, S. E., Angel, J. R. Weather and Crops. *Illinois Agronomy Handbook*, 2009. P. 1–12.
4. E. Magaia, W. Yanliang, S. Zeipina Crop production and temperature. *University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences Publication Series*, 2015. Vol. 41. P. 6–12.
5. Syazwani N., Zuriati Z., Shaza E., A Bakar J., Hirofumi H. Importance of Soil Temperature for the Growth of Temperate Crops under a Tropical Climate and Functional Role of Soil Microbial Diversity. *Microbes and Environments*. 2018. Vol. 33 (2). P. 144–150. DOI: 10.1264/jsme2.ME17181
6. Міщенко З. А., Ляшенко Г. В. Мікрокліматологія : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 336 с.
7. Ляшенко Г. В. Агрокліматичне районування України за тепловими ресурсами дня та ночі з урахуванням мезо-і мікроклімату. *Культура народів Причорномор'я*. 2005. № 65. С. 16–21.
8. Кирнасівська Н. В., Шулякова І. Г. Агрокліматична оцінка клімату ґрунтів Північного Причорномор'я на прикладі кукурудзи. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 68–77. DOI: 10.31481/uhmj.26.2020.06
9. Кирнасівська Н. В., Колеснікова О. А. Клімат ґрунтів Вінницької області. *Імперативи збереження ґрунтів. Виклики сьогодення* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Київ, 5 грудня 2022 року
10. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Дати переходу температури повітря в Україні за сучасних умов клімату. Київ : Ніка-Центр, 2010. 304 с.
11. Constantinova T., Nedalkova M., Daradur M., Raileanu V., Nicolenco A. Climatic potential of the Republic of Moldova, its changes and influence on agricultural production. *Prace geograficzne*. 2002. № 110. P. 88–98.
12. Ляшенко Г. В., Мельник Е. Б., Суздalова В. І. Тренди показників ресурсів тепла і вологи в центральних районах виноградарства Північного Причорномор'я. *Виноградарство і виноробство*. 2016. Вип. 53. С. 130–138.
13. Ляшенко Г. В., Соборова О. М. Моделювання формування якості винограду технічних сортів під впливом агрометеорологічних умов в Південному Причорномор'ї. *Фізична географія та геоморфологія*. 2017. Вип. 1 (85). С. 13–121.

14. Kryza M., Szymanowski M., Błaś M., Migala K., Werner M., Sobik M. Observed changes in SAT and GDD and the climatological suitability of the Poland-Germany-Czech Republic transboundary region for wine grapes cultivation. *Theoretical and Applied Climatology*. 2015. Vol. 122. Is. 1–2. P. 207–218. DOI: 10.1007/s00704-014-1296-7
15. Olesen J. E., Bindi M. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*. 2002. Vol. 16. P. 239–262.
16. Lobell D. B., Cahill K. N. & Field C. B. Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. *Climatic Change*. 2007. Vol. 81. P. 187–203. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9141-3>
17. Lobell D. B., Burke M. B., Tebaldi C., Mastrandrea M. D., Falcon W. P., Naylor R. L. Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science*. 2008. Vol. 319. Issue 5863. P. 607–610. DOI: 10.1126/science.1152339
18. Łysiak G. The sum of active temperatures as a method of determining the optimum harvest date of Sampion and Ligol apple cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*. 2012. Vol. 11. № 6. P. 3–13.
19. Nabiyeu Kh.L., Abdullayev V. R. Present-day thermal resources of the coastal territories of the Azerbaijan republic. *Sciences of Europe*. 2019. № 35. Pp. 31–36.
20. Jahangirov A. A., Jahangirov A. A., Hamidov H. N., Huseynova I. M. The Study of the Sum of Active Temperatures Affecting Autumn Bread (*Triticum aestivum* L.) Wheat Under Dry Rainfed Conditions. *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*. 2017. Vol. 3. No 2. Pp. 53–59.
21. Jaagus J., Briede A., Rimkus E., Remm K. Variability and trends in daily minimum and maximum temperatures and in the diurnal temperature range in Lithuania, Latvia and Estonia in 1951–2010. *Theoretical and Applied Climatology*. 2014. Vol. 118. P. 57–68. DOI: 10.1007/s00704-013-1041-7
22. Brázdil R., Chromá K., Dobrovolný P., Tolasz R. Climate fluctuations in the Czech Republic during the period 1961–2005. *International Journal of Climatology*. 2009. Vol. 29. Issue 2. P. 223–242. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.1718>
23. Барабаш М. Б., Гребенюк Н. П., Татарчук О. Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 174–186.
24. Краковська С. В., Паламарчук Л. В., Шедеменко І. П., Дюкель Г. О., Гнатюк Н. В. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в XXI ст. *Геофізичний журнал*. 2011. № 6. Т. 33. С. 68–81.

25. Краковська С. В., Гнатюк Н. В., Шпиталь Т. М., Паламарчук Л. В. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України у XXI столітті. *Наук. праці УкрНДДГМІ*. 2016. Вип. 268. С. 33–44.

26. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія / за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 548 с.

27. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіку України : монографія / за ред. С. М. Степаненко, А. М. Польового. Одеса : Екологія, 2011. 696 с.

28. Fifth Assessment Report (AR5). URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/mindex.shtml>

Information about the authors:

Zaiets Serhii Oleksandrovych,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Head of the Department of Climate-Oriented Agricultural Technologies,
Institute of Climate-Smart Agriculture
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
24, Maiatska doroha str., Khibodarske, Odesa region, 67667, Ukraine

Volvach Oksana Vasylivna,

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,
Leading Researcher at the Department
of Climate-Oriented Agricultural Technologies,
Institute of Climate-Smart Agriculture of the National Academy of
Agrarian Sciences of Ukraine,
24, Maiatska doroha str., Khibodarske, Odesa region, 67667, Ukraine

Yuzuk Serhii Mykolaiovych,

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher at the Department
of Climate-Oriented Agricultural Technologies,
Institute of Climate-Smart Agriculture
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
24, Maiatska doroha str., Khibodarske, Odesa region, 67667, Ukraine