

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДМІТРІЄВ СВЯТОСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК: 911.3:314.15.045

ДИСЕРТАЦІЯ

**ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА
ПРИКЛАДІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Спеціальність 103 Науки про Землю

(Галузь знань 10 Природничі науки)

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ С.С. Дмитрієв

Науковий керівник: Решетченко Світлана Іванівна, кандидат географічних наук,
доцент

АНОТАЦІЯ

Дмитрієв С.С. Вплив кліматичних факторів на стан поверхневих вод на прикладі Харківської області. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 Науки про Землю (Галузь знань 10 Природничі науки). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, 2026.

У дисертації розкрито особливості впливу змін клімату на стан поверхневих вод у межах Харківської області, що є важливою складовою наукового аналізу наслідків потепління на регіональному рівні. Обґрунтовано актуальність проблеми, яка полягає в деградації водних ресурсів внаслідок підвищення температурного режиму, коливань кількості атмосферних опадів, збільшення тривалості та інтенсивності посушливих періодів, порушення сезонної динаміки річкового стоку, зростання антропогенного навантаження на водні екосистеми. Харківська область як територія з інтенсивною господарською діяльністю та недостатніми водними ресурсами особливо вразлива до кліматичних змін, що вимагає всебічного дослідження водного режиму в умовах сучасних кліматичних викликів.

Метою дослідження є вивчення впливу кліматичних факторів на природний стан поверхневих водних об'єктів на прикладі Харківської області та подальшого створення прогностичного сценарію його змін.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні *задачі*:

- проаналізувати сучасні підходи до вивчення проблем змін клімату та їх наслідків;
- встановити динаміку температурного режиму та режиму зволоження Харківської області за період 1961-2020 рр.;
- дослідити температурний, водний режими річок та водосховищ досліджуваної області за встановлений період (1961-2020 рр.);

- вивчити динаміку забруднення поверхневих вод за багаторічний період;
- оцінити динаміку стану басейнів поверхневих вод у межах Харківської області;
- проаналізувати зміни кліматичних показників відповідно до сценаріїв змін клімату;
- створити прогностні сценарії для показників на досліджуваній території.

Проведене дослідження показало, що наукові уявлення про кліматичні зміни трансформувалися від найпростіших емпіричних інтерпретацій до структурованої системи знань, де провідною науковою думкою є домінуюча роль антропогенного фактору у прискоренні змін, що проходять в рамках тривалих природних циклів. Для України дослідження змін клімату набувають особливого значення через просторову неоднорідність показників та відносно високу швидкість потепління. Сучасний науковий доробок українських вчених здебільшого орієнтований на загальнодержавний рівень, що суперечить необхідності імплементації європейської практики, яка вимагає концентрації саме на мезо- та мікрорівні (окремих річкових басейнів) для ефективного адаптивного керування природними системами. Методологічна основа дослідження полягає в комплексному аналізі кліматологічних, гідрологічних, екологічних та мілітарних факторів із застосуванням технологій ГІС і ДЗЗ.

Підтвердження регіональних проявів сучасних змін клімату реалізоване шляхом порівняння динаміки температурного режиму повітря та атмосферних опадів за двома кліматичними нормами: 1961–1990 рр., 1991–2020 рр. Встановлено, що найвищі темпи приросту середніх річних температур повітря фіксуються у центральній та північній частинах Харківської області і коливаються в межах 1,1–1,5°C, наближаючись до граничних норм, встановлених Паризькими угодами. Ключовим проявом змін є зміщення сезонних закономірностей. За радіаційним індексом сухості, внаслідок аридизації

кліматичних умов вся досліджувана територія може вважатися природною зоною степу, а південні райони області мають тенденцію до початку процесу опустелювання, що визначає необхідність нової переоцінки фізико-географічного районування.

Дослідження температурного та водного режимів основних водних об'єктів за період 1961–2020 рр. дозволило виявити стійкий кореляційний зв'язок між показниками температури повітря та води. Темпи приросту температури у річках є меншими, за винятком зарегульованих ділянок, де швидкість потепління є високою. Розраховані тенденції змін витрат води у річках демонструють спрямованість до зменшення водності, найінтенсивніше – у верхній частині річкових басейнів Сіверського Дінця, Осколу та Уд. Водночас, високий ступінь зарегульованості руслових ділянок у середній течії Сіверського Дінця та Осколу штучно згладжує сезонні коливання витрат води. Аналіз динаміки забруднення поверхневих вод встановив, що після зниження концентрації завислих речовин у 1990–2000-х роках (внаслідок деіндустріалізації), в останні роки спостерігається тенденція до збільшення перевищень ГДК за окремими речовинами. За індексом забруднення води, найгірша ситуація фіксується у верхній течії Сіверського Дінця та Осколу (залишкове транскордонне забруднення), а також у гідрографічній мережі Харківської агломерації.

Проведена оцінка динаміки стану басейнів поверхневих вод Харківської області за авторським комплексним показником Індексом динаміки стану (ІДС), який враховує інтегральний вплив кліматичних, гідрологічних, екологічних, ерозійних, антропогенних та мілітарних чинників, дозволила класифікувати територію за векторністю та інтенсивністю означених змін. Виявлено, що найбільш несприятлива динаміка характерна для північної та східної частини області (райони Вовчанська, північних передмість Харкова та басейну річки Оскіл). Доведено, що військові дії стали ключовим емерджентним фактором деградації, зробивши необхідною теоретико-методологічну формалізацію цих змін шляхом впровадження нових дефініцій: *«мілітарно-спровоковані зміни клімату»* та *«мілітарно-індуковані загрози для водних екосистем»*. У

речовинному складі річкової води внаслідок бойових дій зростає концентрація важких металів та нафтопродуктів, тоді як атмосферне повітря має зростаючий характер забруднення продуктами вибухових процесів та лісових пожеж.

Прогнозний аналіз кліматичної динаміки шляхом створення кількісних та просторових сценаріїв показав, що до 2050 р. Харківська область характеризуватиметься збереженням тенденцій до потепління, особливо у зимовий період (район Золочева, Великого Бурлука та Харкова), тоді як мінімальні зміни прогножуються для Ізюма та Куп'янська. Прогнозна модель атмосферних опадів демонструє перехід до тенденції до зниження їх кількості на всіх метеостанціях, що навіть за умов оптимістичного сценарію підтверджує, що регіон у найближчі десятиліття перейде до більш аридного типу клімату. Комплексна лінійна регресія підтвердила перевищення норм Паризьких угод щодо температурного зростання за всіма показниками. Створені прогнозні сценарії гідрологічних та екологічних змін показали, що водність Сіверського Дінця та Осколу зменшиться ще на 15–17%, а у їх верхній течії та на малих річках – від 33 до 45%. Температурний режим води продовжить тенденцію до потепління. За ІЕД прогнозується розширення зон із катастрофічною динамікою у східній частині області, а найбільш екологічно вразливими стануть басейни малих річок. Запропонована низка заходів щодо післявоєнного відновлення, включаючи розмінування, реконструкцію системи моніторингу та тимчасове виведення найбільш постраждалих ділянок з господарської експлуатації, дозволить впроваджувати управлінські рішення на рівні регіону та окремих річкових басейнів для забезпечення стійкого розвитку.

Ключові слова: температурний режим, погодні умови, зміна клімату, водозабезпечення, адаптація до зміни клімату, гідротермічні показники, опади, об'єкти природно-заповідного фонду, Харківська область, географічні інформаційні системи (ГІС), геоекологічний стан, картографічна візуалізація.

ABSTRACT

Dmitriiev S.S. The influence of climatic factors on the state of surface waters on the example of the Kharkiv region. - Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 103 Earth Sciences (Field of knowledge 10 Natural Sciences). – V. N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2026.

The dissertation reveals the peculiarities of the impact of climate change on the state of surface waters within the Kharkiv region, which is an important component of the scientific analysis of the consequences of warming at the regional level. The relevance of the problem, which consists in the degradation of water resources due to an increase in the temperature regime, fluctuations in the amount of atmospheric precipitation, an increase in the duration and intensity of dry periods, disruption of the seasonal dynamics of river runoff, and an increase in anthropogenic load on aquatic ecosystems, is substantiated. Kharkiv region, as a territory with intensive economic activity and insufficient water resources, is particularly vulnerable to climate change, which requires a comprehensive study of the water regime in the conditions of modern climatic challenges.

The purpose of the study is to study the impact of climatic factors on the natural state of surface water bodies using the example of the Kharkiv region and to further create a forecast scenario of its changes.

To achieve this goal, the following *tasks must be completed* :

- analyze modern approaches to studying climate change problems and their consequences;
- to establish the dynamics of the temperature regime and humidity regime of the Kharkiv region for the period 1961-2020;
- to investigate the temperature and water regimes of rivers and reservoirs of the studied area for the established period (1961-2020);

- to study the dynamics of surface water pollution over a long period of time;
- to assess the dynamics of the state of surface water basins within the Kharkiv region;
- analyze changes in climate indicators according to climate change scenarios;
- create forecast scenarios for indicators in the studied area.

The conducted research showed that scientific ideas about climate change have transformed from the simplest empirical interpretations to a structured system of knowledge, where the leading scientific opinion is the dominant role of the anthropogenic factor in accelerating changes occurring within long natural cycles. For Ukraine, climate change research is of particular importance due to the spatial heterogeneity of indicators and the relatively high rate of warming. The current scientific achievements of Ukrainian scientists are mostly focused on the national level, which contradicts the need to implement European practice, which requires concentration precisely on the meso- and micro-levels (individual river basins) for effective adaptive management of natural systems. The methodological basis of the research is a comprehensive analysis of climatological, hydrological, environmental and military factors using GIS and remote sensing technologies.

Confirmation of regional manifestations of modern climate change was implemented by comparing the dynamics of air temperature and precipitation according to two climatic norms: 1961–1990, 1991–2020. It was established that the highest rates of increase in average annual air temperatures are recorded in the central and northern parts of the Kharkiv region and fluctuate within 1.1–1.5°C, approaching the limit norms established by the Paris Agreements. The key manifestation of changes is the shift in seasonal patterns. According to the radiation dryness index, due to the aridization of climatic conditions, the entire studied territory can be considered a natural steppe zone, and the southern regions of the region have a tendency to begin

the process of desertification , which determines the need for a new reevaluation of physical and geographical zoning.

The study of the temperature and water regimes of the main water bodies for the period 1961–2020 allowed to reveal a stable correlation between air and water temperature indicators. The rate of temperature increase in rivers is lower, with the exception of regulated areas, where the warming rate is high. The calculated trends in water flow changes in rivers demonstrate a tendency to decrease in water content, most intensively in the upper part of the Siverskiy Donets, Oskil and Udy river basins . At the same time, the high degree of regulation of channel sections in the middle reaches of the Siverskiy Donets and Oskil artificially smoothes out seasonal fluctuations in water flow. Analysis of the dynamics of surface water pollution has established that after a decrease in the concentration of suspended solids in the 1990s–2000s (due to deindustrialization), in recent years there has been a tendency to increase in exceedances of the MPC for individual substances. According to the water pollution index, the worst situation is recorded in the upper reaches of the Siverskiy Donets and Oskil (residual transboundary pollution), as well as in the hydrographic network of the Kharkiv agglomeration.

The assessment of the dynamics of the state of surface water basins of the Kharkiv region was carried out using the author's complex indicator, the State Dynamics Index (SDI), which takes into account the integral impact of climatic, hydrological, ecological, erosional, anthropogenic and military factors, which allowed classifying the territory by the vectority and intensity of the specified changes. It was found that the most unfavorable dynamics are characteristic of the northern and eastern parts of the region (districts of Vovchansk, northern suburbs of Kharkiv and the Oskil River basin). It was proved that military actions became a key emergent factor of degradation, making it necessary to theoretically and methodologically formalize these changes by introducing new definitions: "*military- induced climate change*" and "*military- induced threats to aquatic ecosystems*". The concentration of heavy metals and oil products in the material composition of river water as a result of military

operations is increasing, while atmospheric air is increasingly polluted by products of explosive processes and forest fires.

Forecast analysis of climate dynamics by creating quantitative and spatial scenarios showed that by 2050, Kharkiv region will be characterized by the preservation of warming trends, especially in the winter period (Zolochiv, Velykiy Burluk and Kharkiv area), while minimal changes are predicted for Izyum and Kupyansk. The forecast model of atmospheric precipitation demonstrates a transition to a trend of decreasing their amount at all weather stations, which even under the conditions of an optimistic scenario confirms that the region will transition to a more arid type of climate in the coming decades. Complex linear regression confirmed the excess of the norms of the Paris Agreements regarding temperature growth by all indicators. The created forecast scenarios of hydrological and ecological changes showed that the water content of the Siverskiy Donets and Oskil will decrease by another 15–17%, and in their upper reaches and on small rivers - from 33 to 45%. The water temperature regime will continue its warming trend. According to the IER, the expansion of zones with catastrophic dynamics in the eastern part of the region is predicted, and the most environmentally vulnerable will be the basins of small rivers. A number of post-war recovery measures are proposed, including demining, reconstruction of the monitoring system and temporary withdrawal of the most affected areas from economic exploitation, which will allow implementing management solutions at the regional and individual river basin levels to ensure sustainable development.

Keywords: temperature regime, weather conditions, climate change, water supply, adaptation to climate change, hydrothermal indicators, precipitation, objects of the nature reserve fund, Kharkiv region, geographic information systems (GIS), geoecological state, cartographic visualization.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації, що засвідчують основні наукові результати дисертації

Публікації у фахових наукових виданнях України категорії «А»,

індексованих в WoS/Scopus.

1. Climate monitoring as an indicator of the hydrological condition of the Siverskiy Donets' river basin / **Dmytriiev S. S.**, etc. // *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 56. С. 172-184 (Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-12>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/18793/17082>

(*Особистий внесок здобувача: розраховані кліматичні показники та оцінена гідрологічна динаміка у басейні річки Сіверський Донець у Харківській області. Особисті внески інших авторів: Решетченко С.: обґрунтування концепції кліматичного моніторингу, розробка методології оцінки впливу потепління на гідрологічний режим річок Східної України. Черкашина Н.: підготовка та верифікація бази даних метеорологічних спостережень мережі ДСНС України, участь у теоретичному узагальненні результатів, переклад на англійську мову. Ткаченко Т.: аналіз екологічних наслідків зміни водного режиму, оцінка стану природних ландшафтів басейну в умовах антропогенного навантаження. Сич В.: статистичний аналіз часових рядів температури та опадів, розрахунок регіональних кліматичних трендів для Харківської області.*)

2. Physical meaning of temperature and evolution of distribution laws (in the area of the Lake Sevan basin) / Sedrakyan A., Margaryan V., Reshetchenko S., **Dmitriiev S.** // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2023. № 58. P. 231-240 (Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-18>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/22203/20543>

(*Особистий внесок здобувача*: аналіз температурних показників та інтерпретація отриманих результатів, аналіз літературних джерел. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: методологічне забезпечення дослідження, інтерпретація кліматичних змін з позиції загальної циркуляції атмосфери, наукове редагування. Седракян А.: фізико-математичне обґрунтування законів розподілу температури, розробка теоретичних моделей енергообміну в системі «поверхня–атмосфера». Маргарян В.: збір та систематизація багаторічних даних по басейну озера Севан, аналіз фізико-географічних чинників формування клімату гірських територій.).

3. Modern changes in climatic characteristics and minimum flow of the rivers in the basin of lake Sevan / **Dmitriiev S.**, etc. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2023. № 59. P. 178-189 (Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-13>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/23204/21245>

(*Особистий внесок здобувача*: проведений аналіз літературних джерел та сучасних змін кліматичних характеристик мінімального стоку. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: проведення порівняльного аналізу кліматичних характеристик періодів 1961–1990 рр. та 1991–2020 рр., узагальнення висновків. Маргарян В.: координація досліджень водних ресурсів Вірменії, розробка методики оцінки мінімального стоку річок у високогірних районах. Седракян А.: застосування статистичних методів для аналізу аномалій приземної температури повітря та їхнього зв'язку з режимом зволоження. Савадян Г.: дослідження ландшафтної структури басейну Севану, оцінка впливу землекористування на гідрологічні показники регіону.).

4. Glacier regime of the Drakhtik river / **Dmitriiev S.**, etc. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2025. № 63. P. 278-288 (Scopus, Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-63-21>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/28601/24941>

(*Особистий внесок здобувача*: узагальнені дані щодо впливу змін клімату на льодовий режим річки Драхтік, проведений аналіз літературних джерел. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: обґрунтування впливу температурних трендів на скорочення тривалості льодового періоду, розробка прогнозних сценаріїв зміни режиму зледеніння. Маргарян В.: польові дослідження гідрологічного режиму річки Драхтік, аналіз динаміки льодових явищ за останні десятиліття.).

Публікації у виданнях, включених

до переліку наукових фахових видань України

5. **Дмитрієв С.**, Решетченко С. Оцінка екологічного стану річкового басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області // *Проблеми і перспективи безперервної освіти і картографії*. 2022. Вип. 36. С. 34-42.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-36-04>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23220/21262>

(*Особистий внесок здобувача*: здійснено комплексну оцінку екологічного стану басейну річки в межах Харківської області. *Особистий внесок Решетченко С.*: оцінка змін клімату та водного режиму басейну Сіверського Дінця).

6. **Dmitriiev S.**, Reshetchenko S. Natural and social consequences of military actions in the territory of Kharkiv region // *Human Geography Journal*, 2024. (36). P. 63-74.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2024-36-06>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/soccecongeo/article/view/24455/22089>

(*Особистий внесок здобувача*: систематизовано природні та соціальні наслідки воєнних дій у Харківській області, проведене картографічне моделювання. *Особистий внесок Решетченко С.*: обґрунтовано теоретичні та методологічні положення, оцінено роль військових дій як посилювача негативного екологічного ефекту від змін клімату).

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. **Dmitriev S., Reshetchenko S., Shamayeva Iu.** Assessment of the dynamics and projection of the ecological condition of the Siverskiy Donets river basin // *Академічні та наукові виклики різноманітних галузей знань у 21-му столітті. Принципи CLIL в дії : матеріали XII Всеукр. наук. конф. з міжнар. участю (Харків, 24 бер. 2023 р.)*. Харків, 2023. Р. 195–203. (*Особистий внесок здобувача*: виконано оцінку динаміки та прогноз екологічного стану басейну річки).

2. Решетченко С., **Дмитрієв С.** Методика оцінки динаміки екологічного стану (на прикладі басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області) // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 13 квіт. 2023 р.)*. Харків : Лідер, 2023. Вип. 15. С. 14–17. (*Особистий внесок здобувача*: розроблено методичний підхід до оцінки змін екологічного стану).

3. **Dmitriiev S., Réshetchenko S., Shamayeva Ju.** Changements climatiques dans le bassin de la rivière Siversky Donets et leurs consequences // *Research and education in the global world: eurointegration processes : Book of papers of the 2023 International Forum for Young Researchers (Kharkiv, May 12, 2023)*. Kharkiv : O. M. Beketov NUUE in Kharkiv, 2023. Р. 281–283. (*Особистий внесок здобувача*: проаналізовано наслідки кліматичних змін для річкового басейну).

4. **Дмитрієв С. С.** Стаціонарний моніторинг стану природного середовища та зміни клімату (на прикладі Харківської області) // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 11 квіт. 2024 р.)*. Харків : Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. Вип. 16. С. 22–26.

5. **Дмитрієв С. С., Решетченко С. І.** Природно-соціальні наслідки воєнних дій на території Харківської області // *Адаптивний менеджмент ландшафту для нового світового (без-) порядку : матеріали міжнар. конф. (Львів – Ворохта, 25-28 вер. 2024 р.)*. Львів, 2024. С. 34–40. (Особистий внесок здобувача: визначено вплив військових дій на ландшафтно-екологічні та соціальні системи області).

6. **Дмитрієв С. С.** Динаміка екологічного стану Харківської області під впливом військових дій та змін клімату // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 10 квіт. 2025 р.)*. Харків : Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. Вип. 17. С. 21–23.

7. **Dmitriiiev S. S., Reshetchenko S. I.** Methodological approaches to assessing crop vulnerability to climate change at the level of territorial communities // *Climate change and sustainable agricultural development : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (September 19, 2025)*. Odesa : Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS, 2025. С. 16–18. (Особистий внесок здобувача: запропоновано методологічні підходи до оцінювання вразливості аграрного сектору).

Публікації, які додатково засвідчують результати наукового дослідження(у закордонних наукових виданнях):

1. Peculiarities of changes in moisture conditions on the territory of Ukraine / Reshetchenko S., **Dmitriiiev S.**, Tkachenko T., Margaryan V. // *Proceedings of the Yerevan State University : Geological and geographical Sciences*. 2023. Vol. 57, № 1-2 (260). P. 20-29.

DOI: <https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.1-2.020>

URL: https://journals.yasu.am/index.php/proceedings-geol-geogr/en/article/view/vol57_no1-2_2023_pp020-029/pdf

(*Особистий внесок здобувача*: визначені особливості змін умов зволоження на досліджуваній території. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: проведення математичних розрахунків, аналіз трендів, Ткаченко Т.: створення картографічних зображень, опис методологічного підґрунтя дослідження, Маргарян В.: дослідження іноземного наукового досвіду, формулювання висновків).

2. Climate monitoring as an indicator of the state of natural landscapes / Reshetchenko S., **Dmitriiev S.**, Boryskina E., Hrekova E. // *Proceedings of the Yerevan State University*. Yerevan, 2023. Vol. 57, № 3. P. 264-267.

DOI: <https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.3.264>

URL: https://journals.y-su.am/index.php/proceedings-geol-geogr/en/article/view/vol57_no3_2023_pp264-267/pdf

(*Особистий внесок здобувача*: обґрунтоване значення кліматичного моніторингу для оцінки стану ландшафтів, побудова карт та графіків. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: дослідження особливостей просторового розподілу кліматологічних величин на досліджуваній території, Борискіна Є.: робота із масивом первинних статистичних даних, їх математична обробка та аналіз, Грекова Є.: дослідження теоретико-методологічної бази дослідження).

3. **Dmitriiev S.** Trends in the Degradation of Water Resources of Ukraine (on the example of the Kharkiv Region) during the war // *Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Development – NATO Science for Peace and Security Series : Environmental Security* / ed.: C. Morar [et al.]. Dordrecht : Springer, 2024. P. 369-384.

DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-024-2278-8_29.

URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-024-2278-8_29

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. ВІТЧИЗНЯНИЙ ТА ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ВИВЧЕННЯ ЗМІН КЛІМАТУ.....	28
1.1. Ретроспективний аналіз досліджень змін клімату.....	28
1.2. Зарубіжний досвід вивчення глобальної кліматичної системи.....	38
1.3. Вітчизняні дослідження змін клімату	49
1.4. Нормативно-правове регулювання змін клімату на регіональному та глобальному рівні.....	58
1.5. Методичні засади дослідження.....	71
Висновки до розділу 1.....	76
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ СТАН ПРИРОДНИХ СИСТЕМ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	78
2.1. Вплив геоморфологічної основи на гідрографічну сітку території.....	78
2.2. Просторово-часова динаміка кліматичних умов регіону.....	84
2.2.1. Надходження та засвоєння сонячної радіації у регіоні.....	84
2.2.2. Температурний режим досліджуваної території.....	90
2.2.3. Просторово-часові зміни температурного режиму повітря.....	96
2.2.4. Сучасний режим атмосферних опадів Харківської області.....	107
2.2.5. Багаторічна динаміка атмосферних опадів	111
2.2.6. Сучасний стан вітрового режиму даної області.....	114
2.3. Внутрішньорічні та багаторічні зміни режиму водних об'єктів Харківської області.....	116
2.3.1. Сучасний температурний режим водотоків і водойм регіону.....	116
2.3.2. Просторово-часова динаміка температурного режиму поверхневих вод регіону.....	121
2.3.3. Водний режим об'єктів гідрографічної мережі Харківської області.....	129

2.3.4. Багаторічна динаміка водного режиму на території області.....	132
Висновки до розділу 2.....	137
РОЗДІЛ 3. СУЧАСНИЙ ГЕОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	139
3.1. Динаміка рівня забруднення атмосферного повітря.....	139
3.2. Антропогенне навантаження на поверхневі води області	155
3.3. Вплив температурно-вологісних змін на водний режим річок....	159
3.4. Вплив змін клімату на гідрохімічні показники річок.....	162
3.5. Геосистемні наслідки військових дій у регіоні.....	165
3.6. Сучасні зміни геоecологічного стану регіону	173
3.7. Оцінка динаміки стану водних басейнів	188
Висновки до розділу 3.....	197
РОЗДІЛ 4. СЦЕНАРІЇ СТАНУ БАСЕЙНІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	199
4.1. Проекція змін клімату у Харківській області.....	199
4.2. Прогнозні сценарії температурного та водного режимів об'єктів гідрографії регіону.....	213
4.3. Прогнозна оцінка забруднення об'єктів гідросфери Харківської області.....	221
4.4. Перспективи щодо покращення сучасного стану та рекультивації деградованих екосистем регіону.....	225
Висновки до розділу 4.....	230
ВИСНОВКИ.....	232
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	236
ДОДАТКИ.....	266

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ВМО – Всесвітня метеорологічна організація
ГДК – Гранично допустима концентрація
ГІС- Геоінформаційна система
ГТПМ – Глобальна температура поверхні моря
ДСНС – Державна служба з надзвичайних ситуацій
ЄС- Європейський Союз
ІДС – Індекс динаміки стану
НПП – Національний природний парк
ООН – Організація Об'єднаних Націй
ОТГ – Об'єднана територіальна громада
ПГ – Парникові гази
ПЗФ – Природно-заповідний фонд
РДНТ – Радіаційно-дозиметричний нагляд території
РЛП – Регіональний ландшафтний парк

ВСТУП

Обґрунтування теми дослідження. Глобальна кліматична динаміка спричиняє ряд помітних змін природного, соціального, економічного та політичного характеру. Тривале зростання температури повітря з одночасним зменшенням суми атмосферних опадів створюють передумови для деградації стану наземних водних екосистем, які виступають основним джерелом для промислового та побутового водопостачання, а також є життєво важливими для водного транспорту, рибного господарства, рекреації і звичайно для підтримання балансу у локальних та глобальній екосистемах. На регіональному рівні теж спостерігаються подібні закономірності. Так, Харківська область впродовж останніх десятиліть зіткнулася із ризиками для галузі водопостачання як промислових підприємств, так і для об'єктів комунального господарства через стрімке скорочення об'єму водних ресурсів, погіршення їх придатності до використання. Стан питних вод має ще більш загрозливий характер динаміки. Тому вивчення впливу сучасних змін клімату на стан водних ресурсів Харківської області та прогнозування його майбутньої динаміки є необхідним і актуальним, адже це дозволить більш ефективно проводити адаптивне керування екосистемами і підготуватися до подальших змін у системі управління водними ресурсами. Також однією із важливих задач даного дослідження є формування чіткого алгоритму дій для збереження існуючих, а також відновлення деградованих або зруйнованих водних об'єктів шляхом поєднання природного механізму саморегулювання і самоочищення в екосистемах із антропогенним чинником.

Вагомим каталізатором екологічної деградації у межах досліджуваної території є мілітарний фактор, який проявляється у тривалих активних бойових діях, що почалися з 24 лютого 2022 року і досі тривають на частині території Харківської області. Ракетні обстріли, розгортання наземних оборонних систем, руйнування об'єктів інфраструктури, накопичення військової техніки та її залишків із нафтопродуктами та важкими металами мають як миттєвий

негативний ефект, так і чинять вплив довгострокової дії. Все це сприяє загальному погіршенню стану водних об'єктів, і суттєвою науковою проблемою залишається обмеженість даних стосовно сучасного стану кліматичних умов і природних комплексів. Як наслідок, чи не єдиним можливим засобом для дослідження динаміки під час військових дій є застосування дистанційного зондування Землі у вигляді космознімків.

Враховуючи перелічені виклики, науково доцільним виступає визначення динаміки на досліджуваній території за багаторічний період, її порівняння із сучасним станом, а також виведення наявних тенденцій, на основі яких можна розрахувати майбутні сценарії ходу кліматичних, гідрологічних та екологічних показників і створити базис для підготовки до післявоєнного відновлення досліджуваної території.

Дане дослідження має суттєве теоретико-методологічне і практичне значення на тлі європейської інтеграції України, оскільки визначення характеру динаміки стану середовища є основним науковим напрямом у ряді європейських країн, які теж стикаються у деградацією водних екосистем у постіндустріальну епоху. Так, Європейське Водне Агентство обрахувало ряд сценаріїв можливого впливу кліматичних змін на стан водних об'єктів, де ключове значення має розуміння того, чи є ці сценарії тотожними тим тенденціям, які спостерігаються на регіональному рівні, що дозволить більш детально і математично обґрунтовано спрогнозувати майбутній стан басейнів поверхневих вод Харківської області.

Зв'язок роботи з науковими програмами та темами. Дисертаційне дослідження виконане у рамках співпраці кафедри фізичної географії та картографії із Йоркським університетом в рамках наукової групи «Delivering Clean and Green Environment» та у співпраці із НАТО в рамках програми «Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Redevelopment».

Метою дослідження є вивчення впливу кліматичних факторів на природний стан поверхневих водних об'єктів на прикладі Харківської області та подальшого створення прогнозного сценарію його змін.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні *задачі*:

- проаналізувати сучасні підходи до вивчення проблем змін клімату та їх наслідків;
- встановити динаміку температурного режиму та режиму зволоження Харківської області за період 1961-2020 рр.;
- дослідити температурний, водний режими річок та водосховищ досліджуваної області за встановлений період (1961-2020 рр.);
- вивчити динаміку забруднення поверхневих вод за багаторічний період;
- оцінити динаміку стану басейнів поверхневих вод у межах Харківської області;
- проаналізувати зміни кліматичних показників відповідно до сценаріїв змін клімату;
- створити прогностні сценарії для показників на досліджуваній території.

Об'єктом дослідження є басейни поверхневих вод у межах Харківської області.

Предмет дослідження – багаторічна динаміка кліматичних умов, стану поверхневих вод в межах Харківської області в ХХ – на початку ХХІ століть.

Методологічною основою дослідження є поєднання історичного, географічного та системного підходів, що дозволяє комплексно охарактеризувати клімато-гідрологічний та екологічний стани водних об'єктів Харківської області в умовах кліматичних змін. *Історичний підхід* застосовано для ретроспективного аналізу кліматичних і гідрологічних показників за період 1961–2020 рр. з метою встановлення тенденцій зміни температурного режиму, кількості атмосферних опадів, водності річок та рівня забруднення поверхневих вод. *Географічний підхід* дав змогу охопити просторову неоднорідність змін природного середовища, враховуючи фізико-географічне положення досліджуваної території в межах перехідної зони «степ-лісостеп». *Системний підхід* забезпечив

комплексний аналіз взаємозв'язків між кліматичними чинниками, гідрологічними процесами та антропогенним навантаженням, а також дозволив провести узагальнення результатів у межах геоекосистемного підходу.

У процесі дослідження використано як філософські, так і загальнонаукові та конкретно-наукові методи. Серед загальнонаукових методів важливе значення відіграв *метод аналізу та синтезу*: на основі аналізу великого масиву гідрометеорологічних та екологічних даних (включно з показниками температури повітря, рівня опадів, температури та витрати води) здійснено синтез інформації для формування цілісної картини гідроекологічного стану регіону. Індукція застосовувалась для виявлення загальних закономірностей кліматичних змін на основі часткових (локальних) даних, а дедукція – для перевірки сформульованих гіпотез щодо впливу клімату на водні ресурси шляхом застосування цих гіпотез до конкретних річкових басейнів (наприклад, річок Сіверський Донець, Уди, Лопань). *Метод систематизації й класифікації* застосовувався для впорядкування водних об'єктів за рівнем забруднення, гідрологічними характеристиками та ступенем антропогенного навантаження.

Серед конкретно-наукових методів провідне місце посідає *картографічний метод*, який реалізовано шляхом створення тематичних карт динаміки кліматичних та гідрологічних параметрів. Це дало змогу простежити зміни температури повітря, кількості опадів, рівнів води та ступеня забруднення в басейнах річок Харківщини у часовому та просторовому аспектах. *Статистичний метод* забезпечив кількісну обробку первинних даних: розрахунки середніх багаторічних значень, виявлення трендів, амплітудних коливань та аномалій у динаміці кліматичних показників. *Метод ранжування* дозволив упорядкувати річки за рівнем зміни гідрологічного режиму та забруднення, що дало підґрунтя для побудови прогностичних сценаріїв. *Порівняльно-географічний метод* дав змогу провести зіставлення даних Харківської області з відповідними показниками у сусідніх регіонах України та країнах Європи. Завдяки цьому виявлено як загальні тенденції, характерні для зони «степ-лісостеп», так і специфічні особливості, зумовлені локальними

умовами. *Порівняльно-історичний метод* застосовувався при вивченні змін гідроекологічного стану річкових систем у різні історичні періоди – зокрема, з урахуванням етапів індустріалізації, меліорації та сучасного військового конфлікту. Окрему роль відіграє *прогностичний метод*, який базується на екстраполяції наявних кліматичних і гідрологічних трендів із застосуванням сценаріїв, запропонованих Європейським водним агентством. Це дозволяє оцінити ймовірні майбутні зміни в температурному та водному режимах, а також передбачити стан басейнів поверхневих вод Харківщини у середньо- та довгостроковій перспективі.

Стан вивченості проблеми. Наразі дослідження кліматичних змін представлені широким колом наукових напрацювань у світі. Ними займаються представники різних наукових напрямів: екологи, географи, кліматологи, гідрологи, гляціологи, фізики та інші. Близькими до тематики даного дослідження є наукові напрацювання Є. Василенка, Є. Гопченко, Н. Лободи та В. Гребіня, котрі вивчають зміни стану водних об'єктів на території України, їх зв'язок із відповідними змінами клімату та обраховують сценарії їх майбутнього розвитку.

Кліматичні умови України обрані предметом досліджень Решетченко С.І., Сніжка С.І., Морозова Ю.І., Лапшина В.І., Педаєва Д.К., Гвоздя М.А., Жука К.М., Савельєва Р.М., Броунова П.І., Срезневського Б.І., Шевченко О.Г. та інших. Екологічні дослідження на досліджуваній території проводяться за ініціативи Черваньова І.Г., Максименко Н.В., Пересадько В.І., Залюбовської О.В., Сінної О.І., Тітенко Г.І., Лукашова Д.В., Мартюшева О.О., Гродзинського Д.М., Руденка Л.Г., Приходько В.Ю. та інших. Серед іноземних вчених можна виділити відомих кліматологів С.П. Ленглі, А. Гогбома, В. Гершеля, М. Міланковича, Ч. Аббота, Д. Хансена, гідрологів М. Гендрікса, М. Андерона, А. Піто, Р. Гортон, П. Пероля, екологів Дж. М'юра, Р. Карсона, А. Лепольда, Г. Торо, Д. Брауера.

Інформаційна база дослідження включає дані статистичних збірників Харківського Регіонального центру з гідрометеорології, Центральної геофізичної обсерваторії імені Б.І. Срезневського, Державного Агентства лісових ресурсів,

Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України за періоди 1961-2020 рр. та 1995-2025 рр.

Очікувані результати. До основних результатів майбутнього дисертаційного дослідження належать:

- створення серії картографічних творів, які ілюструють динаміку кліматичних умов, стану водних об'єктів та екологічного стану території Харківської області;
- сформування прогностичних сценаріїв кліматичних змін, враховуючи сучасну динаміку;
- створення прогностичних сценаріїв динаміки стану басейнів поверхневих вод під впливом сучасних кліматичних змін;
- розробка стратегії управління водними ресурсами у Харківській області із врахуванням сучасних динамічних процесів;
- оцінка впливу ступеня зарегульованості водних об'єктів на характер і швидкість зміни їх стану.

Новизна дослідження. Вперше:

- Визначено й охарактеризовано нові терміни — «*мілітарно спровоковані зміни клімату*» та «*мілітарно-індуковані загрози для водних екосистем*», що стали актуальними з 2022 року. Йдеться про забруднення повітря і води паливно-мастильними матеріалами, пошкодження насосних станцій, водозаборів і каналізаційних очисних споруд, що безпосередньо впливають на якість води та здоров'я населення. Уперше, на прикладі Харківської області, продемонстровано, як військові дії стали новим типом гідроекологічної загрози — складної, довготривалої, що потребує особливого підходу до моніторингу й реагування.
- Розроблена методика ІДС, яка визначає вплив факторів на стан водних об'єктів та подальших заходів адаптацій та стійкого управління ними, і унікальним є те, що ця методика математично враховує наслідки сучасних військових дій.

Удосконалено:

- Просторову та часову картину кліматичних змін на території Харківської області, проаналізовано зміни температури повітря, опадів, індексів посухи за період 1991–2020 рр. та на основі сценаріїв RCP 4.5 і RCP 8.5 побудовано прогнозні моделі до середини XXI століття.
- Підхід до прогнозування стану поверхневих вод регіону з урахуванням кліматичних змін, оцінку зміни водності та якості води, а також визначення вразливих до змін клімату водозборів.
- Характеристику сучасного клімату Харківщини: уточнено межі аномалій температури повітря та опадів, виділено ділянки з найвищим рівнем кліматичної вразливості, що дозволяє точніше оцінювати ризики для водних екосистем.
- Практичні рекомендації щодо адаптивного управління водними ресурсами регіону. Ці рекомендації враховують як природно-кліматичні чинники, так і нові виклики, пов'язані з повномасштабною війною, зокрема пошкодження гідротехнічної інфраструктури, зміщення вектора антропогенного навантаження та порушення звичного режиму водокористування.

Отримало подальший розвиток:

- Класифікація стану водних об'єктів області, яку доповнено авторським індексом ІДС, що відображає сумарну дію кліматичних, техногенних та соціальних чинників.
- Аналіз впливу змін стану водного середовища на стійкість природних систем регіону. Зокрема, досліджено річкові долини як елементи структурного каркасу природного середовища, здатні зберігати екологічну рівновагу навіть за умов кризових збурень.

Практичне значення результатів роботи. Дане дослідження спрямоване на оновлення (сучасної) комплексної характеристики кліматичних умов Харківської області, екологічного стану поверхневих вод (Харківщини),

проведення гідрометеорологічного прогнозування стану водних об'єктів у співпраці із Харківською обласною Малою академією наук, проведенні оновлення сценарних прогнозів Регіональним офісом водних ресурсів у Харківській області, про що свідчать отримані довідки про впровадження результатів дисертаційного дослідження. Використані методики можуть бути також застосовані і для інших регіонів, а отримані висновки і рекомендації можуть бути включені у Стратегію розвитку Харківської області і стратегію управління водними ресурсами.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційне дослідження є самостійним і завершеним доробком. Автором був проведений аналіз літературних джерел українських та зарубіжних видань, виокремлення тенденцій у динаміці кліматологічних, гідрологічних та екологічних показників за період 1961-2020 рр. Була проаналізована військово-екологічна ситуація у Харківській області, створена методика оцінки динаміки стану водних об'єктів, створені прогнозні сценарії ходу кліматологічних, гідрологічних та екологічних показників на період 2021-2050 рр. та обрахована загальна динаміка на цей часовий проміжок.

Окремі положення даного дослідження *апробовані* на численних конференціях і конкурсах: матеріалах щорічної наукової конференції студентів та аспірантів, присвяченої пам'яті професора Г. П. Дубинського «Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи» (2022-2025 рр.), у виданні «Адаптивний менеджмент ландшафту для нового світового (без-) порядку: Матеріали міжнародної конференції, присвяченої 80-річчю кафедри геоекології і фізичної географії (Львів – Ворохта, 25-28 вересня 2024 року», а також публікація у Віснику ХНУ імені В.Н. Каразіна (2020, 2022, 2023 та 2025 р.), II International Scientific and Practical Conference (19 вересня 2025 р., Одеса), International Forum for Young Researchers (2023 р., Харків), Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Redevelopment (2022). Дисертаційне дослідження виконане у рамках співпраці кафедри фізичної географії та картографії із Йоркським університетом в рамках наукової групи «Delivering Clean and Green Environment»

та у співпраці із НАТО в рамках програми «Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Redevelopment». Також в рамках апробації результатів дослідження була прийнята участь у UK Twinning Programme (у співпраці із Йоркським університетом), Літній школі зі створення віртуальних екскурсій (м. Орадя) (осінь 2023 р.) та у UN Shadowing Programme 2025, яку організував Європейський офіс Організації Об'єднаних Націй (Відень, Австрія, 2025 р.). Всього під час навчання в аспірантурі в рамках підготовки дисертації було видано 4 публікації у закордонних наукових виданнях, 4 публікації у виданнях, які входять до категорії «А» фахових наукових видань України (3 з них індексуються у базі Web of Science і 1 у базі Scopus), 2 публікації у виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України та 7 тезах конференцій. Було отримано 4 довідки про впровадження результатів дисертаційного дослідження: 2 від Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, від Комунального закладу «Харківська обласна Мала академія наук Харківської обласної ради» та Регіонального офісу Водних ресурсів у Харківській області.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 29 додатків. Обсяг загального тексту дисертації складає 450 сторінок, з них основного тексту 209 сторінок. Робота ілюстрована 12 таблицями, з яких 3 займають всю сторінку та 148 рисунками, з яких 6 займають всю сторінку. Список використаних джерел містить 250 найменувань на 30 сторінках.

Усі викладені наукові результати дослідження отримані автором особисто на основі аналізу інформації з літературних та статистичних джерел, що відображено у наукових публікаціях за тематикою дисертації. Особистий внесок здобувача зазначений для тих публікацій, які були підготовлені у співавторстві.

РОЗДІЛ 1

ВІТЧИЗНЯНИЙ ТА ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД

ВИВЧЕННЯ ЗМІН КЛІМАТУ

1.1. Ретроспективний аналіз досліджень змін клімату

Кліматичні умови як окремий науковий суб'єкт з'явилися відносно нещодавно і водночас давно. Якщо розглядати саме науково обґрунтовані дослідження клімату, його регіональних проявів, впливу на різні сфери господарського комплексу, то зародження даного напрямку датується приблизно другою половиною XIX ст., коли у багатьох країнах світу почали з'являтися мережі метеорологічних станцій, які дозволили почати постійну фіксацію кліматичного стану. Водночас, клімат і людство настільки ж нерозривно пов'язані між собою, як людство і вода. Клімат супроводжував життя людини від появи перших прадавніх антропоморфних видів більше *1 000 0000 років тому*. Особливу важливість кліматичні умови набули під час *неолітичної революції* (10 000 – 8 000 рр. до н.е.) – історичного періоду, який характеризувався переходом від привласнювального до відтворювального господарства, коли замість простого споживання природних ресурсів у формі полювання, рибальства і збиральництва, людство почало відтворювати ці ресурси за допомогою землеробства і скотарства.

Саме в цей час починають формуватися зародки перших протоцивілізацій у регіонах із найбільш придатними кліматичними умовами, і часто це співпадало із долинами великих річок. Наприклад, *єгипетська цивілізація у долині Нілу, шумерська і аккадська культури у межиріччі Тигру і Євфрату, найбільші міста стародавнього світу свого часу Мохенджо-Даро і Харappa у долині річки Інд, протокитайські культури і долинах річок Хуанхе і Янцзи* [61]. На теренах сучасної України у цей період цивілізації ще *не формувалися через вплив кліматичного фактору*, а саме через нещодавній відступ материкового зледеніння (рис. 1.1), яке лишило по собі ландшафти, які можна

охарактеризувати, як перехідні між степовою зоною та тундрою, оскільки був характерний трав'янистий покрив, але він відрізнявся від сучасного наявністю карликових форм деревної рослинності і переважанням холодостійких трав'янистих видів. При цьому характерним було панування стійких до холодних умов представників мегафауни (класичний представник цього виду – мамонти, які слугували основним джерелом м'яса і шерсті для давніх жителів українських земель).



Рис. 1.1. Південна межа найбільшого материкового зледеніння на території України [37]

Приблизно в період формування перших протоцивілізацій починаються спостереження за погодою, які, як і всі природні явища, часто були пов'язані не тільки із суто господарським призначенням чи науковим інтересом, а більшою мірою із сакральною сферою, оскільки кожна сила природи мала певне божественне обґрунтування. Так, майже у всіх прадавніх культурах є боги, які символізують Сонце чи Місяць і вони часто посідають вищі щаблі сакральної ієрархії, іноді до них доєднуються чи навіть випереджають боги-громовержці, як от Перун у прадавніх слов'ян, Юпітер у давніх римлян і Зевс у давніх греків. Не

дивлячись на подібні обмежені уявлення про навколишній світ, в цей час люди починають досліджувати погоду та її вплив на сільське господарство і водний транспорт. Починаються спостереження за зорями і зміною положення Сонця відносно горизонту, створюються карти зоряного неба і прогножуються небесні явища, такі, як сонячні затемнення.

Вивчення історії науки про клімат неможливе без характеристики основних етапів розвитку гідрологічного вчення, оскільки як в науковому плані, так і в практичній площині, використання гідрологічних об'єктів завжди є невіддільним від кліматичних умов, які регулюють водний та льодовий режими річок і озер, а також майже цілком визначають характер їх температурного режиму. До давньої доби (приблизно до VIII ст. до н.е.) відносяться і перші спроби людства дослідити річки, озера та особливості їхньої циркуляції з метою використання у господарстві. Так, ще 7000 років тому на території сучасного Ізраїлю була побудована дамба, яка мала захищати давнє ханаанське поселення від негативного впливу морських припливів [61]. *Перша відома дамба для захисту від річкових повеней* датується 3000 р. до н.е., і була створена у Давньому Єгипті навколо міста Мемфіс [61]. Все це говорить про неабияку роль кліматичних умов та особливостей режиму гідрологічних об'єктів для давніх людей і свідчить про започаткування протонаукового підходу до вивчення цих природних явищ саме у цей період.

У *Добу Античності* (VIII ст. до н.е. – V ст. н.е.) з'являються перші науково обґрунтовані дослідження як кліматичних умов, так і водних об'єктів. Перші відомі твори цього часу мають загалом описовий характер і високий ступінь міфологізації, коли поруч із описом історії та географічних умов можна побачити опис олімпійських богів та їх боротьби. Одним із перших давньогрецьких філософів, який у прозовому творі навів відомості про сучасні йому події, а також про географічні особливості Давньої Греції та народів Середземномор'я та Африки, був *Гекатей Мілетський* (VI ст. до н.е.). *Фалес Мілетський* у VI ст. до н.е. у своїх трактатах описав воду як основоположну речовину для походження

всього живого, і вперше аргументував це не за допомогою сакральних уявлень, а завдяки емпіричним дослідженням [61].

На відміну від Фалеса, *Анаксімен Мілетський* вважав, що основою Всесвіту і відповідно живої матерії є повітря. Тому суттєва частка його творів присвячена вивченню стану атмосфери, зокрема він вперше описав механізм утворення граду як замерзлих крапель, що випадають із хмар [61].

Більш відомим і фундаментальним є трактат «Історія» за авторством *Геродота Галікарнасського* (V ст. до н.е.) [61], який вперше інформативно продемонстрував строкатість кліматичних умов у різних частинах відомого тоді світу. Серед іншого, одна з книг цього трактату – «Мельпомена» - розповідає про умови життя, звичаї та природу давньої Скіфії, у тому числі вміщений детальний опис території, походження місцевих річок – Борисфену (Дніпра), Істру (Дунаю), Гіпанісу (Південного Бугу) та Сіргісу (Сіверського Дінця). Північніші території (вочевидь північна частина нинішньої України) в уявленні історика представлені, як засніжені землі із холодним кліматом, що свідчить про залишки впливу останнього материкового зледеніння.

На початку IV ст. до н.е. *Гінократ* у своєму трактаті «Повітря, води, місця» присвятив окрему увагу впливу навколишнього середовища, зокрема пануючому типу кліматичних умов на рівень життя населення і характер окремих етносів. Це вважається однією із підвалин вчення, яке пізніше отримає назву «географічний детермінізм» [61]. Зокрема, він порівнює риси давніх греків зі скіфами і народами Малої Азії та Палестини.

Арістотель, який вважається засновником фізики, спричинив справжню наукову революцію в античному світі, написавши трактат «*Метеорологіка*» [61], який у майбутньому дав назву науці про погоду і слугував чи не найбільш авторитетним географічним та метеорологічним посібником аж до XVII ст. У ньому він окремо розділив роль чотирьох елементів – землі, вогню, повітря і води на формування Землі, проходження всіх природних процесів та умови проживання населення. Проте окрім суто вивчення погодних явищ та

особливостей їх проходження у різних частинах відомого тоді світу, він звернув увагу на вплив сейсмічної активності, зокрема вулканічних вивержень на стан атмосфери. Це питання було надзвичайно актуальним для давніх греків, оскільки вони проживали у зоні із надзвичайно потужним впливом ендегенних сил Землі.

Крім того, Арістотель заклав основи для кліматичної класифікації, вперше детально і систематично описав різні типи клімату і першим прив'язав ці відмінності до різниці у характері прогрівання залежно від кута падіння сонячних променів.

Роботу Арістотеля продовжив століття пізніше *Ератосфен*, який вважається засновником географічної науки, і у своїй основній праці «*Географіка*», яка й дала назву цій науці, він зроби перший систематичний суто географічний опис світу, розглядав основні математичні та фізичні аспекти світобудови, зокрема доводив кулясту форму Землі і створив першу географічну карту світу, яка відома сучасним вченим. Метеорологія та гідрологія посідають чільне місце у його наукових пошуках, оскільки він вперше розділив Землю на 5 кліматичних зон – 2 полярні, 2 помірні та зону навколо екваторі до тропіків. Дана класифікація у трохи модифікованому вигляді і досі використовується у науці і відома під назвами «теплові пояси Землі» або «пояси прогрівання Землі». Для зручності географічного орієнтування Ератосфен наніс паралелі і меридіани і першим обрахував радіус Землі, використовуючи різницю кута падіння сонячних променів у двох єгипетських містах – Александрії та Асуані [61].

У римську добу філософ *Страбон* (I ст. н.е.) видав 17-томну працю «*Географія*» - фундаментальний посібник, в який він вмістив всі тодішні відомості про навколишній світ, але окрім суто описовості цьому твору притаманна також наявність діалектики, яка виражається у дискусії автора щодо ряду питань світобудови порівняно із вченнями попередніх авторів. Також він уточнив карту світу, додавши туди багато нових міст і створив детальну кліматичну картину Європи, Північної Африки та Передньої Азії [61].

Клавдій Птолемей у II ст. н.е. створив власний фундаментальний посібник з географії, який він доповнив своєю версією карти світу, де окрема увага приділялася річкам та озерам, але не стільки з точки зору їх особливостей чи можливостей господарського використання, а як орієнтирів для мандрівників, щоб вони могли легше знаходити найважливіші місця на карті, а також з метою полегшення пошуку джерел питної води [61].

Доба *Середньовіччя та Раннього Нового часу* характеризуються різким зниженням наукового інтересу до географії світу, у тому числі до вивчення кліматологічних та гідрологічних особливостей різних територій. Причинами такого явища є стрімке падіння рівня життя населення, руйнування античних наукових центрів та шкіл, а також початок панування християнських догм, які забороняли будь-які альтернативні думки до тих, що описані у Біблії.

Окремі географічні відомості, у тому числі і про кліматичні умови містяться у творах *Марко Поло та Ібн Баттуті*, які подорожували країнами Азії та описали місцеву природу [61]. Територія сучасної України в цей час згадується переважно в описах європейських, візантійських та арабських мандрівників, а серед оригінальної літератури географічні відомості викладені переважно у літописах, серед яких найвідомішим є «*Повість минулих літ*» за авторством ченця Києво-Печерського монастиря *Нестора Літописця*. У своєму творі він окрім історичних подій навів власну версію походження світу, яка багато в чому базувалася на християнському вченні, однак цінним для даного дослідження є ті кліматичні відомості, що вміщені у цьому літописі. Варто зазначити, що ця інформація має нерегулярний характер через відсутність постійних метеорологічних спостережень, однак змін пір року, настання часу для перших посівів були давно відомі слов'янам, враховуючи ключову роль сільського господарства у тодішньому економічному комплексі Русі-України. Окрім агрокультурного значення, погода відігравала вагомий стратегічний роль, оскільки вона регулювала походи князів. У літописі вміщено відомості про посушливі роки, які спричиняли пожежі у степах та лісах і завдавали значних збитків

населеним пунктам, особливо характер забудови на теренах України тоді був переважно дерев'яний. Поряд із посушливими роками приблизно кожні 30 років (1024, 1060, 1090, 1125 та інші) спостерігалися роки із підвищеним рівнем вологості, який характеризувався випадінням рясних атмосферних опадів, псував посіви на сільськогосподарських угіддях і спричиняв масштабні повені і паводки, які також завдавали значних руйнувань [61].

Галицько-Волинський літопис XIII ст., який є продовженням попереднього твору також містить багато географічних відомостей, але вони в першу чергу стосуються річок та їх режиму. Річки тоді мали надзвичайно важливе значення, оскільки від чергування межені та повеней повністю залежали землеробство і скотарство, а тому такі явища ретельно фіксували, у тому числі на регіональному рівні. Все це дає змогу кліматологам оцінити характер динаміки погодних умов того часу. З пізніших джерел, переважно іноземних, вчені знають, що у XIV та XVII ст. настав так званий «малий льодовиковий період» (термін введений Ф. Маттесом у 1939 р.) [61] - період стрімкого погіршення кліматичних умов у Європі, коли температура повітря знизилася, а впродовж року характер атмосферних опадів часто був зливовим. Це спричиняло погіршення врожайності сільськогосподарських культур, скорочення кормової бази для тваринницької галузі, внаслідок чого раціон європейців став надзвичайно бідним. Як вважається сучасними вченими [167], саме цей фактор став однією із причин такого швидкого поширення пандемій «чорної смерті» - чуми у Європі, бо імунітет населення був послаблений недостатнім раціоном. На теренах України це також проявлялося, однак переважно у західній частині, а досліджувана територія була майже незаселеною і називалася «Дике Поле». Відносне покращення кліматичних умов було у XVI та XVIII ст. [61].

У добу *Великих географічних відкриттів* (XV-XVII ст.) відомий європейцям світ значно розширився, вони познайомилися із кліматичними умовами різних куточків світу, де була зовсім інша рослинність і відповідно інший характер господарювання населення. Проте і в цей час не було видано

фундаментальних наукових праць, які б аргументовано пояснювали такі різні відмінності у характері клімату. Водночас, у XVII ст. починає більш активно розвиватися гідрологічний напрям, особливо гідравлічна інженерія. Це пов'язано із зародженням капіталістичних відносин у Європі та розвитком водного транспорту і торгівлі. Так, на прикладі річки Сени *П. Перро*, брат знаменитого письменника, дослідив модель «опади-стік», вперше математично пояснивши роль атмосферних опадів у формуванні річкового стоку [65]. *Е. Марріотт* вивчав характер річкової течії, особливості гідродинаміки на прикладі річок Англії та Уельсу [61]. У цей же час ряд італійських вчених також відіграли помітну роль у розвитку гідрології та кліматології: *Є. Торрічеллі* завдяки своєму досвіду із ртуттю у скляній трубці довів існування атмосферного тиску [61], *Е. Галлей* математично охарактеризував випаровування води над акваторією Середземного моря, *Д. Бернуллі* сформував ряд законів гідромеханіки, які і досі є актуальними для сучасної фізики. *Г. де Піто* обрахував швидкості водної течії у поверхневому шарі та глибинних шарах морських акваторій [61].

Більш фундаментальні публікації з теми клімату та його змін з'являються пізніше, вже у XVIII ст. у Франції, де в цей час стрімко розвивається філософія, у тому числі і натурфілософія. Одним із перших, хто досліджував чергування геологічних епох, а разом із ними і великих кліматичних циклів був *Ж.Л. Леклерк, граф де Бюффон*, який видав працю «*Histoire Naturelle*» («Історія природи»), де висунув припущення, що спочатку Земля була розпаленим шаром, але поступово вона охолола, і коли утворилися вода та атмосфера, почало утворюватися життя на Землі. Кліматичним умовам він відводить роль каталізатора змін природних зон. Саме від кліматичних відмінностей, як він вважав і залежить характер рослинності у різних регіонах світу. Крім того, серед його постулатів варто зазначити те, що зміни клімату ставали причиною поширення одних біологічних видів на Землі і зникнення інших. Паралельно із Бюффоном у Шотландії клімат досліджував *Дж. Хаттон*, який у своїй праці, присвяченій Королівському товариству Единбурга під назвою «*Теорія дощу*»

довів, що кількість атмосферних опадів напряду залежить від вологості повітря та змішування повітряних потоків у верхній частині тропосфери. Можливість зберігання атмосферної вологи у газоподібному стані він пов'язував із температурою повітря, вивівши закономірність, що чим вищою є температура, тим більше вологи може утримуватися у повітрі і навпаки, при зниженні температури відбувається процес конденсації, внаслідок чого виникають атмосферні опади [98].

Наприкінці XVIII - на початку XIX ст. європейська кліматична наука переживала період відносного «застою» через дестабілізацію військово-політичної обстановки, спричинену Великою Французькою революцією та Наполеонівськими війнами, проте вже у 1815 р. французький геолог *Ж.П. Перроден* висунув гіпотезу про те, що величезні валуни, які можна було спостерігати далеко від гірських хребтів могли з'явитися на цьому місці лише під дією певною сторонньої сили. Згідно із його припущенням, цією силою була гляціальна, тобто дія льодовика [103].

Через 20 років інший французький вчений Л. Агассіс розвинув цю гіпотезу у вчення про так званий «*période glaciaire*» або «льодовиковий період» і вперше запропонував ідею про те, що Земля колись була вкрита потужним материковим зледенінням, яке можливо повторювалося не один раз [81].

У 20-х рр. XIX ст. французький фізик і математик *Ж.Б. Фур'є*, застосувавши математичні моделі та фізичні закони висунув гіпотезу щодо особливостей прогрівання Землі. Відповідно до його вчення Земля, враховуючи її відстань від Сонця, мала би бути набагато холоднішою, а, отже, атмосфера може затримувати тепло навколо нашої планети ефективніше, ніж вакуум. Цей механізм він пояснював тим, що Земля отримує видимий спектр в атмосферу, а випромінює інфрачервоний, який не випускається атмосферою у космос. Відповідно, таким чином відбувається прогрівання Землі. Також він стояв біля витоків вчення про «*парниковий ефект*», але оскільки він працював у період, коли промислова революція ще не охопила більшість країн Європи, то головну

роль у можливому глобальному потеплінні він відводив неефективним методами землеробства, яке залишалося провідною економічною галуззю Франції та всіх інших країн світу [100]. Дане припущення було розширене у 1838 р., коли фізик *К. Пуйє* запропонував наукову ідею, що *водяна пара та вуглекислий газ* мають властивість затримувати інфрачервоне випромінювання і утримувати тепло, прогріваючи атмосферу [110]. Пізніше ці гази назвуть «*парниковими*».

У середині XIX ст. *Дж. Тіндаль* підтвердив гіпотези *Фур'є* та *Пуйє*, створивши прилад для фіксації поглинання інфрачервоного випромінювання атмосферними газами. Завдяки цьому до вже зазначених водяної пари та вуглекислого газу, що утримують тепло в атмосфері, він додав *метан* [115].

Окрім ролі атмосферних газів у цей період висувалися ідеї щодо інших факторів кліматичної динаміки. Найбільш очевидним вибором була положення Землі відносно Сонця, і *Дж. Кролл* обрахував, як взаємна гравітація Землі, Сонця та Місяця, нахил земної вісі, а також характер земної орбіти можуть впливати на кліматичні умови. На відміну від атмосферних газів, вплив цього фактору має довгостроковий характер, оскільки періодичність подібних кліматичних коливань сягає кількох десятків тисяч років [117].

Таким чином, дослідження історії науки про вивчення клімату та його змін дало змогу побачити, що хоча кліматична наука є відносно новим напрямом, розрізнені фізико-географічні спостереження були невід'ємною частиною як наукового, так і побутового життя людства як мінімум впродовж останніх 10 000 – 12 000 років, тобто з початку активного землеробства, коли чергування сезонів та змін фаз водного режиму річок та озер під впливом кліматичної динаміки, почали впливати на сільське господарство, яке надовго стало ключовою економічною галуззю всіх без виключення країн світу. На початку кліматичні дослідження носили хаотичний і часто сакральний характер, оскільки як і будь-які сили природи, вони часто мали певне містифіковане пояснення, однак вже у Давній Греції та Римі починаються перші більш-менш систематичні метеорологічні та гідрологічні дослідження, які дозволили не лише оцінити

кліматичні особливості у різних регіонах світу, а й дослідити можливі причини подібної строкатості. У кінці XVIII – на початку XIX ст. подібні наукові пошуки набули системного і математично обґрунтованого характеру. У цей час з'являються детальні класифікації природних комплексів та математичні моделі причин прогрівання атмосфери, висуваються гіпотези про кліматичну динаміку під впливом атмосферних газів та особливостей обертання Землі та її положення відносно Сонця. Проте багато запитань ще не були розкриті, і ця задача буде виконана вже у кінці XIX та у XX ст., коли кліматологія остаточно виділиться як окремий науковий напрям.

1.2. Зарубіжний досвід вивчення глобальної кліматичної системи

У другій половині XIX ст. вивчення клімату та його змін вийшло на якісно новий рівень завдяки винайденню низки приборів, які дозволяли більш чітко фіксувати стан метеорологічних показників. Другою причиною є поступове поширення мережі стаціонарних моніторингових пунктів. Окрім суто кліматичних даних, людство почало накопичувати інформацію стосовно стану водних об'єктів, а з середини-кінця XX ст. і екологічні показники. Враховуючи комплексний характер даного дисертаційного дослідження, окрім вчених, що займалися вивченням кліматичних систем, доцільним буде додати гідрологів та екологів, що дозволить більш повною мірою оцінити накопичене наукове підґрунтя, яке допоможе створити власну методику оцінки екологічної динаміки.

Ще один аспект, який є необхідним – це опис мілітарного впливу на екосистеми. Причиною такого вибору є те, що досліджувана територія є зоною активних бойових дій, а тому зарубіжний досвід вивчення післявоєнного відновлення браунфілдів є надзвичайно корисним.

Основною складовою даного дослідження виступає саме кліматологічна частина, тому доцільно спершу розглянути науковий досвід, присвячений саме цій сфері.

У 1896 році шведський фізик *С. Арреніус* видав статтю [80], у якій підтвердив результати дослідження свого сучасника *С.П. Ленглі* щодо впливу вуглекислого газу на стан земної атмосфери і довів, що збільшення частки цього газу матиме ефект зростання температури повітря на Землі до 6°C за умови подвоєння тодішньої концентрації CO₂. Водночас, скорочення частки CO₂ в атмосфері може призвести до нових «льодовикових періодів». Тобто фактично вперше було науково підтверджено, що саме вуглекислий газ є ключовим для глобальної кліматичної динаміки і його зміни мають вітальний ефект на умови проживання населення і господарство, проте у перших дослідженнях *С. Арреніус* писав про те, що це матиме більш позитивний ефект, але вже згодом, у 1908 році, він змінив думку і прийшов до нового бачення впливу зміни концентрації CO₂ в атмосфері як негативного каталізатора кліматичної динаміки [104].

А. Гекбом у той же час продовжив дослідження *С. Арреніуса* і оцінив роль природних та антропогенно провованих факторів у формуванні загальних викидів вуглекислого газу. Враховуючи тодішній рівень розвитку світового господарства, в першу чергу промисловості і транспорту, він прийшов до висновку, що викиди з підприємств, залізничного і морського транспорту (які були переважно на парових двигунах у той час) майже зрівнялися із природними вуглеводневими джерелами (виверження вулканів, біогенні джерела) [104].

У 1899 році *Т.К. Чемберлін* додав до вищезазначених газів кілька інших речовин, які вже фігурували у дослідженнях вчених XVII-XVIII ст. – водяну пару, яка на його думку мала сильний теплопоглинаючий ефект для інфрачервоного випромінювання, а також про азот і аргон, які виступали як допоміжні речовини у цьому процесі. Були остаточно сформульовані гіпотези про незворотність змін температури повітря після переходу частки вуглекислого газу через певні межі [104]. Через 2 роки гіпотеза була доповнена терміном «парниковий ефект», який ввів у науковий обіг *Н.Г. Екхольм* [97].

Не дивлячись на математичну обґрунтованість висунутих гіпотез щодо змін клімату та авторитет вчених, що їх запропонували, світова наукова спільнота

в цілому скептично ставилася до теорії, що частка парникових газів може мати настільки велику роль, що викликає глобальні зміни клімату. Панувала думка, що людство має продовжувати підкорювати природу, і що усі надлишки вуглекислих газів будуть поглинені океанами та зеленими рослинами. Окрім суто наукових факторів, причиною такого явища був пік колоніальної політики, який припав на цей період, коли європейські держави були зацікавлені у розширенні власних зон економічного впливу. Тому для підтвердження гіпотези змін клімату потрібні були інші аргументи. В кінці 20-х рр. ХХ ст. *У.Х. Бредлі* використав рештки глиняних відкладів у придонних шарах озер висунув гіпотезу про кліматичні цикли на основі шаруватого характеру знайдених глин. Біологічні докази змін клімату були надані *Е.Е. Дугласом*, який вивчав річні кільця дерев і помітив, що у більш вологі роки ці кільця трохи товщі [104].

Паралельно із роботою вищезгаданих геологів та біологів астроном *М. Міланкович* розширив гіпотезу *Дж. Кролла* щодо ролі обертання Землі, відстані до Сонця та до Місяця на кліматичну динаміку. Він обрахував так звані «цикли Міланковича» [243], згідно із якими Земля постійно переживає періоди чергування льодовикових періодів та періодів потепління, що викликане зміщенням осі обертання Землі навколо Сонця, внаслідок чого вона знаходиться то на більшій, то на меншій відстані від нього. Згідно із розрахунками самого Міланковича, цей період складав 41 000 років, проте пізніші дослідження американських та китайських учених довели, що впродовж останніх 1 000 000 років, періодичність чергування льодовикових та більш теплих періодів складає приблизно 100 000 років. Таким чином, зараз Земля знаходиться у міжльодовиковому періоді, і враховуючи завершення попереднього материкового зледеніння, наступний такий період слід очікувати через 50 000 років із початком глобального похолодання через 16 000 – 18 000 років [243]. Єдиним недоліком цієї моделі для практичної площини є те, що вона враховує суто астрономічні показники, які можна передбачити відносно точно, проте вона не включає роль людини і стихійних природних чи космогенних явищ. Справа у тому, що вже було

доведено раніше, що кліматична динаміка регулюється часткою парникових газів в атмосфері, які затримують тепло. А джерелами їх надходження виступають підприємства, вулканічні виверження та вибухи внаслідок падіння космічних тіл. Крім того, мілітарний фактор також має неабиякий кліматичний ефект. Проте в період, коли Міланкович проводив свої розрахунки, рівень розвитку зброї був лише зразка нещодавньої Першої світової війни. Однак зараз масштаби руйнувань, що заподіяні внаслідок військових дій в кілька разів більші. Тому коригування довготривалих циклів завдяки врахуванню антропогенного фактору та чинника емерджентності природних явищ може подовжити період глобального потепління на кілька тисяч років [243].

Друга світова війна на деякий час зупинила кліматологічні дослідження, але вже у 1950-х рр. *Г. Пласс* уточнив математичну модель впливу CO₂ на температуру повітря у світі, з'ясувавши, що за умови подвоєння концентрації цього газу в атмосфері середня температура зростає на 3,6°C, а не на 5-6°C, як вважалося до цього [109]. Проте не дивлячись на зменшення потенційних змін клімату, їх екологічний вплив ставав все очевиднішим. Не останню роль у цьому зіграли і наслідки Другої світової, коли масштаби руйнувань, спричинених людиною вперше стали настільки всеохоплюючими.

В кінці 1950-х рр. *П. Ерліх* підсумував багаторічну дискусію серед вчених Західної Європи та США щодо ролі твердих викидів в атмосферу, переважно від теплових електростанцій, які тоді працювали переважно на кам'яному вугіллі, залізничного та автомобільного транспорту, чорної та кольорової металургії [98]. Причиною дискусії була відсутність консенсусу щодо того, який із впливів забруднення атмосфери є переважаючим, оскільки з одного боку, збільшення частки парникових газів та інших завислих речовин викликає зростання температури повітря, але з іншого боку, наявність смогів у місцях скупчення індустріальних та транспортних об'єктів викликає зростання відносної вологості та локальне зниження температури. Саме в цей час європейські міста потерпали від періодичних смогів, які співпадали із приходом антициклонів і яскравим

прикладом такого явища є «*Великий Лондонський смог*» у грудні 1952 року, який майже на тиждень спричинив справжній колапс у британській столиці численні жертви серед місцевого населення, оскільки видимість була подекуди менше метра []. Ще одним прикладом дуальності у вченні щодо кліматичної динаміки є робота *Дж. Мітчелла* 1963 року [104], в якій він звів дані з більше, ніж 200 метеостанцій по всьому світу і вивів глобальні температурні тенденції з 1880 року. Висновками даного дослідження була тенденція до зростання температури повітря до 1940-х рр., після чого була помітна тенденція до зменшення температури, проте, як виявилось пізніше, ця тенденція, мала тимчасовий характер, і незабаром тенденція до глобального потепління знову стала превалюючою, і вже у 1968 році *Американський Інститут нафти* у своїй доповіді представив дані щодо відновлення тенденції до температурного зростання і вперше висловив занепокоєння щодо можливого активного танення льодовикових масивів у Північному Льодовитому океані та Антарктиді [104].

У. Д. Селлерс продовжив вивчення змін клімату на прикладі Арктики і довів, що через специфічність покриву цієї території, яка спричиняє наявність значного показника альбедо, у полярних широтах кліматичні зміни будуть проявлятися за принципом, схожим до «*ефекту баттерфляй*», оскільки при таненні льодовиків, альбедо різко змінюватиметься, а значить прогрівання цієї території зростатиме швидше, ніж у інших частинах Землі [104].

У 1970-х рр. у західній науці починається поступовий перехід до теорії глобального потепління, і у праці *Дж. Соєра* було доведено, що зростання частки парникових газів на чверть на той час у порівнянні із доіндустріальною епохою (умовно цю дату прийнято вважати 1880 роком) стало причиною зростання температури повітря на $0,6^{\circ}\text{C}$, що набагато перевищує всі попередні температурні зростання, які так чи інакше фіксувалися вченими [113].

Р.Т. Ветеральд та *С. Манабе* у 1975 р. вперше використали комп'ютерну модель для прогнозування впливу концентрації CO_2 на тепловий стан атмосфери і за їх розрахунками подвоєння частки цього газу спричинить температурне

зростання на 2°C [107, 228]. Дж. Лавлок у своїх роботах доводив, що хлорфторвуглеводні також можуть чинити вплив на глобальне потепління [104].

У кінці ХХ ст. Б.Д. Сантер у своїй статті доводив, що температурні коливання другої половини ХХ ст. спричинені, як природними, так і антропогенними чинниками, проте, враховуючи високий ступінь кореляційного зв'язку між температурною динамікою та впливом економічної діяльності людства, у подальшому можливим є прискорення глобального потепління, яке може призвести до наслідків, які до кінця не є зрозумілими для вченої спільноти, але безумовно вони спричинять суттєві зміни, які в економічному, так і у повсякденному житті кожного жителя планети [104].

Через майже 30 років після виходу статті Б.Д. Сантера науковці вже встигли усвідомити безпосередні наслідки змін клімату, які вплинули на унікальні темпи поширення процесу опустелювання, розповсюдження проблеми доступу до джерел чистої питної води, переважно у країнах Азії та Африки, що укупі із демографічним бумом в означених регіонах, створює передумови для глобальної екологічної кризи.

Окрім кліматологічних досліджень, для даної роботи надзвичайну важливість має *гідрологічна* складова. У ХІХ ст. вона вперше почала виділятися в окремий науковий напрям завдяки розвитку інженерії та появі численних приборів, які дозволяли більш чітко фіксувати явища гідрологічної динаміки. Так, Дж. Дальтон вивів математичне рівняння, яке дозволяло обрахувати величину випаровування з поверхні водних об'єктів. Воно настільки перевернуло уявлення щодо процесів формування атмосферних опадів і кліматичного регулювання водного стоку, що застосовується вченими і дотепер [36].

В.Р. Куттер та Р. Менінг у різний час створили свої рівняння для математичного обчислення витрат води, які у майбутньому стануть основою для виведення джерел формування річкового стоку. Приблизно в цей же час, у першій половині ХІХ ст. починаються перші стаціонарні гідрологічні дослідження у Великій Британії, німецьких державах, Франції та Швейцарії [36].

Американський гідролог *Дж. У. Пауелл* [36] фактично започаткував цей напрям на континенті. Свої дослідження він присвятив гідрологічному картографуванню, спочатку на прикладі басейну річки Колорадо, а пізніше і всієї західної частини США. Причиною активізації таких досліджень у регіоні було поширення явища «золотої лихоманки» у Каліфорнії та Колорадо, яке пришвидшило освоєння регіону, особливо після завершення Громадянської війни 1861-1865 рр.. В цей час золоті розсипи шукали саме у річках. А тому ключовим було розуміння, де знаходяться всі водотоки, і яким чином до них можливо дістатися. Окрім картографічних здобутків, Дж. Пауелл вперше підняв питання щодо управління водними ресурсами в умовах посушливого режиму випадіння атмосферних опадів і вказав на важливість раціонального водокористування та регіонального планування стратегій щодо керування водними об'єктами. Багато у чому методи, закладені Дж. Пауеллом стали основою сучасного гідроекологічного вчення.

На початку ХХ ст. гідрологічна наука пережила багато змін. Серед них варто виділити введення математико-статистичного аналізу у цю науку *У. Фуллером* [36] перед Першою світовою війною. З тих пір цей метод залишається основоположним у гідрологічних дослідженнях. Водночас, саме *У. Фуллер* вперше наочно продемонстрував, що звичайні емпіричні рівняння не можуть повною мірою охарактеризувати всі гідрологічні процеси і явища, а тому потрібно далі розвивати дослідження поведінки водних об'єктів, оскільки на них має вплив багато інших факторів, таких, як кліматичні умови, рельєф, характер гірських порід, рослинний світ. Це стало поштовхом до поширення і деталізації програми стаціонарних гідрологічних досліджень у Європі та Північній Америці.

Новий етап у розвитку гідрології пов'язаний з ім'ям *Р.Е. Хортон*, який вважається основоположником сучасних досліджень гідросфери. Саме він сформував концепцію річкових басейнів, їх структури, функціонування, прив'язки до умов рельєфу. Він дослідив як саме вода може переміщуватися у

водотоках басейну і яким чином вона формує дендритоподібну долину. Також він дослідив особливості інфільтрації річкових вод різними гірськими породами. Результати досліджень Р.Е. Хортон використовувалися для уточнення методів управління річковими басейнами, зокрема частина з цих принципів лягла в основу Європейської Водної директиви 2003 року. Крім того, Р.Е. Хортон сформував 3 основні закони річкового розділу гідрології. Перший стосувався особливостей інфільтрації води із врахуванням насиченості ґрунту вологою, що й регулює швидкість і об'єм поглинання річкової води донними та бічними гірськими породами. Другий закон пояснював джерела формування річкового стоку, і першочергова роль віддавалася атмосферним опадам у рідкому і твердому стані, але введені були і інші джерела, роль яких сильно варіюється у різних регіонах світу залежно від кліматичних умов – льодовики та підземні джерела. Третій закон описав взаємозв'язок між атмосферними опадами та річковим стоком, а також між рослинним покривом прибережної частини річкової долини та річковим стоком. Р.Е. Хортон описав роль рослинності у регулюванні водності річок, що стало основою для водозахисних прибережних лісосмуг [36].

Л.Б. Леопольд у 1960-х рр. досліджував гідрологічні моделі та можливості їх застосування для прогнозування майбутнього річкового стоку, регулювання повеней та меженей, які мали катастрофічні наслідки для прибережних населених пунктів впродовж багатьох століть. Його дослідження заклали основу для розвитку гідравлічної інфраструктури [36].

А.Н. Стралер у 1950-1960-х рр. створив модель класифікації водотоків за їх порядком у річкових долинах, уточнив дендритоподібну модель долини, запропоновану Р.Е. Хортоном. За А.Н. Стралером водотоки більшого порядку є результатом злиття водотоків попередніх порядків, тобто його варіація є зворотною до тієї, що панувала на теренах СРСР, де було прийнято рахувати порядки водотоків від головної річки [36].

Дослідження Стралера показали важливість зв'язку геоморфології та гідрології, і довели, як рельєф впливає на швидкість водотоку і річкову ерозію і

представив континенти у вигляді такого собі «пазлу», складеного із річкових долин та їх частин, а також безстічних зон [36].

Окрім гідрологічної складової, для даного дослідження є необхідним розглянути основні роботи зарубіжних учених, які заклали основи *екологічного* вчення. Ще до виділення екології в окремий науковий напрям, ряд основних її постулатів, особливо уявлення про світ як про єдину систему із різних речовин, матерій, геосфер, було ключовою ідеєю фундаментальної праці *О. фон Гумбольдта* «Космос». Німецький натураліст за результатами своєї експедиції до іспанських колоній у Латинській Америці, а також до ряду країн Східної Європи та Близького Сходу виклав уявлення про загальні закони світобудови, склавши таким чином «портрет природи». Часто його підхід називають однією з версій наукової картини світу [2].

Остаточно екологія оформилася як самостійна наука завдяки роботі німецького природознавця *Е. Геккеля*, який у 1866 році вперше вжив цей термін для позначення науки про взаємозв'язок природних компонентів у світі [2]. Пізніше, особливо вже на початку ХХІ ст. екологія все більше стала асоціюватися суто із природоохоронною справою. Причиною цього є те, що захист природних систем потребує об'єднання зусиль вчених різних наукових напрямів, і ключовим для успіху є розуміння принципів впливу окремих факторів на загальний стан природи. Приблизно в цей же час британський біолог і натураліст *Ч. Дарвін* публікує трактат про створену ним теорії еволюції, яка пояснювала походження і розвиток життя на Землі і стала основою для більшості біологічних концепцій [2], хоча часто і піддається критиці, але навіть через 150 років немає теорії, яка б змогла замінити її.

У ХХ ст. екологічні дослідження продовжували розвиватися, оскільки вчені з усього світу почали дедалі більше фіксувати негативні наслідки економічної діяльності людства на стан навколишнього середовища, і виникла необхідність теоретичного обґрунтування складових природи. Для пояснення функціональних територіально прив'язаних одиниць британський ботанік і

натураліст *А. Тензлі* у 1936 році ввів у науковий обіг термін «екосистема», який і донині є ключовим і саме екосистеми різного масштабу – від басейну невеликої річки до глобальної екосистеми – є об'єктами численних екологічних досліджень [2]. На основі подібних відкриттів *Дж.Е. Хатчінсон* став «батьком сучасної екології», ввівши у цю науку математичні методи дослідження. Він створив поняття «екологічної ніші» для пояснення місця і ролі різних видів живих організмів у глобальній екосистемі. Його діяльність сприяла популяризації екологічних досліджень у наукових колах і дозволила розвивати пізніше мережу екологічних досліджень, оскільки тепер стало можливим математично обґрунтовувати особливості екологічної динаміку для різних територій [2].

У середині ХХ ст. *Ю.П. Одум* та *Г.Т. Одум* заснували напрям екосистемної екології та вчення про екологічну термодинаміку, що стало основою для розвитку теорії змін клімату та їх впливу на екологічний стан природного середовища, в першу чергу на стан водних ресурсів як таких, що мають життєво важливе значення для умов проживання населення [2].

Дослідження зміни екологічного стану території неможливе без урахування *ролі військових конфліктів*. Війна в Україні на жаль є далеко не єдиним конфліктом, що триває у світі станом на 2025 рік. Окрім того, лише за ХХ ст. і Європа, і світ пережили цілу низку жахливих війн, які спричинили незворотні екологічні деградаційні процеси, і подекуди їх наслідки не усунені повністю і досі. Вперше про руйнівні наслідки військових конфліктів для стану природи та господарства почали говорити після завершення Наполеонівських воєн на Віденському конгресі (1814-1815 рр.). Проте більш активно це питання почало вивчатися у другій половині ХХ ст.. Із цим пов'язане виникнення поняття «екоциду» як засобу підривання можливостей для оборони у супротивника шляхом знищення природних комплексів, що знищує господарство і значно погіршує умови проживання населення, призводячи до значних людських жертв.

Особливу роль у формуванні концепції екоциду відіграла В'єтнамська війна, наслідки якої описав у своїй праці *Б. Вайсберг*, який досліджував вплив Agent Orange на мусонні тропічні ліси цієї країни [210].

У. Гергс досліджував вплив «Війни у Затоці» - військового конфлікту між країнами Перської затоки на початку 1990-х рр., який характеризувався численними випадками підривів нафтових вишок і виливом нафти у морську акваторію, що також розглядається як прояв екоциду [210].

Серед нещодавніх європейських військових конфліктів розголосу з точки зору екологічних наслідків набули Югославські війни. Серед численних публікацій, присвячених цим подіям можна виділити роботи *В. Мартінович-Вітанович* та *В. Калафатіча*, де розглядаються наслідки авіаційних бомбардувань, а також артилерійських систем на території Хорватії та Боснії та Герцеговини у 1995-1999 рр. [229].

Таким чином, проведений аналіз сучасного зарубіжного наукового досвіду дозволив встановити, що дослідження змін клімату, їх впливу на стан водних об'єктів та їх екосистем є доволі популярною темою серед вчених з усього світу. Багато публікацій сучасного періоду мають глобальний характер дослідження, а тому для прийняття конкретних управлінських рішень для мінімізації негативних наслідків кліматичної динаміки необхідно деталізувати регіональні та локальні дослідження, які дозволять спрогнозувати майбутній сценарій впливу змін клімату і підготувати місцеве населення на економічний комплекс до цього. Крім того, на такому рівні досліджень отримані рекомендації матимуть більш практичне спрямування, а відповідно шанс на їх імплементацію є вищим, ніж узагальнені рекомендації від міжнародних організацій на глобальному рівні. Однак глобальний рівень досліджень є більш важливим з точки зору просвітництва, оскільки він дозволяє охопити більшу аудиторію, а кліматична обізнаність є однією із запорок успішної адаптації людства до наслідків змін клімату. Вагомим фактором, який також має екологічний ефект виступають

військові конфлікти, які теж активно вивчаються вченими, і переважно їх публікації присвячені останнім війнам у Європі, В'єтнамі та Югославії.

1.3. Вітчизняні дослідження змін клімату

На теренах України, як і на глобальному рівні, вивчення кліматичних умов та їх впливу на господарське життя людей також має тривалу історію, починаючи ще з прадавніх часів, коли місцеві племена почали обробляти землю і враховувати умови освітлення, вологи і ролі водних об'єктів. Проте більш науково обґрунтовані дослідження починають з'являтися на початку ХІХ ст. завдяки діяльності В. Каразіна, який вважається засновником метеорологічного напрямку на теренах України. Він створив перший пункт стаціонарних метеорологічних спостережень у 1809 році у своєму маєтку у селі Кручик, де збирав дані щодо режиму температури повітря, атмосферних опадів, хмарності, швидкості і напрямку вітру [61]. Ця станція функціонувала кілька десятиліть до смерті її засновника, і після цього на жаль, тривалий час метеорологічні спостереження на території України майже не проводилися. Лише наприкінці ХІХ ст. започатковується державна моніторингова система Наддніпрянської України, яка включала близько 700 метеорологічних станцій. Серед них на території сучасної Харківської області з'являються пункти у Ізюмі (1884 р.), Харкові та Лозовій (1891 р.) та Куп'янську (1892 р.) [190]. Програма спостережень на цих станціях в цілому співпадала із сучасною за основними показниками, проте характерною рисою була відсутність єдиного контролюючого органу, оскільки метеостанції були прив'язані лише до місцевих органів самоуправління (до метеорологічних бюро при губернських земствах). Станом на 2025 рік на території Харківської області налічується вже 11 метеостанцій, остання з яких була додана у с. Гайдари і є автоматизованою [190].

У період Української революції (1917-1921 рр.) існував проєкт реорганізації мережі метеорологічних станцій, але лише у 1921 році всі

метеостанції України були об'єднані у єдину систему під головуванням Української метеорологічної служби. Через 8 років вона була перетворена на Гідрометеорологічний комітет при Раді Народних Комісарів. Пізніше організація ще багато разів змінювала свою назву, але тривалий час вона лишалася самостійною службою, у тому числі за часів незалежності України. Проте поступово статус служби поступово знижувався. Спочатку це був Державний комітет з гідрометеорології, наприкінці 1990-х рр. його включили до складу Мінприроди у якості департаменту гідрометслужби. В останні роки організація функціонує як *Український Гідрометеорологічний центр у складі Державної служби з надзвичайних ситуацій* [190].

Крім вищезгаданої організації важливими осередками метеорологічних досліджень залишаються *Центральна Геофізична обсерваторія імені Б.І. Срезневського*, яка включає величезний архів даних з усіх метеостанцій, гідропостів та пунктів екологічного моніторингу і яка слугує основним джерелом статистичної інформації за період 1961-2020 рр. для даного дослідження. Крім того, частина даних була отримана завдяки співпраці з *Харківським регіональним центром з гідрометеорології*.

Авторитетною організацією у гідрометеорологічній науці також є Український гідрометеорологічний НДІ, який у 2013 році видав ґрунтовне дослідження, в якому досліджені зміни показників стану приземного шару атмосфери за багаторічний період, динаміка режиму основних водотоків і водойм України, особливості їх льодового режиму і стану навколишніх екосистем [159], проте даний звіт є узагальненим для всієї території України і демонструє загальні тенденції, що були актуальними на той час, а тому, не дивлячись на комплексність та солідний статистичний ряд, актуальним науковим завданням є актуалізація отриманих результатів, особливо враховуючи чинник впливу військових дій на стан клімату та гідрологічних об'єктів.

На рівні університетів та інститутів засновником метеорологічних досліджень на території України вважається Харківський університет, який

перші 30 років свого існування був майже єдиним науковим центром. Так, у 30-50-ті рр. XIX ст. кліматичні умови тодішньої Харківської губернії були предметом вивчення таких вчених, як *Д.К. Педасєв*, *В.І. Лапшин* та *Ю.І. Морозов* [33]. Помітною перепоною на шляху науковців тоді була відсутність значного ряду метеорологічних спостережень, оскільки вони могли орієнтуватися лише на описові документи (на кшталт «*Топографічного опису Харківського намісництва*» 1785 р.) або на дані з аматорських пунктів метеорологічного моніторингу.

Пізніші дослідження з'являються після заснування мережі метеостанцій, і справжнім новатором у галузі метеорології і особливо агрометеорології вважається *Г.П. Дубинський*, важлива частина досліджень якого присвячена фізичним процесам в атмосфері, а також математичному опису метеорологічних процесів, посух, суховіїв, впливу процесів зрошення. Крім того, він є автором *термобалансового критерію*, який використовувався для оцінки впливу меліоративних заходів на мікрокліматичні умови над сільськогосподарськими полями у різних природних зонах України [163].

Друга половина XX ст. характеризується активізацією напряму локальних кліматологічних досліджень, і у цьому руслі відзначилися *Ю.Ф. Кобченко* та *М.А. Гвоздь*, які вивчали гідрометеорологічну динаміку Трав'янського водосховища на північ від Харкова на базі стаціонару у селі Великі Проходи [163]. *С.І. Решетченко* займається вивченням агрометеорологічних аспектів кліматичних змін, а також питання кореляції полів атмосферного тиску та температури повітря над Європою та Північною Атлантикою, впливу змін кліматичних умов на температурний і водний режим Лівобережної частини України, у тому числі басейну Сіверського Дінця [40, 60-63].

Київська наукова школа метеорології також має тривалу історію і більш розгалужену структуру досліджень, які охоплюють всі аспекти кліматичних змін та їх впливу на умови проживання населення, стан природних систем, сільське господарство, транспорт та туризм. Так, *Р.М. Савельєв* і *К.М. Жук* вперше

наприкінці XIX ст. зафіксували показники сонячної радіації. Також К.М. Жук займався вивченням особливостей теплофізичних властивостей ґрунту як продукту взаємодії із нижнім шаром атмосфери, температурного режиму Дніпра, небезпечних метеорологічних явищ у Києві та його передмістях [36].

П.І. Броунов займався агрометеорологічними дослідженнями на території України, вивчав вплив небезпечних погодних явищ на показники врожайності різних культур. Окрему частину досліджень він присвятив ролі похибок у процесі вимірювання на отримані науково-практичні результати [36]. *О.В. Клосовський* досліджував характер розподілу атмосферних опадів впродовж року та за багаторічний період для степової зони на території України [36].

Б.І. Срезневський вважається одним із засновників сучасної метеорологічної науки на теренах України. Тривалий час він займався дослідженнями температурного, баричного режимів атмосфери, а в 20-х рр. XX ст. він сконцентрувався на формування мережі гідрометеорологічного моніторингу в Україні, яка до цього була розрізненою і підпорядкованою місцевим органам самоуправління. Він домігся створення єдиною програми спостережень і забезпечив акумуляції отриманих даних безпосередньо на пунктах моніторингу, а також у Києві. Він започаткував дослідження явищ сонячної оптики, атмосферних електричних полів і є винахідником цілого ряду приладів, які і досі використовуються для вимірювань на метеостанціях [190].

В кінці XX – на початку XXI ст. київські вчені активно розвивають використання математичних моделей для оцінки динаміки метеорологічних показників та їх прогнозування. Особливо активно подібні дослідження розвиваються у зв'язку із поширенням серед українських науковців теорії глобального потепління як головної форми сучасних змін клімату, яка виступає регіональним проявом глобальної багаторічної тенденції. Так, у своїх роботах *С.І. Сніжко* використовує математико-статистичні методи для оцінки впливу кліматичних характеристик на стан температурного, водного та льодового режимів гідрологічних об'єктів. Також він займається вивченням показників

гідрохімічного стану водних об'єктів України, його багаторічної динаміки та ролі кліматичних факторів й цьому процесі [18, 37, 67, 79, 246].

О.Г. Шевченко є представником напряму урбометеорології і займається дослідженням характеристик забруднення атмосферного повітря над урбанізованими територіями (у тому числі на прикладі Києва), впливу метеорологічних явищ та центрів дії атмосфери на можливості поширення шкідливих речовин у повітрі та їх концентрації, різними аспектами екологічної метеорології, впливу змін клімату на стан водних ресурсів [18, 130].

Одеська наукова школа також активно займається дослідженням змін клімату. Так, на базі *ОДЕКУ* (з 2023 р. – частина ОНУ імені І. Мечникова) ведуться дослідження на базі глобальних трендів змін клімату, у тому числі прогностичних на довгостроковий період (RCP). Характерною особливістю є активне вивчення клімату акваторії Чорного моря та прибережної частини. Іншою помітною складовою є взаємозв'язок між характеристиками концентрації завислих речовин у атмосферному повітрі та динамікою полів температури, атмосферних опадів, тиску, вітру [33]. З Одеського національного університету дослідженням кліматичних умов Північного Причорномор'я та Степової зони України займається *М.С. Ібрагімова* [33].

Таким чином, характерними особливостями української кліматологічної науки є відносна новизна цього напряму, оскільки тривалий час науки про Землю включали вивчення земної кори з метою розвідки корисних копалин, і лише XIX ст. стало переломним і відзначилося появою мережі метеорологічних та гідрологічних пунктів моніторингу, спочатку аматорських, а в кінці століття стаціонарних, які функціонують і донині. Саме можливість накопичувати статистичну інформацію щодо стану атмосфери і впорядкування спостережень шляхом об'єднання в єдину систему дозволили вченим із провідних університетів вивчати динаміку баричних, термічних та вологісних процесів у атмосфері. Часто такі дослідження мали практичне спрямування для розвитку сільського господарства, але з кінця XX ст. українські вчені долучилися до

глобального руху за вивчення змін клімату і їх наслідків для людства, і зараз видана ціла низка публікацій, які використовують сучасні методи математичного та комп'ютерного моделювання з метою аналізу тих змін, що вже відбулися і спрогнозувати сценарій їх майбутнього розвитку.

Українська гідрологічна наука, як і кліматологічна, має тривалу історію формування, оскільки вивчення режиму річок завжди мало життєво важливе значення для людства, проте систематичні дослідження починають стрімко розвиватися наприкінці ХІХ – на початку ХХ ст. разом із виникненням галузі гідроенергетики та розвитку меліорації з метою підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Перші стаціонарні пункти гідрологічного моніторингу на території сучасної Харківської області починають з'являтися у цей же час: у 1914 р. в *Козачій Лопані*, у 1915 р. – в *Куп'янську* [190]. Під час визвольної боротьби на території України (1917-1921 рр.) з'являються проекти розширення використання наявних водних ресурсів, у тому числі будівництва серії ГЕС на Дніпрі та Дністрі за рішенням Ради Міністрів Української Держави, проте нестабільність політичних режимів не дозволила їх реалізувати. Вже на початку 1920-х рр. система моніторингу відроджується, об'єднується в єдину гідрометеорологічну мережу і доповнюється ще двома гідропостами – у *Змієві* у 1922 р. та в *Ізюмі* 2 роки потому [190]. Станом на 2025 рік на території Харківської області налічується 15 гідропостів, 3 з яких тимчасово не функціонують через близькість лінії фронту [190]. Як і мережа метеорологічних станцій, гідропости постійно змінювали свою підпорядкованість, і зараз також перебувають у системі ДСНС. Пануючою тенденцією сучасного періоду є поступовий перехід процедури моніторингу стану поверхневих вод від радянських зразків до західноєвропейської моделі, і у 2018 р. був прийнятий оновлений Порядок державного моніторингу вод. Був змінений перелік речовин, які аналізуються відповідно до екологічних викликів сучасності, і за допомогою накопичення цих даних впродовж тривалого періоду відкриваються перспективи тіснішою інтеграції вітчизняної гідромоніторингової системи із системою ЄС.

Як і у кліматології, гідрологічні дослідження на території України сконцентровані у кількох наукових осередках, серед яких виділяються *Одеський* та *Київський*. Так, *Є.О. Оптоков* у 1922 році заснував цей напрям у Київському політехнічному інституті і займався вивченням руслових процесів у басейні Дніпра, особливу увагу приділяючи його українській частині [33].

У сучасний період варто відзначити роботу *В.Г. Гребіня*, який запропонував в українській науці дату початку сучасних змін клімату – 1989 рік. Також він досліджує характер впливу кліматичних зрушень на процес динаміки стану основних водотоків, одним із перших виділивши деградаційні процеси, які охопили не лише малі річки, а й великі водні артерії, у тому числі Дніпро [23].

Характеристики весняної повені та максимальний стік є предметом вивчення для *Є.В. Василенка*. *В.К. Хільчевський* досліджує вплив геоморфологічних особливостей річкової долини на характеристики річкового стоку та деформації у фазах водного режиму разом із їх роллю у розвитку ландшафтних комплексів і формуванні нових моделей стійкості локальних та регіональних екосистем [70].

С.С. Левківський досліджує особливості багаторічної динаміки показників температури, рівнів та витрат води у основних водотоках не лише України, а й усієї території колишнього СРСР. Окрема увага автора приділяється аспекту раціонального водокористування у зв'язку із деградацією очисних систем та використанням хімічних добрив на сільськогосподарських угіддях, які мають довготривалий ефект впливу на концентрацію забруднюючих речовин у річках. *О.Г. Ободовський* окрім річок досліджував роль водосховищ як регуляторів режиму річок, а також як факторів зміни характеристик випаровування над водними об'єктами [168].

В.М. Струтинська активно вивчає термічний і льодовий режими головних річок України та їх сучасну динаміку під впливом змін клімату із урахуванням гідрогеоморфологічних особливостей річкових долин [68].

Серед представників Одеської наукової гідрологічної школи виділяються роботи *Н.С. Лободи*, які охоплюють сучасні тенденції змін характеристик водного режиму басейнів всіх річок України не лише на державному, а й на регіональному рівні, у тому числі і басейну Сіверського Дінця та лівобережної частини Дніпровського басейну [7-9, 16, 35, 41-44, 54].

Максимальний стік як один із ключових індикаторів змін стану річок та фактор впливу на умови проживання населення і розвиток сільського господарства під впливом змін клімату вивчається *Є.Д. Гонченко, Н.С. Кічук та В.А. Овчарук*. [14-16, 53, 69].

Отже, дослідження річок України має фундаментальний характер і відзначається прив'язкою до великих басейнів або до узагальнення сучасних кліматичних та гідрологічних тенденцій на загальноукраїнському рівні. Відповідно, враховуючи специфічність взаємодії змін клімату та динаміки водного режиму, доцільною є деталізація подібних досліджень і перехід на регіональний та локальний рівень, що дозволяє приймати конкретні управлінські рішення з метою зупинення деградаційних процесів, що є характерними для усіх річок рівнинної частини України, у тому числі в контексті впровадження положень Європейської Водної директиви та методів адаптивного керування.

Екологічні дослідження на території України розпочалися у 1990-х рр., що спричинено поширенням із Західної Європи новітніх теорій щодо ролі господарської діяльності людини у підтриманні балансу у відносинах із природними екосистемами. На локальному та регіональному рівні важливим аспектом подібних праць є картографування наслідків видобування корисних копалин, оброблення сільськогосподарських угідь та будівництва для стану природних комплексів. Так, *І.Г. Черваньов* у своїх працях вперше впроваджує в українській науці поняття «інвайронментологія», «емерджентність» і розробляє теоретико-методологічні основи для оцінювання екологічного стану території України [75]. Проблеми еколого-географічного картографування вивчає *В.А. Пересадько*, у тому числі на прикладі об'єктів природно-заповідного фонду [55-

57]. Характеристики сучасного використання природних ресурсів, можливості оптимізації їх залучення у господарський комплекс та особливості природокористування на регіональному рівні на прикладі Харківської області вивчала *Л.Б. Поліщук* [34].

Д.М. Гродзинський зробив значний внесок у дослідження у сфері ландшафтної екології, у тому числі у застосування геосистемних підходів для аналізу стану природно-територіальних комплексів. Його методика оцінки естетичної привабливості ландшафтів та їх чутливості до антропогенного втручання у процеси саморегуляції та самоочищення природних систем стали помітним поштовхом до нового етапу еколого-орієнтованих досліджень регіонального рівня [17]. Серед інших екологів у галузі екологічного моніторингу та безпеки працює *О.О. Мартюшева*, а *Д.В. Лукашов* розробив методику для оцінки забруднення навколишнього середовища та його впливу на загальний стан екосистем для придатності для проживання населення [33].

Л.Г. Руденко вивчає напрями чутливості ландшафтних систем до різних видів забруднення завдяки застосуванню «комплексного ландшафтно-екологічного індексу» [63], а *В.Ю. Приходько* вивчає екологічний стан водотоків і водойм степової частини України [58].

Вплив військових дій на екологічний стан навколишнього середовища тривалий час не досліджувався на теренах України, оскільки останній великий конфлікт на її території завершився у 1945 році. Проте напад РФ у 2014-2015 рр., а згодом у 2022 р. активізував цей науковий напрям. Хоча війна ще триває, попередні наслідки її проходження вже фіксуються численними міжнародними організаціями, засобами масової інформації та окремим науковцями. Темі руйнувань, заподіяних природно-територіальним комплексам подіями на Донбасі 2014-2025 рр. присвятили свої статті *В. Хрудба*, *А. Сково*, *Н. Лісова* та *А. Страпак*. Окрім безпосередніх наслідків важливим є розуміння того, як потрібно керувати мілітарно-деградованими територіями і покинутими об'єктами

військового призначення (браунфілдами). Цьому питанню присвятили свої роботи *Л.М. Немець, Ю. Товстий та Є. Кочанов* [226, 228, 237,].

Таким чином, аналіз українських наукових публікацій показав, що питання змін клімату та їх зв'язку зі змінами гідрологічного стану річок є популярним напрямом і активно вивчається як з теоретичної, так і практичної точки зору. Особливу категорію досліджень становлять екологічно орієнтовані статті, які охоплюють ландшафтознавчі аспекти кліматичних змін, проте перевага надається загальноукраїнському рівню або вивченню басейнів головних річок, таких, як Дніпро. Тенденції на рівні регіонів є менш висвітленими, а враховуючи критичний характер впливу військових дій на стан як водних об'єктів, так і природних екосистем, актуальним завданням виступає поєднання аналізу гідроекологічних аспектів змін клімату із мілітарною інтрузією у функціонування природно-територіальних комплексів Харківської області.

1.4. Нормативно-правове регулювання змін клімату на регіональному та глобальному рівні

Зміни клімату є науковою темою із першим пріоритетом у сучасному світі через своє ключове значення не лише для науково-теоретичної сфери, а для економічних комплексів, глобальної безпеки, а також соціальних і політичних аспектів. Вплив цих змін настільки масштабний, що не існує жодної сфери господарства, яку б вони не зачіпали. Надзвичайно важливим завданням сучасності є привернення уваги не лише науковців, а й політиків, бізнесменів та громад до проблеми змін клімату і ролі людства у цьому процесі. На глобальному рівні ця задача реалізується цілою низкою міжнародних організацій шляхом видання директив, програм, концепцій, створення серій рекомендацій та проведення численних зібрань, конференцій та симпозіумів, присвячених цій темі. Враховуючи комплексність охоплення обраної тематики для даного дослідження, варто включити до огляду також нормативно-правові акти, що

стосуються гідрологічних об'єктів суходолу, основ екологічної політики країн світу та міжнародних організацій, а також безпеково-регулюючі документи, що часто уклалися за підсумками військових конфліктів з метою уникнення масштабних наслідків для природи у майбутньому.

У світовому правовому та політичному полі питання змін клімату тривалий час ігнорувалося, хоча перші заклики від вчених щодо небезпеки впливу промисловості і транспорту на стан навколишнього середовища і температурного режиму планети прозвучали ще наприкінці ХІХ ст. Більше уваги цьому аспекту почало приділятися приблизно на початку 1970-х рр., коли ООН скликала світову конференцію з питань навколишнього середовища у Стокгольмі. Тоді вперше на міжнародному рівні було проведене комплексне обговорення впливу промисловості, розвитку військово-промислового комплексу, транспорту, побутового використання природних ресурсів на стан екосистем. За підсумками конференції була видана *Стокгольмська декларація*, що містила 26 пунктів, які включали основні рекомендації стосовно важливості природоохоронної справи, екологічної освіти та зупинення «гонки озброєнь» [81].

У 1979 році під егідою ВМО у Женеві була проведена *Всесвітня метеорологічна конференція*, де були обговорені питання глобального потепління та його наслідків. За результатами конференції був сформований ряд рекомендацій та оцінені загрози від зміни температурного режиму Землі. Пізніше у Женеві були проведені Друга і Третя всесвітні метеорологічні конференції (у 1990 та 2009 рр. відповідно) [81].

У 1980 році колишній канцлер Західної Німеччини В. Брандт опублікував свою *Доповідь для Незалежної комісії з міжнародних питань розвитку* [81], де серед ряду економічних питань, у частині, що присвячена подальшому розвитку енергетичного сектору, було висвітлене питання «парникового ефекту». Цю подію можна вважати однією з перших, коли питання змін клімату було підняте на політичному рівні. До цього воно обговорювалося або на науковому, або на дипломатичному рівнях.

Через 5 років ООН зібрала конференцію, присвячену питанням зміни клімату. За її результатами 198 держав підписали *Віденську конвенцію про охорону озонового шару* [247]. Цей документи, як і більшість подібних актів носить рекомендаційний характер і не зобов'язує держави-підписанти виконувати його. Проблема утворення «озонових дір» над Антарктидою та в ряді інших регіонів Землі почала яскраво свідчити про проходження змін клімату і їх загрозу безпосередньо для здоров'я людини, оскільки озоновий шар виконує захисну функцію від ультрафіолетового випромінювання, яке в невеликих кількостях є корисним для людини, але надходження його у нерегульованій кількості загрожує поширенням дерматичних хвороб.

Віденська конвенція була доповнена у 1987 році *Монреальським протоколом*, який також регулював питання захисту Землі від зниження концентрації озону у приполярних широтах [247].

У 1988 році за ініціативи Всесвітньої Метеорологічної організації та Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) була створена Міжурядова група експертів зі змін клімату (IPCC) – одна з найбільш авторитетних галузевих організацій у сфері захисту природних екосистем та господарського комплексу від негативних наслідків сучасної кліматичної динаміки. З тих пір група активно досліджує глобальні та регіональні прояви змін клімату, видає ряд рекомендацій (рис. 1.2) у сферах економіки, електроенергетики, продовольчої політики, технологічної сфери та навколишнього середовища на глобальному, наддержавному, національному, регіональному та місцевому рівнях.

Table 21-1 | Dimensions of the institutions and actors involved in climate change decision making, including example entities referred to in chapters of this volume. Vertical integration can occur within as well as between levels. Decision-making domains are illustrative. Modified and extended from Midowitz et al. (2009).

Level	Coherent policies and decision making across domains				
	Economy	Energy	Food/fiber	Technology	Environment
Global	<ul style="list-style-type: none"> International Monetary Fund World Bank World Trade Organization Millennium Development Goals NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> International Energy Agency NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> UN Food and Agriculture Organization World Trade Organization UN Convention on the Law of the Sea (Fisheries) NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> World Intellectual Property Organization NGOs 	<ul style="list-style-type: none"> UN Framework Convention on Climate Change Convention on Biological Diversity Montreal Protocol NGOs
Transnational	<ul style="list-style-type: none"> Multilateral Financial Institutions/Multilateral Development Banks Bilateral Financial Institutions Organisation for Economic Cooperation and Development EU UN Convention on the Law of the Sea (transport) 	<ul style="list-style-type: none"> Organization of the Petroleum Exporting Countries Electric grid operators Oligos distributors 	<ul style="list-style-type: none"> Association of Southeast Asian Nations Free Trade Area Common Market for Eastern and Southern Africa Mercado Común del Sur (Southern Common Market) EU Common Agricultural/Fisheries Policies 	<ul style="list-style-type: none"> Multi-national research and development EU Innovation Union 	<ul style="list-style-type: none"> Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Europe, North America, Central Asia) Mekong River Commission for Sustainable Development Lake Victoria Basin Commission EU Directives
National	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Banks Taxation 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Energy providers Energy regulators 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Tariffs, quotas, regulations 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Education Innovation Research and development 	<ul style="list-style-type: none"> Ministries/governments Departments/agencies Environmental law
Subnational	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Taxation 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Public/private energy providers 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Extension services Land use planning 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Incentives Science parks 	<ul style="list-style-type: none"> States/provinces/counties/cities Protected areas Regional offices
Local	<ul style="list-style-type: none"> Microfinance Cooperatives Employers Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Renewables Producers Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Farmers Foresters Fishers Landowners Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Entrepreneurs Investors Voters Consumers 	<ul style="list-style-type: none"> Environmentalists Landowners Voters Consumers

Notes: EU = European Union; NGO = Non-governmental Organization; UN = United Nations.

Рис. 1.2. Рекомендації IPCC (зі Звіту організації у V Звіті 2014 року) [89]

Головним результатом діяльності IPCC є видання Регулярних звітів, де комплексно представлені деталі проявів змін клімату у різних регіонах світу, із детальними діаграмами, таблицями, графіками та висновками спеціалістів. Станом на жовтень 2025 року було видано шість таких звітів: *Перший (1990), Додатковий (1992), Другий (1995), Третій (2001), Четвертий (2007), П'ятий (2014), Шостий (2021)* [85-89, 195-203, 248]. Крім Загальних Звітів, в рамках діяльності IPCC ведеться активна робота над формуванням і виданням Спеціальних Звітів, які присвячені одному із аспектів змін клімату. Першим із серії таких Звітів був документ про сценарії викидів, виданий у 2000 році [86]. У 2012 році було видано два звіти – «Екстремальні події та катастрофи» [108] та «Відновлювані джерела енергії» [109]. Через 6 років, багато у чому під впливом нещодавно підписаних Паризьких угод, IPCC видала звіт «Глобальне потепління на 1,5°C» [248]. У 2019 році видається ще два звіти – «Зміни клімату і суходіл» [201] та «Океан і криосфера» [227].

Таким чином, ІРСС охоплює всі головні аспекти змін клімату і є незамінним джерелом для будь-якого дослідника у цій сфері, оскільки дані, зібрані спеціалістами з цієї організації представляють зріз найсучаснішої наукової думки у різних країнах світу та на глобальному рівні і багато у чому результати, представлені у звітах, слугують орієнтиром для дослідників, які порівнюють отримані регіональні результати змін температурного режиму чи режиму вологості зі сценаріями, що створені членами ІРСС.

Окрім ІРСС питаннями зміни клімату займається ще одна авторитетна асоціація вчених з усього світу – *Римський клуб*. У 1991 році він видав працю «*Перша глобальна революція*» [2], де зверталася увага на проблеми зростання рівня Світового океану, танення льодовиків, росту загрози нестачі ресурсів чистої питної прісної води, особливо у поясі Сахель, Південно-Західній Азії, Центральній Африці.

1992 рік став знаковим для світового кліматичного руху. Саме тоді у Ріо-де-Жанейро був скликаний «Саміт світу» - зібрання представників всіх країн-членів ООН та кількох країн-спостерігачів. Під час саміту була прийнята ціла низка програмних документів, серед яких варто виділити «*Декларацію Ріо*», де було вперше застосовано поняття «стійкого розвитку» як мети всіх галузей економіки та соціального життя. Це поняття впроваджувалося як єдина можливість досягти більш збалансованих відносин у системі «Людина-Природа». В рамках Декларації були прийняті 27 статей, які багато у чому були схожі на зміст Стокгольмської декларації 1972 року і мали на меті вказати на вектор розвитку людства, щоб досягти екологічної рівноваги.

Разом із вищезгаданим документом була прийнята *Рамкова конвенція ООН з питань змін клімату*, яка декларувала «необхідність боротьби з негативним впливом людини та кліматичну систему» шляхом зменшення викидів парникових газів в атмосферу [242]. Ця конвенція також носить рекомендаційний характер, проте через популяризацію самого саміту, її значення для популяризації питання змін клімату серед широких наукових кіл та інших категорій населення

важко переоцінити. Крім того, у 1995 році на основі Конвенції була проведена перша зустріч у Берліні, де був підписаний *Берлінський мандат*, в якому теж наголошувалося на необхідності якомога швидшого зменшення викидів парникових газів у атмосферу [229]. Також на зустрічі у Ріо-де-Жанейро підготували *Рамкову конвенцію ООН з боротьби з опустелюванням (підписана через два роки), Конвенцію про біологічне різноманіття, Порядок денний 21 (на XXI століття)*. У 2002 році у Йоганнесбурзі положення прийнятих документів були підтвержені і доповнені в рамках саміту «Ріо-10» [61].

У 1997 році у Японії була проведена нова Конференція ООН з питань змін клімату, де підписали *Кіотський протокол*, який розширив перелік парникових газів до 7 включивши до нього перфторвуглеводні, гексафторид сірки та трифторид азоту. Додатково основним принципом кліматозахисної політики людства стало визнання факту нерівності різних країн світу у своїх можливостях протидіяти змінам клімату. Причиною такої диференціації стала економічна складова, оскільки найбільшу частку викидів парникових газів мають індустріально розвинені країни – Західна Європа, США та Канада, Східна Азія, Китай та кілька країн нової індустріалізації. Саме вони визнавалися головними відповідальними за виконання глобальних цілей людства щодо скорочення забруднення атмосфери. Виконання Кіотського протоколу теж було більше рекомендативним, але у ньому були прописані чіткі терміни та етапи. Основний етап зобов'язань тривав між 2008 та 2012 роками [61], і в цілому була характерна позитивна динаміка по промисловим викидам у ряді країн світу. Серед причин такого процесу є розпад світової соціалістичної системи, внаслідок чого більше, ніж у 20 країнах почався процес стрімкої деіндустріалізації (який охопив у тому числі і Україну). Крім того, у 2008-2009 (подекуди 2010) рр. світ охопила наймасштабніша економічна криза за останні 100 років, внаслідок чого ряд сфер промисловості, так, як металургія прийшли у занепад. По закінченню періоду реалізації Кіотського протоколу у місті Доха (Катар) були прийняті поправки до документу, які вже зобов'язували *держав-підписантів* зменшити викиди на певну

частку. Напевно через обов'язковість виконання даних умов ряд великих промислових країн-гігантів не приймали участь у імплементації угоди або вийшли із неї [61]. Наприклад, США не ратифікували угоду, Канада вийшла, а Китай, Індія не брали на себе конкретних екологічних зобов'язань [61].

В рамках виконання Кіотського протоколу у 2005 році Європейський союз прийняв *механізм торгівлі квотами на викиди парникових газів*. Ця політика спрямована на перерозподіл обсягів можливих викидів серед економічних операторів з метою зменшення економічного впливу боротьби зі змінами клімату, оскільки введення нового екологічного законодавства у ряді розвинених країн світу сприяло створенню перешкод для розвитку бізнесу, особливо у галузі промисловості і транспорту [209]. Водночас, подібна «торгівля» викидами має і загрозу для майбутньої екологічної політики, оскільки існує можливість концентрації більшості квот у руках економічних гігантів, що не сприятиме покращенню екологічної ситуації у світі.

У 2009 році була зроблена спроба розширити сферу дії Кіотського протоколу на *Рамковій конференції ООН з питань змін клімату у Копенгагені*, де вперше на глобальному рівні була поставлена мета забезпечити зупинку глобального потепління у межах приросту 2°C [229].

У 2015 році в рамках XXI Конференції ООН з питань змін клімату підписуються *Паризькі угоди* – ключовий програмний документи у галузі боротьби зі змінами клімату на даний момент. Держави, що поставили підписи під цією угодою зобов'язуються впроваджувати зміни у політиці, економіці та побутовій сфері з метою збереження темпів приросту температури повітря у світі в межах 1,5°C. Підтверджувалися всі основні принципи як Декларації Ріо, так і Кіотського протоколу, але на відміну від них виконання умов цієї угоди є обов'язковим. Чітко прописуються квоти на викиди і задачі на зменшення викидів для кожної з країн.

Серед негативних аспектів договору є відсутність інструментів контролю за виконанням його задач, оскільки основним органом-арбітром є ООН, яка не

має реальних фінансових чи військово-політичних важелів впливу на країн-учасників. Крім того, прописана можливість «торгівлі квотами» відкриває шлях до «кліматичної корупції», коли основні держави-забруднювачі купляють квоти на викиди у країн, де промисловість не настільки розвинена, і які цілком вписуються у виділені для них квоти.

Другою важливою подією XXI Конференції стало оновлення *Цілей стійкого розвитку*, дія яких закінчувалася 2015 роком. Наступні цілі заплановані до 2030 року і включають 17 пунктів, які охоплюють всі основні сфери життя суспільства і економічної сфери [183]. Для даного дослідження найбільш важливими є ті цілі, які напряду стосуються змін клімату. Це ціль 6 – чиста вода та належні санітарні умови, оскільки стан водних ресурсів має прямий зв'язок із станом нижнього шару атмосфери. Це також цілі 7 і 12 – використання відновлюваної енергії і відповідальне споживання, які покликані зменшити викиди парникових газів в атмосферу і зменшення засмічення Світового океану побутовими і промисловими відходами. Цілі 13, 14 і 15 присвячені захисту Землі, забезпеченню життя і біорізноманіття в океані та на суходолі. Цілі 16 і 17, хоча і не стосуються боротьби зі змінами клімату напряду, але без них досягнення всіх інших цілей є неможливим. Це мир і справедливість та співпраця заради досягнення стійкого розвитку (рис. 1.3.). Україна як жертва військової агресії повною мірою відчуває важливість цих останніх двох цілей не лише задля глобальної мети. Поставленої Паризькою угодою, а і для можливостей післявоєнного відновлення своєї території.



Рис. 1.3. Цілі стійкого розвитку до 2030 року [183]

У 2019 році у Мадриді як розширення Паризьких угод був підписаний *Мадридський договір*. У тому ж році була проведена Сесія ООН, присвячена питанням змінами клімату та зобов'язанням держав щодо оновлення їх екологічної політики. Ця зустріч показала наявність проблеми незацікавленості найбільш важливих економічно значущих і промислово розвинених держав у впровадженні обмежень на викиди парникових газів, в першу чергу, США та Китаю [227]. У 2021 році у *Единбурзі* була проведена чергова конференція ООН з питань змін клімату, яка завершилася підписанням Пакту Глазго, де чітко висувалися вимоги до максимально можливого скорочення використання вугілля країнами-підписантами [197].

У 2022 році чергова конференція у *Шарм-ель-Шейху* підтвердила дію положень Пакту Глазго [199], а в тому ж році у Швеції проходила конференція «Стокгольм+» в рамках 50-річчя від першого міжнародного саміту, присвяченого проблемам зміни клімату [199].

У 2023 році конференція ООН в *Дубаї* прийняла *договір* у зобов'язанням поступово відмовитися від використання викопного палива [], а у 2025 році між Європейським союзом та Китаєм була підписана угода про співробітництво у сфері зменшення промислових викидів та реалізації концепції «зеленої

енергетики», що сприяє поглибленню кооперації ключових економічних гравців світу з метою досягнення цілей стійкого розвитку [204].

Міжнародне правове регулювання водної політики не є настільки розгалуженим і тривалим, як кліматичної сфери, оскільки зміни клімату є більш популяризованою темою у наукових колах. Не дивлячись на це, на глобальному рівні перша спроба урегулювати використання водних об'єктів та болотних угідь у юридичному полі була зроблена більше, ніж 50 років тому у Ірані. Так, у 1971 році була підписана *Рамсарська конвенція* про охорону водно-болотних угідь – перший документ, який перевернув уяву людства щодо ролі водних об'єктів і особливо боліт. До цього домінуючою була думка, що болота – це «ракова пухлина на тілі планети», і відповідно болота масово винищувалися у різних країнах світу. Згодом з'ясувалося, що насправді болотні угіддя, не дивлячись на складнощі для будівництва і сільського господарства, виконують ряд важливих функцій, таких, як природне фільтрування річкової та озерної води, регулювання мікрокліматичних умов і забезпечення стійкості локальних екосистем, підтримання видового різноманіття (особливо серед лікарських рослин і різних угруповань комах і трав'янистих видів). Україна також ратифікувала Рамсарську конвенцію, і станом на 2025 рік на балансі Рамсару знаходяться 50 водно-болотних угідь, переважно на Поліссі та вздовж Азово-Чорноморського узбережжя [166].

На регіональному рівні лідером за впровадженням законодавчих рішень з охорони водних об'єктів є Європейський союз, де у 2000 році була підписана (ратифікована у 2003 році) *Європейська Водна Директива* [209], яка є програмним документом, що регулює управління і охорону водних ресурсів на основі басейнового, а не адміністративного принципу, оскільки річки та озера є природними об'єктами, і будь-який менеджмент їх функціонування потребує врахування природних меж водозбору зі своїми кліматичними особливостями та водним режимом. Стан поверхневих вод згідно із Директивою оцінюється за показниками біологічної, гідроморфологічної, фізико-хімічної та хімічної

складових. У 2020 році Європейська Комісія приймає *Європейський Зелений курс*, який багато в чому наслідує основним принципам Декларації Ріо та Паризьких угод (рис. 1.4).

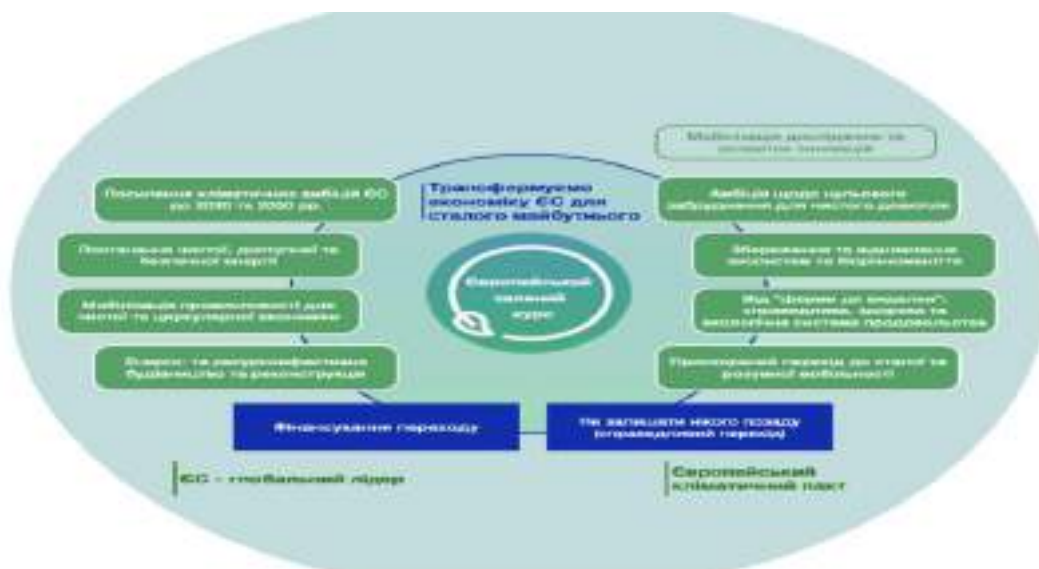


Рис. 1.4. Основні принципи Європейського Зеленого курсу [209]

До 2050 року ЄС розраховує зменшити об'єми викидів парникових газів в атмосферу, що сприятиме припиненню деградації європейських водних об'єктів завдяки процесам взаємодії між повітрям і поверхнею води. Крім того, запланований ряд інженерно-технічних рішень, які сприятимуть наближенню річок до їх природного русла там, це можливо без критичних економічних збитків, запровадження вторинного водокористування на більшій кількості промислових підприємств, впровадження водозберігаючих технологій у всі нові об'єкти будівництва і заміна старих водопровідних систем у існуючому житловому фонді [209]. Крім регулювання змін клімату та гідроекологічного стану річкових басейнів, важливими для даного дослідження виступають нормативно-правові акти, які уклалися з метою запобігання порушення територіальної цілісності держав, обмеження використання певних видів озброєння і забезпечення тривалого мирного співіснування. Європейський континент впродовж усієї історії, починаючи принаймні з 476 року щороку потерпав від постійних військових конфліктів. Територія Харківської області не

є виключенням у цьому контексті. Першим відомим прикладом створення системи колективної безпеки є *Віденський конгрес* (1814-1815 рр.), який підводив підсумки Наполеонівських війн і запроваджував нові державні кордони, а також створював союз держав з метою запобігання майбутнім соціальним потрясінням та військовим конфліктам. Ця система, названа «системою європейського концерту», проіснувала близько 40 років, і її важливим недоліком було придушення громадської думки і захист авторитарних режимів, а також відсутність прагнення до обмеження озброєння [218].

Друга спроба запобігти військовим конфліктам була здійснена на *Гаазькій конференції* (1898, 1907), де був створений Міжнародний третейський суд, який був покликаний шляхом мирного посередництва врегульовувати суперечки між фізичними особами та урядами держав, а також між державами. Ця інституція існує і нині, і є найвищою судовою інстанцією світу, яка має компетенцію засуджувати навіть представників країн-агресорів [218].

Після Першої світової війни вперше з метою забезпечення мирного врегулювання конфліктів і забезпечення стійкого партнерства була створена Ліга Націй – міжнародна організація, що виконувала функцію арбітра у відносинах між державами та сприяла роззброєнню. Вперше ця організація підняла принципи прав людини, рівності усіх країн-членів незалежно від площі чи чисельності населення, проте відсутність реальних важелів впливу на держави та військові організації призвела до розвалу цієї системи колективної безпеки, що отримала назву Версальсько-Вашингтонської під час Другої світової війни [218]. правонаступником Ліги Націй вважається *Організація Об'єднаних Націй*, співзасновником якої є і Україна (на момент вступу - УРСР). Вона була створена під час конференції у Сан-Франциско 24 жовтня 1945 року. ООН виступає платформою для представництва інтересів всіх країн світу для забезпечення стабільного партнерства і запобігання новим військовим конфліктам [218]. За егідою ООН чимало разів відбувалося врегулювання суперечливих ситуацій і

підписання значної кількості нормативних документів, що обмежували застосування хімічної зброї, атомної зброї та чисельності збройних сил.

Сучасна система колективної безпеки регулюється *Гельсінськими угодами* 1975 року, які затверджували два головних принципи: недоторканість кордонів держав у Європі та забезпечення прав і свобод людини [218]. Також в рамках угоди була створена *Організація з безпеки і співробітництва у Європі* (ОБСЄ), яка має на меті сприяти недопущенню порушення миру у Європі, обмеженню розвитку атомної зброї та зброї масового винищення, порушенню правил і звичаїв ведення війни. Наступним кроком стало підписання *Віденських угод* 1979 [218]. У 1994 році Україна підписала *Будапештський меморандум*, згідно із яким вона добровільно відмовлялася від свого ядерного арсеналу (третього у світі на той час) [232] в обмін на гарантії безпеки від США, Великої Британії та РФ. Ця угода була порушена РФ у 2014, 2015 та 2022-2025 рр.

Після початку агресії РФ було укладено ще кілька міжнародних нормативно-правових актів у Мінську у 2014 та 2015 рр., які регулювали припинення вогню на Донбасі по лінії зіткнення і мали сприяти поступовому встановленню повноцінного миру на території України. Проте у 2022 році Україна зазнала повномасштабного вторгнення з боку РФ.

Таким чином, міжнародне нормативно-правове регулювання змін клімату та їх наслідків почалося у 1972 році і характеризується наявністю розгалуженої системи угод, директив та концепцій. Разом із уточненнями від науковців стосовно швидкості змін клімату та можливих лімітів температурного приросту, після яких зміни стануть незворотніми, угоди також змінювалися і доповнювалися. Помітною тенденцією є поступова відмова держав від використання викопного палива і прийняття на себе зобов'язань стосовно зменшення викидів парникових газів в атмосферу. Разом з тим, великою проблемою лишається рекомендативність майже всіх прийнятих угод з питань змін клімату, а для тих угод, які є обов'язковими фактична відсутність будь-яких ефективних важелів впливу на держави з метою контролю виконання

поставлених задач. Гідрологічна частина даного дослідження представлена у юридичному полі набагато менше, оскільки тема збереження води часто є частиною управління транскордонними річками та басейнами, і на перший план тут виходять саме адміністративні аспекти, а не природоохоронні. Екологічний блок питань є частиною і кліматичних, і гідрологічних договорів. Питання обмеження застосування видів зброї та встановлення миру, без якого є неможливим запобігання наслідкам змін клімату, стоїть на порядку денному останні 200 років, однак дієвість створених систем колективної безпеки повністю залежить від волі головних військово-політичних держав світу, і хоча військові дії чинять жахливий, ні з чим незрівнянний вплив на навколишнє середовище, це залишається нагальною проблемою людства, адже станом на жовтень 2025 року близько третини країн світу перебувають у стані війни чи збройних внутрішніх конфліктів [207].

1.5. Методичні засади дослідження

Дане дослідження має комплексний характер, оскільки включає вивчення кліматологічних, гідрологічних, екологічних та мілітарних показників, які демонструють проходження сучасних глобальних кліматичних процесів на території Харківської області і мають вплив на гідроекологічний стан поверхневих вод та їх екосистем при врахуванні ролі активних військових дій.

Основними науковими підходами, що були використані для досягнення поставленої мети є *географічний, системний та басейновий*. *Географічний підхід* є основним для будь-яких наукових робіт у галузі наук про Землю, оскільки фіксація динаміки стану природних компонентів має чітку територіальну прив'язку, яка багато у чому визначає характер реакції частин природних комплексів на дію зовнішнього фактору. У даному випадку у якості досліджуваної системи виступають поверхневі водні об'єкти Харківської області

– річки, озера і водосховища, особливості їх гідроекологічного режиму, а зовнішнім фактором є зміни клімату та військові дії.

Системний підхід використовується для дослідження стану природних комплексів як складних відкритих структур із багатофакторною динамікою, яка має вплив не лише всередині самої системи, а й на об'єкти поза нею. У даному випадку зміни у стані гідроекологічної регіональної системи Харківщини впливають не лише на видове різноманіття рослинного і тваринного світу, а й на умови проживання населення, які не є прямим об'єктом даного дослідження, але саме ці складові мають високий ступінь чуттєвості до змін клімату та характеристик водних об'єктів.

Басейновий підхід має обмежене використання у даному дослідженні, і охоплює лише його гідроекологічну частину, оскільки вивчення руслових процесів, температурної та витратної динаміки річок та водосховищ доцільно проводити в рамках річкових басейнів, умови рельєфу, мікроклімату яких визначають загальні риси режиму водних об'єктів і саме такий підхід є рекомендованим відповідно до положень Європейської Водної Директиви [209].

В методичній основі даного дослідження лежить поєднання використання багатьох *загальнонаукових та конкретно-наукових методів*. Серед першої групи варто виділити *діалектичний метод*, який дозволяє детально охарактеризувати причинно-наслідкові зв'язки у проходженні змін клімату та їх зв'язку із регіональною екологічною динамікою, закладаючи таким чином основу для обраної наукової гіпотези, яка надалі перевіряється через обробку масивів статистичних даних [53].

Використання *науково-абстрактного методу* дозволило завдяки *індукції* виконувати емпіричні узагальнення первинних локальних даних для виділення загальних закономірностей у територіальному вимірі, а *дедукція* дає змогу проєктувати отримані загальні результати дослідження на нижчі ієрархічні природно-територіальні структури, деталізуючи прояв загальних тенденцій під впливом локальних факторів [170].

Метод синтезу застосований для інтеграції кліматологічних, гідроекологічних та мілітарних індикаторів у єдиний індекс, що демонструє динаміку та вразливість природних систем, а також для каскадного поєднання кліматичних проєкцій із гідрологічними моделями з метою підготовки базису для формування прогностичних сценаріїв та практичних рекомендацій. *Метод аналізу* дозволяє поелементно дослідити кліматологічну, гідроекологічну та мілітарну підсистему завдяки тренд-аналізу багаторічних статистичних рядів, декомпозиції сезонних коливань, просторової та часової кореляції показників [170].

Однією із форм аналітичних методів є *контент-аналіз*, який використовувався у даному дослідженні для виокремлення ключових ліній дослідження у численних наукових роботах українських та зарубіжних вчених у галузі змін клімату, гідроекологічної динаміки та впливу військових дій на стан навколишнього середовища. Також за відсутністю стаціонарної статистичної інформації стосовно проходження військових дій на досліджуваній території для оцінки їх інтенсивності у різні періоди і про застосовувані види озброєння, є необхідним вивчати численні публікації у верифікованих засобах масової інформації, аналітичні зведення, відкриті зведення Генерального Штабу ЗСУ та міжнародних правозахисних організацій.

Якщо загальнонаукові методи формують теоретичне підґрунтя даного дослідження, забезпечуючи формування загальної гіпотези та проведення підготовчого етапу обробки масиву даних, то конкретно-наукові методи мають метою створення завершеного наукового дослідження, яке має просторово-часовий характер.

Математико-статистичний метод є одним із основних науково-практичних засобів даного дослідження, оскільки кількісні показники мають більшу ступінь достовірності та об'єктивності і дозволяють провести усереднення значень великих статистичних рядів (у даному дослідженні це період 1961-2020 рр. та сучасні дані стосовно впливу військових дій за 2022-2025 рр. та характеристики довоєнного стану території за 2021 р.). Узагальнені дані є

основою для формування ліній тренду та застосування комплексної лінійної регресії, які демонструють швидкість зміни різних показників стану природних систем. *Метод кореляції* дозволяє математично обґрунтувати ступінь взаємозв'язку між різними величинами (кліматичними та гідрологічними, кліматичними та екологічними). *Метод комплексної лінійної регресії* застосований для кількісного виокремлення внеску кліматичних чинників у варіації гідроекологічних показників річок та основних водосховищ Харківської області.

Також серед групи математичних методів варто виділити *прогностичний*, який використовується для створення сценаріїв майбутнього ходу досліджених показників стану екосистем на багаторічний період із урахуванням обрахованих ліній трендів для досліджуваної території.

Графоаналітичний метод є завершальним етапом математичної обробки масиву первинних статистичних даних шляхом візуалізації багаторічного та внутрішньорічного ходу груп показників у вигляді графіків, діаграм і таблиць, що дозволяє проводити їх просторово-часовий аналіз.

Другим методом візуалізації є *картографічний метод*. В рамках даної роботи створюються численні геозображення, які ілюструють територіальний розподіл показників і дає можливість виокремити фактори, які спричинили такий характер їх розподілу. Окрему групу картографічних творів створюють динамічні геозображення, метою яких є візуалізація просторової і часової динаміки середніх температур повітря у січні, липні та осереднені за рік, сум атмосферних опадів як основних індикаторів прояву глобальної тенденції до потепління клімату в межах досліджуваної області.

Геоінформаційний метод полягає не лише у підготовці геозображень перед їх фінальною версткою, а й у комплексній обробці первинної інформації. Так, з метою дослідження особливостей рельєфу та поширення ерозійної небезпеки у Харківській області був використаний аналіз космічних знімків із застосуванням функції гідрологічної корекції та автоматичного растрового обрахунку ухилів схилів. Для вивчення наслідків проходження активних військових дій

застосовувалися деякі з вегетаційних індексів, а також проведення композитування космічних знімків, їх атмосферної корекції, запуск автоматизованого процесу некерованої класифікації та напівавтоматичного процесу керованої класифікації.

Серед власних методів в рамках даного дослідження була розроблена *методика оцінки динаміки стану*, яка математично ілюструє швидкість і порівняльну характеристику змін стану наземних водних екосистем Харківської області під впливом змін клімату при урахуванні ролі мілітарного фактору як тимчасової, але критичної змінної, яка має неоднозначний характер впливу, оскільки ряд наслідків проходження військових дій (наприклад, стан атмосферного повітря чи випадення лісу) можуть фіксуватися миттєво, а зміна хімічного стану водних об'єктів та поверхневого шару земної кори змінюватимуться поступово в залежності від інфільтраційних властивостей кожної із забруднюючих речовин. Дана методика базується на обрахуванні інтегрального індексу та проведенні подальшої класифікації території в залежності від ступеня динаміки та вектору її спрямованості.

Таким чином, методичне підґрунтя даного дослідження цілком відображає складність об'єкту і предмету, що були обрані і включає в себе ряд загально- та конкретно-наукових методів, які мають на меті забезпечити формування і перевірку робочої гіпотези щодо змін клімату на території Харківської області.

Найбільш важливими серед загальнонаукових методів є діалектичний, синтезу і аналізу, а серед конкретно-наукових – математико-статистичний, прогностичний, графоаналітичний, картографічний та геоінформаційний методи.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Проведений аналіз теоретико-методологічних засад дослідження змін клімату та їх впливу на функціонування водних об'єктів Харківської області дозволив зробити наступні висновки:

1. Історія дослідження кліматичних умов, їх впливу на стан природних систем та умови проживання населення є, з одного боку, майже рівною за тривалістю періоду існування людської цивілізації, а з іншого, якщо казати про науково обгрунтовані дослідження, то їх поява фіксується у XVII-XVIII ст. За цей час форма дослідження клімату трансформувалася від сакрально-міфологізованої до фізико-математичної. Територія України не була популярним об'єктом для дослідження давніх вчених, і лише періодично з'являлася у найбільш розширених публікаціях описового характеру. Поява стаціонарних метеорологічних досліджень на досліджуваній території зафіксована значно пізніше, ніж у країнах Західної Європи, що сприяє зменшенню наукового потенціалу для ретроспективних досліджень кліматичних умов території (України).

2. Сучасний етап у розвитку кліматології можна віднести до кінця XIX ст., коли пункти стаціонарного моніторингу з'являються в дедалі більшій кількості країн, а серед вчених вперше починають звучати гіпотези щодо ролі людини та її господарської діяльності у змінах клімату, які на початку більше цікавилися вірогідністю повернення льодовикового періоду. Тривалий час науковий світ не мав консенсусу щодо вектору кліматичних змін і ролі людини у цьому процесі, і лише у другій половині XX ст. стрімке прискорення темпів температурного приросту корелювало із поширенням нових хвиль індустріалізації сприяло популяризації гіпотези глобального потепління, яка наприкінці XX – на початку XXI ст. остаточно затвердилася як пануюча.

3. У вивченні процесів зміни клімату (та їх форм впливу) значну роль відіграє досвід роботи міжнародних організацій та введення спеціалізованого нормативно-правового регулювання. Найважливішими серед організацій, що

займаються безпосередньо вивченням змiну ϵ IPCC, яка видає узагальненi звiти, якi задають лiнii наукових трендiв у цiй галузi. Крім того, цими питаннями опiкуються i пiдроздiли ООН, ЮНЕСКО та ЄС. Окрiм суто дослiдницької дiяльностi, мiжнароднi органiзацiї є важливими з точки зору популяризацiї проблеми негативних аспектiв клiматичної динамiки шляхом скликання конференцiй i пiдписання багатостороннiх угод, але помiтною проблемою лишається рекомендацiйний характер їх положень. Аналiз iсторiї мiжнародних нормативно-правових актiв показав тенденцiю до поступового переходу до обов'язковостi виконання їх положень та конкретизацiї заходiв для зменшення темпiв температурного приросту.

4. На теренах України клiматологiчнi дослiдження пов'язанi з заснування перших аматорських метеостанцiй поблизу Харкова i Києва. Надалi вони активiзувалися наприкiнцi ХІХ ст. завдяки створенню системи метеостанцiй та гiдропостiв, якi лише у 1920-х рр. об'єдналися в єдину систему. Саме їх функцiонування забезпечує вчених масивом фактичних даних, якi є найважливішою умовою для достовiрностi наукових дослiджень. Серед українських клiматологiв гiпотеза глобального потеплiння також є загальноприйнятою, i сучаснi дослiдження мають чiтку прив'язку до кiлькох найважливіших унiверситетiв. Характерною рисою є переважання загальноукраїнського рiвня дослiджень з використанням класичних методик, а тому актуальним завданням є апробацiя європейських сценарiїв на прикладi рiвнiв України, оскiльки саме вивчення на рiвнi областей та громад пiдвищує можливостi для впровадження реальних управлiнських рiшень.

5. Методична база даного дослiдження включає ряд методiв, найважливішими серед яких є дiалектичний метод, синтез i аналiз, математико-статистичний, прогностичний, графоаналiтичний, картографiчний та геоiнформацiйний методи.

Науковi дослiдження, результати проведення яких викладенi у роздiлi 1, опублiкованi у наукових працях автора [25-28, 210].

РОЗДІЛ 2

СУЧАСНИЙ СТАН ПРИРОДНО-ТЕРИТОРІАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Вплив геоморфологічної основи на гідрографічну сітку Харківської області

Характер розподілу водотоків і водойм на будь-якій території визначається сукупною дією рельєфу та кліматичних умов. Орографічні особливості території визначаються її тектонічною будовою, характером геологічних відкладів та дією екзогенних рельєфоутворюючих сил, таких, як дія сонця, води, вітру. Харківська область, яка є четвертим за площею регіоном України і (31 415 км² [133]), є доволі великим дослідницьким полігоном, адже її розміри співставні із такими країнами, як Ізраїль та Бельгія. Вона знаходиться на північному сході України у внутрішній частині давньої докембрійської Східноєвропейської платформи на перетині кількох тектонічних структур.

Основна територія області належить до *Дніпровсько-Донецького авлакогену* – великого грабену, видовженого паралельно лінії русла Дніпра, що являє собою тектонічний базис лівобережної частини Дніпровського басейну. Основна категорія геологічних відкладів (якщо не враховувати шар четвертинного періоду, який традиційно вивчається окремо від шарів інших геологічних епох) відноситься до міоцену та пліоцену із явним переважанням міоценових відкладів, оскільки дана частина області відносно нещодавно стала суходолом, а до цього значну частину геологічної історії південно-західну частину сучасної Харківської області займало мілководне море [65]. У районах головних річкових долин виокремлюються палеоценові відклади, що пов'язано із вимиванням верхніх геологічних шарів із поступовим перекриванням алювіальними відкладами.

Другою важливою тектонічною структурою на досліджуваній території є *Воронезький кристалічний масив* – докембрійська структура, яка являє собою

вихід кристалічного фундаменту платформи на поверхню. У Харківській області знаходяться лише його відроги, а тому помітних виходів твердих порід (таких, як «Бузький Гард» чи подібних), тут не виявлено і давніші породи перекриті відкладами міоцену та пліоцену, а у заплавних ділянках річок Вовча та Оскіл виходять крейдові відклади. Особливо яскраво ці відклади проявляються на правому березі Осколу, де створений НПП «Дворічанський».

На південному сході Харківщини знаходяться відроги *Донецької складчастої споруди* (рис. 2.1), яка є залишками герцинської гірської системи, і у відкладах тут переважають тріасові та юрські, окремо трапляються масиви крейдових відслонень, особливо в районі Ізюма.



Рис. 2.1. Рельєф Харківської області. Пункти кліматологічного та гідроекологічного моніторингу (укладена автором за даними [212])

Характер тектонічної будови визначив характер рельєфу досліджуваної території. В цілому, він є рівнинним горбистим зі значною часткою водно-ерозійних форм у вигляді яружно-балкових систем дендритоподібної структури. Варто розділити рельєф цієї території за двома категоріями: річкові басейни та форми рельєфу. За першим критерієм на території Харківщини можна виділити два основних басейни – Дніпра, який охоплює близько третини території області та Сіверського Дінця, що займає дві третини регіону.

Серед форм рельєфу західна частина Харківської області знаходиться у найвищій частині *Придніпровської низовини*, яка представлена *Полтавською рівниною*. Східна межа рівнини виступає водночас і вододілом для двох основних басейнів і характеризується пологим західним схилом, який ускладнюється відносно неглибокими долинами річки Мерла (Мерло), Коломак, що поступово спускаються у бік русла Дніпра. Південна частина Полтавської рівнини більше вдається у досліджувану територію, і до західного напрямку загального ухилу рельєфу додається південний. Найнижча частина цієї частини області припадає на заплавної частину долини річок Берестова та Оріль, які мають численні притоки (ліві для Берестової та праві для Орілі). Загальний перепад висот у цій частині області складає близько 100 м і вони коливаються від менше 100 м в районі Перещепине та Зачепилівки до більше, ніж 200 м поблизу Лозової та Златополя (до 2024 р. – Первомайський).

Частина Полтавської рівнини, що припадає на західну та центральну частини долини Сіверського Дінця має кілька різних за висотою ділянок. Західна межа басейну майже найвищій значення перепаду висот, особливо в районі Змієва, де на правому березі річки здіймаються круті схили правих берегів, утворюючи окремі підвищені гористі масиви (наприклад, гора Козача та Змієві кручі). Далі підвищена хребтоподібна ділянка тягнеться вздовж правого берега Сіверського Дінця до каналу Дніпро-Донбас. Другий масив знаходиться між Печенізьким водосховищем та річкою Оскіл. Він піднятий відносно оточуючої території на 50 м і за конфігурацією нагадує еліпс, ускладнений долинами кількох невеликих річок (наприклад, Великий Бурлук).

Надалі вододіл між Сіверським Дінцем та Осколом має більш вирівняний характер і характеризується загальним похилом рельєфу у південний бік, утворюючи слабкопохилені вирівняні ділянки місцевості, що переходять у великі луки поблизу заплави Сіверського Дінця. Таких лук налічується дві – на північний захід від Ізюма та на схід від Змієва.

Східна частина Харківської області теж характеризується наявністю поступового підвищення у рельєфі через наявність вододілу між річками Оскіл та Червона.

Другою важливою формою рельєфу області є *Донецька височина*, яка заходить лише відрогамі поблизу міста Ізюм, утворюючи крутий горбистий масив зі значними перепадами висот, який увінчує гора Крем'янець.

Третя велика форма рельєфу знаходиться у північній частині області і являє собою відроги Середньоруської височини. Вона характеризується поступовим зниженням на південь. Саме тут фіксуються найвищі точки області поблизу Золочева та на північ від Харкова із висотами 236 м [71]. Про рельєф навколо обласного центру варто відзначити окремо, оскільки Харків знаходиться на перетині 4 річок – Уд, Лопані, Харкова та Немишлі, і його орографічна структура є доволі складною. З метою більш детального дослідження у програмному середовищі Arc Scene була підготовлена тривимірна модель рельєфу Харкова, яка дозволяє виділити деталі мікрорельєфу міста. З отриманої моделі (рис. 2.2) видно, що кілька долин сходяться у центральній частині міста, утворюючи зіркоподібне об'єднання кількох великих яружно-балкових систем. Найвищі значення абсолютних висот (вище 225 м) фіксуються у північній частині міста, в районі лісового масиву, утворюючи так званий «Нагірний район». Він обмежений з заходу річкою Лопань, а зі сходу річкою Харків, і особливістю є деформацію класичної річкової долини, оскільки у районі річки Лопань лівий берег є більш крутим за правий, і тому лівобережна заплавна частина є меншою за площею.

Ще два локальні підвищення знаходяться у східній частині, в районі житлових масивів Салтівка та ХТЗ. Вони розділені неширокою долиною річки

Немишля (рис. 2.2) , яка через забрудненість зараз майже повністю пересихає влітку. Ще два локальні підвищення припадають на південно-західну частину міста в районі Холодної гори та Нової Баварії. Вони розділяються між собою долиною річки Уди, а від інших підвищень річкою Лопань. Таким чином, рельєф міста замість класичною дендритоподібної річкової долини є прикладом зіркоподібного сполучення яружно-балкових систем.

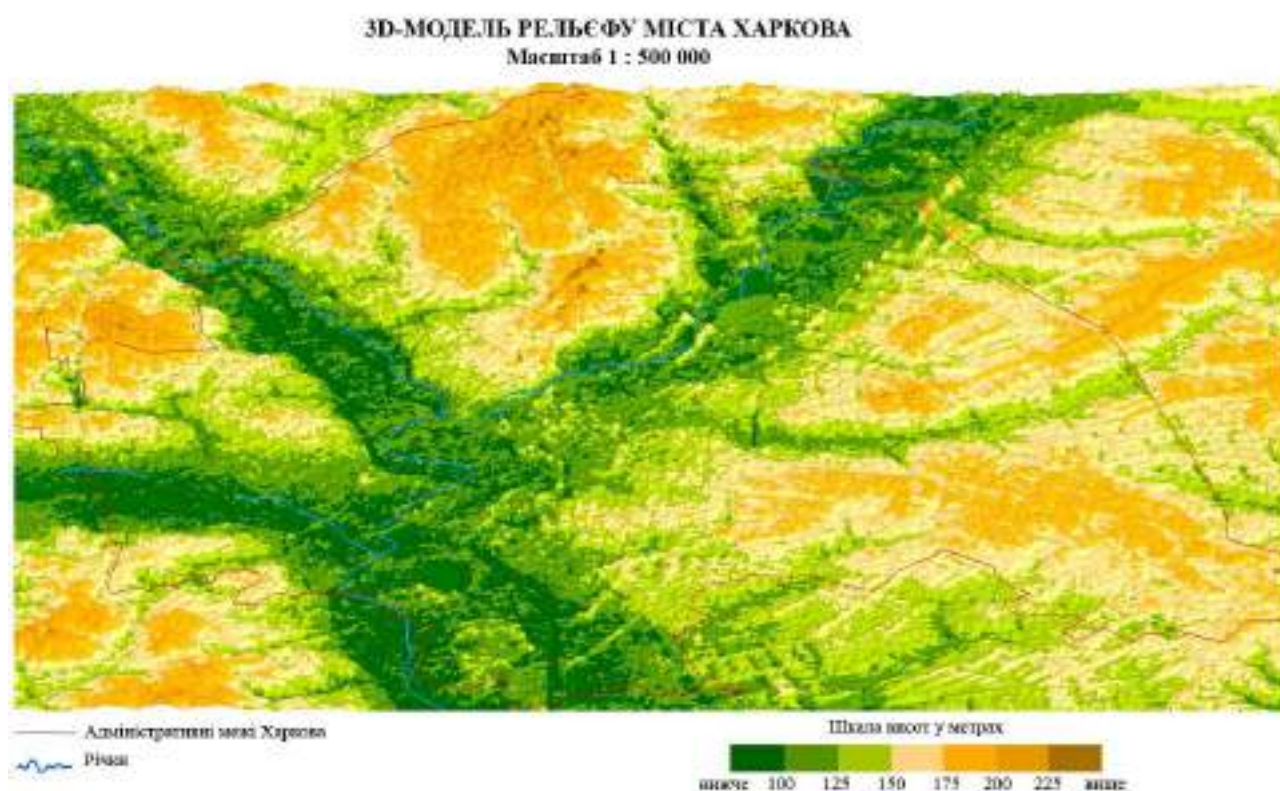


Рис. 2.2. Тривімірна модель рельєфу міста Харкова (укладнена автором за даними [212])

Важливим з точки зору захисту стану річкових долин є дослідження *ерозійної небезпеки* на цій території. Харківська область відзначається розвиненою яружно-балковою системою, що підвищує ризики для сільськогосподарських угідь та будівництва. За даними тріангуляційної моделі рельєфу на основі космічних знімків ASTER GDEM (із роздільною здатністю 30 м) була побудована карта, яка демонструє кути ухилів схилів на території області. За результатами картографічного аналізу (рис. 2.3), вдалося встановити, що існує

кілька районів із підвищеною загрозою ерозійних процесів. Це праві береги річки Сіверський Донець майже вздовж всієї течії, обидва береги неширокої долини річки Великий Бурлук., правий берег річки Оскіл, район поблизу Харкова, де значення ухилів сягають 10-12° і вище, що належить до категорії «дуже ерозійно небезпечних територій» [212].

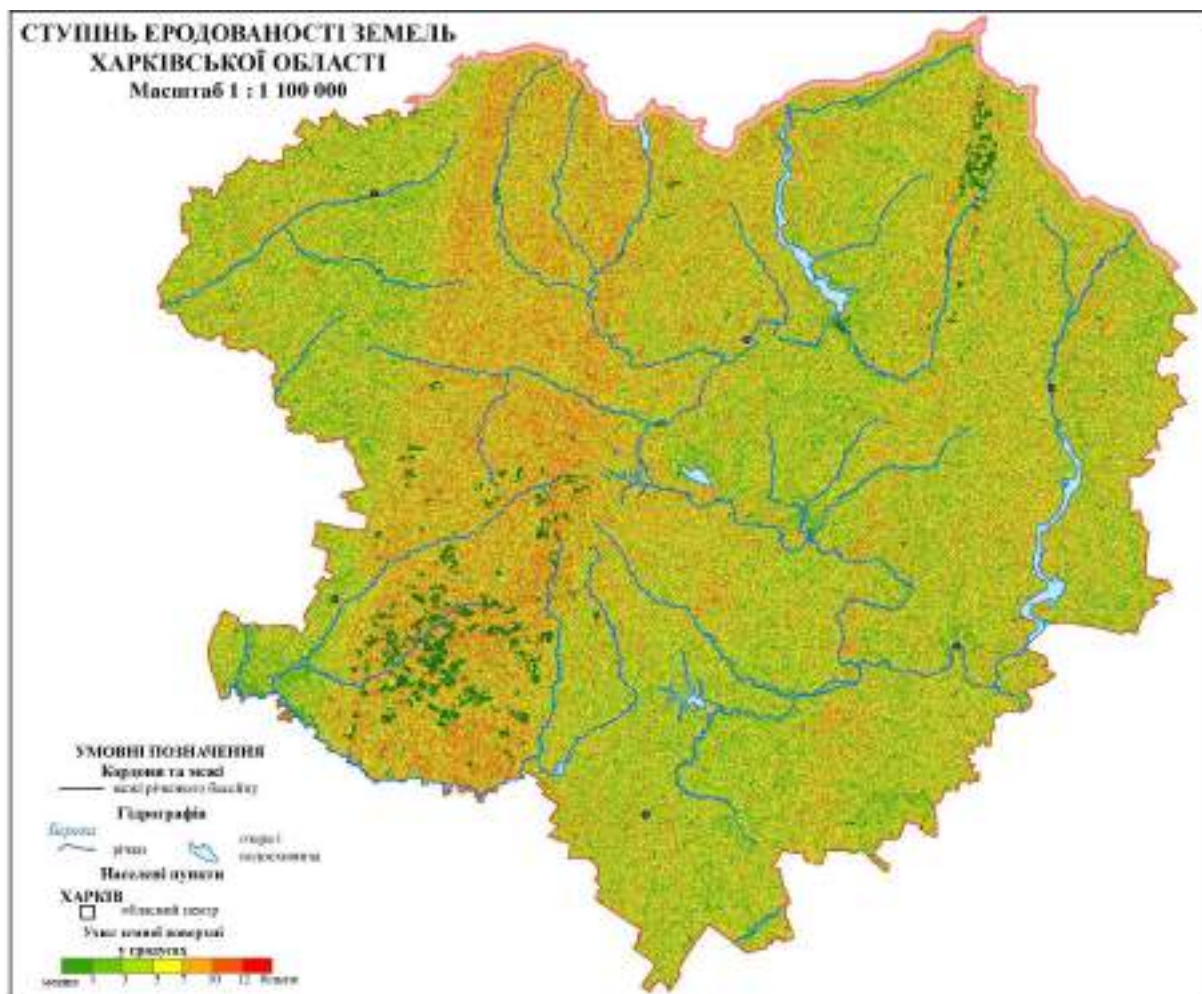


Рис. 2.3. Карта ухилів схилів рельєфу Харківської області (укладена автором за даними [212])

Таким чином, геоморфологічна будова Харківської області характеризується повністю рівнинними формами рельєфу, але вона ускладнюється через наявність численних яружно-балкових систем, особливо в районах злиття кількох річок, як це фіксується у районі Харкова. Найвищі точки на досліджуваній території не перевищують 236 м, а загальне падіння рельєфу

трохи більше 100 м. В цілому. Можна сказати, що рельєф на даній території сприяє появі лише спокійних за течією, сильно меандруючих річок, оскільки при невеликій швидкості течії навіть незначні перепони у вигляді більш твердих гірських порід річки намагатимуться оминати. Наявність численних ерозійних форм рельєфу сприяє підвищенню небезпеки для інфраструктурних об'єктів та негативно впливає на сільське господарство. Райони із найбільшими ухилами схилів частково співпадають із найбільш заселеною частиною області (навколо Харкова). Також ерозійно небезпечними є всі праві береги великих річок та вододільні частини басейнів Дніпра, Сіверського Дінця та Осколу.

2.2. Аналіз просторово-часової динаміки та сучасного стану кліматичних умов регіону

2.2.1. Надходження та засвоєння сонячної радіації у регіоні. Ключовим елементом, який демонструє хід змін клімату є температурний режим території. Основою для формування цього показника виступає сонячна радіація, яка надходить на поверхню Землі і далі, прогріває нижній шар атмосфери. Для характеристики геліорежиму Харківської області доцільно використати кілька ключових показників: тривалість сонячного сяйва на рік (у годинах), сумарна сонячна радіація, радіаційний баланс (у МДж/м²) та альbedo (у %).

Тривалість сонячного сяйва опосередковано показує надходження сонячної енергії до земної поверхні, проте у хронологічному зрізі. Харківська область має середньо-високі значення тривалості сяйва порівняно із іншими регіонами України, оскільки Крим та Азово-Чорноморське узбережжя мають вищі значення, але західні області України, що знаходяться на тій самій географічній широті, за рахунок більшої хмарності впродовж року, отримують менше сонячного світла. Найвищі значення тривалості сонячного сяйва у Харківській області характерні для південної частини Берестинського та Лозівського районів (від 2000 год / рік). Основна частина області отримує сонячне сяйво впродовж 1800-2000 год / рік. Північні частини Харківського, Богодухівського,

Чугуївського та Куп'янського районів характеризуються найменшою тривалістю сльот на рік через більшу кількість атмосферних опадів та відповідно вищий показник хмарності разом із нижчим кутом падіння сонячних променів, і її значення тут не перевищують 1750-1800 годин [162, 223].

Пряма сонячна радіація характеризує найбільш енергоефективну частину сонячної енергії, що надходить на земну поверхню. Саме вона у дуальному вигляді (фотонних частинок та хвиль) безпосередньо направляє від сонця до землі і прогріває поверхню. Характер територіального розподілу сумарної сонячної радіації, як і всіх інших показників сонячної енергії по території Харківської області є субширотним, оскільки кут падіння сонячних променів має пряму залежність від географічної широти місцевості. Відповідно, для Північної півкулі домінуючою солярною тенденцією є зростання кута падіння сонячних променів у південному напрямку. Існують і інші фактори, які регулюють розподіл енергії. В першу чергу, це напрям і характер пануючих центрів дії атмосфери, які впливають на випадіння атмосферних опадів. У Харківській області, як і в Україні в цілому кількість опадів зменшується з півночі та північного заходу на південний схід. Відповідно, найвищі значення сумарної радіації спостерігаються на півдні та південному заході області, де вони сягають більше 4000 МДж/м² [223]. На основній території області значення сумарної радіації перебувають у межах 3800-4000 МДж/м², що приблизно відповідає середньому значенню цього показника на території України. Північні громади області отримують 3700-3750 МДж/м² прямої сонячної радіації за рік. Якщо порівнювати із максимальними значеннями в Україні (5000-5200 МДж/м² в районі Степового Криму [1]), то геліопотенціал Харківської області є недостатньо високим. Проте надходження сонячної енергії укупі із помірним режимом вологості створили сприятливі умови для процесів ґрунтоутворення на досліджуваній території, що дало змогу досягати високих показників врожайності цілої низки сільськогосподарських культур. Отже, агрометеорологічний потенціал Харківської області є набагато більшим за геліоенергетичний.

Характер внутрішньорічного розподілу прямої сонячної радіації (рис. 2.4) в цілому нагадує хід температури повітря, оскільки між цими двома показниками існує прямий кореляційний зв'язок. Найнижчі значення спостерігаються у зимові місяці (грудень та січень), вони коливаються в межах 60-100 МДж/м² (рис. 2.4), Далі, починаючи з кінця зими до початку травня кількість прямої радіації стрімко зростає, а з травня по серпень вона досягає пікових значень, причому на відміну від температурних показників кількість радіації лишається майже однаковою (близько 450 МДж/м²). Така невідповідність пояснюється тривалістю світлового дня, яка теж є максимальною з травня по серпень, що сприяє довшому надходженню сонячної радіації при відносно незначній зміні кута падіння сонячних променів.

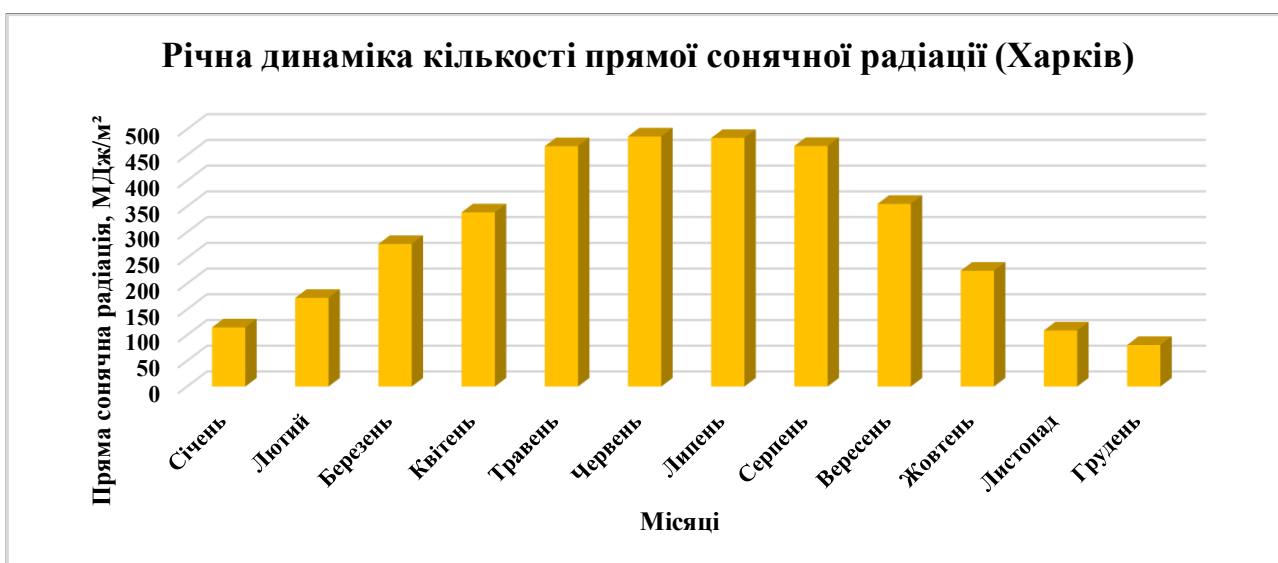


Рис. 2.4. Внутрішньорічний хід кількості прямої сонячної радіації (на прикладі АМСЦ Харків) (укладено автором за даними [162, 219, 223])

Радіаційний баланс є похідним показником від прямої сонячної радіації і є результатом сумування її із розсіяною радіацією (для отримання прямої радіації) та віднімання від отриманого показника енергії, що випромінюється земною поверхнею [162, 223]. Він є показником особливостей прогрівання земної поверхні і дуже коливається як впродовж року, так і впродовж доби, оскільки

вночі цей баланс часто є від'ємним через відсутність надходження сонячної радіації при відсутності сонячного світла. Впродовж року динаміка радіаційного балансу майже повністю повторює характер зміни сумарної радіації, проте на відміну від попередньої, для балансу характерним є найвище значення у кінці червня – на початку липня, коли земна поверхня отримує максимум сонячної енергії. Різниця між червнем та липнем пояснюється більшою хмарністю, що пов'язана із активізацією циклонічної діяльності у першій половині червня. Найнижчі значення балансу також характерні для грудня, коли тривалість світлового дня досягає свого мінімуму у день зимового сонцестояння (22 грудня), після чого тривалість сонячного сьйва впродовж дня починає зростати, і вже з січня намічається приріст радіаційного балансу (рис. 2.5).

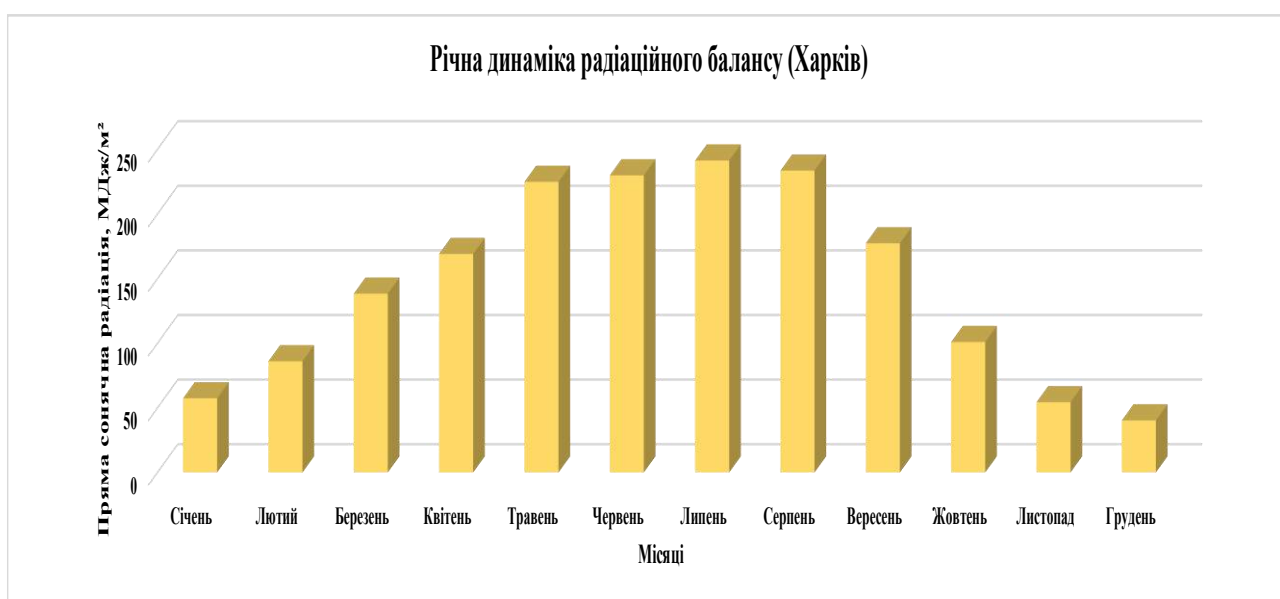


Рис. 2.5. Внутрішньорічний хід радіаційного балансу (укладено автором за даними [162, 219, 223])

Територіальний характер розподілу радіаційного балансу повністю співпадає із показником сумарної радіації, відрізняються лише значення, які мають незначний характер коливання в межах Харківської області (табл. 2.1) – від 1721 до 1787 МДж/м² [219]. Як і у випадку інших сонячних показників,

баланс є близьким до середніх по Україні значень, що свідчить про помірні умови прогрівання земної поверхні на досліджуваній території.

Показник *альbedo* доповнює наукову картину особливостей прогрівання території, оскільки демонструє частку відбитої сонячної радіації по відношенню до сумарної [219]. Оскільки показник є зворотнім, то і характер значень також змінюється: чим вищим є альbedo, тим менше прогрівається ця територія. На території Харківської області альbedo коливається в межах 22-24%, що є характерним для більшої частини лісостепової та північно-степової частин України. Варто зазначити, що ці показники, які є усередненими, на відміну від температури чи кількості сонячної радіації мають дуже значний територіальний та часовий характер коливання, оскільки альbedo залежить від відбивних якостей кожної конкретної поверхні. Максимальним альbedo є для чистого снігу, а мінімальним для розораної зволоженої землі та іноді для водних поверхонь [219].

Повноцінність характеристики надходження сонячної енергії до земної поверхні та її співвідношення із умовами зволоження досліджуваної території забезпечується завдяки використанню *радіаційного індексу сухості М.І. Будико* [82]. Були обраховані осереднені значення річних сум атмосферних опадів за період кліматичної норми (1991-2020 рр.) та середні значення радіаційного балансу для кожної метеостанції завдяки інформації Global Solar Atlas.

За результатами проведених розрахунків (табл. 2.1) встановлено, що досліджувана територія може бути повністю віднесена до степової зони: раніше вона навпіл ділилася на лісостепову і степову. Значення індексу південної частини регіону (Лозова, Берестин) демонструють можливість переходу до природної зони напівпустелі помірних широт за умов збереження сучасних кліматичних тенденцій впродовж кількох десятиліть. Це узгоджується із сучасними змінами клімату, які загрожують країни поступовим опустеленням, яке ще 30 років тому здавалося абсолютно неможливим для даної місцевості.

Таблиця 2.1

Індекс сухості М.І. Будико (за даними [45-52, 156, 162, 170, 181, 191, 219, 223])

Метеостанції	R, радіаційний баланс, МДж/м ²	r, річна сума опадів, мм	K, радіаційний індекс сухості за М.І. Будико	Режим зволоження	Природна зона
Золочів	1721	507,8	1,499615	Помірно-недостатнє	III. Степ
Великий Бурлук	1725	524,3	1,455797	Помірно-недостатнє	III. Степ
Харків	1747	511,4	1,511554	Помірно-недостатнє	III. Степ
Куп'янськ	1748	540,3	1,431522	Помірно-недостатнє	III. Степ
Слобожанське	1761	562,1	1,386237	Помірно-недостатнє	III. Степ
Ізюм	1781	540,5	1,458008	Помірно-недостатнє	III. Степ
Лозова	1787	495,8	1,594812	Помірно-недостатнє	III. Степ
Берестин	1782	519,6	1,517505	Помірно-недостатнє	III. Степ
Богодухів	1743	547,5	1,408656	Помірно-недостатнє	III. Степ
Коломак	1751	542,8	1,427374	Помірно-недостатнє	III. Степ

Таким чином, аналіз надходження сонячної енергії на територію Харківської області показує, що геліоенергетичний потенціал регіону є помірним відповідно до південних областей, що характеризуються більшими значеннями сонячної радіації. Водночас, агрометеорологічний потенціал завдяки співвідношенню кількості сонячної енергії із кількістю атмосферних опадів, забезпечує сприятливі умови для розвитку сільського господарства. Серед встановлених негативних тенденцій, яка спостерігається через загальне зменшення кількості опадів при збереженні і навіть зростанні кількості сумарної сонячної радіації і відповідно радіаційного балансу, є обрахована за індексом М.І. Будико зміна природної зони у Харківській області.

2.2.2. *Сучасний стан температурного режиму повітря Харківської області.* Температурний режим є головним показником теплового стану нижнього шару атмосфери. Харківська область за своїми характеристиками відноситься до помірно-континентальної області помірного поясу Північної півкулі за класифікацією Б.П. Алісова [37]. За В. Кеппеном досліджувана територія належить до клімату гумідно-континентального типу клімату із теплим літом [37]. Не дивлячись на доволі значні розміри Харківської області, вона характеризується спільними загальними особливостями кліматоутворювальних чинників, а відповідно кліматичними умовами. За сучасними даними можна виділити незначні локальні особливості розподілу температурних показників, які регулюються переважаючими типами атмосферної циркуляції, а також впливом антропогенного фактору.

Для проведення кліматичної характеристики був обраний репрезентативний ряд статистичних даних, який охоплює 30-річний період: 1991-2020 рр. [230]. Для включення найбільш сучасних даних за довоєнний період для досліджуваної території у дану характеристику окремо включаються дані за період 2016-2020 рр., які демонструють загальні зміщення, що відбуваються у температурному режимі повітря під впливом сучасних змін клімату і які регулюють внутрішньосезонний температурний розподіл.

Зима у Харківській області зазвичай починається наприкінці листопада-у першій декаді грудня, коли середні добові температури повітря переходять через значення 0°C. У минулі десятиліття не рідкісним явищем були слабкі снігопади і заморозки вже на початку листопада, але вже впродовж кінця 2000-х рр. і далі все частіше спостерігається продовження нестабільних погодних умов, що характерні для осіннього періоду, навіть у грудні. Стійкі морози у грудні майже не встановлюються і не супроводжуються акумуляцією снігового покриву. Окремим показником, який яскраво демонструє зміни клімату на побутовому рівні є сніговий покрив на Новий рік у ніч з 31 грудня на 1 січня, який вважається традиційним кліматичним синонімом даного свята. Починаючи з 2015 року у цей

день стабільний сніговий покрив фіксувався лише кілька разів [71]. У січні за класичною схемою наступав найхолодніший місяць року зі стійкими морозами і середніми температурами $-7-8^{\circ}\text{C}$. На сучасному етапі середні температури у січні не опускаються нижче $-5,5^{\circ}\text{C}$, а вдень температура переважно додатна, і погода супроводжується активним сніготаненням. Водночас, впродовж останніх двох десятиліть спостерігається зміщення найхолоднішого місяця на лютий, коли температури повітря майже рівні або нижчі за січневі, і саме у лютому частіше може утворюватися стабільний сніговий покрив і встановлюватися тривалий мороз. Ця тенденція є небезпечною для рослинного світу і сільського господарства, оскільки пізні заморозки відбуваються у той період, коли рослини готуються до переходу до періоду активної вегетації, а враховуючи процеси потепління у січні і грудні, фіксувалися випадки появи бруньок на деревах і кущах в означений період [71].

Весна на досліджуваній території зазвичай починається в середині-наприкінці березня, коли остаточно зникає сніговий покрив і температури повітря стрімко зростають до $+2-4^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.6-2.7). Березень характеризується частими заморозками і пануванням північної циркуляції повітря, коли завдяки дії Арктичного максимуму на територію Харківської області часто надходять сильні і холодні вітри. У квітні температура повітря зростає до $+11-14^{\circ}\text{C}$. Цей місяць характеризується холодними ночами, але доволі стрімким прогріванням вдень. За останні роки все частіше встановлюються максимальні денні температури до $+30^{\circ}\text{C}$ в кінці квітня, хоча раніше такі явища були характерними для другої половини травня [71]. Травень характеризується збільшенням тривалості світлового дня, яка наближається до максимальних значень і інтенсивним прогріванням повітря. Середні температури травня становлять $+15-18^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.6-2.7). Частими явищами у травні, окрім звичних для цього місяця гроз та злив, стала спека, особливо у другій та третій декадах місяця [71].

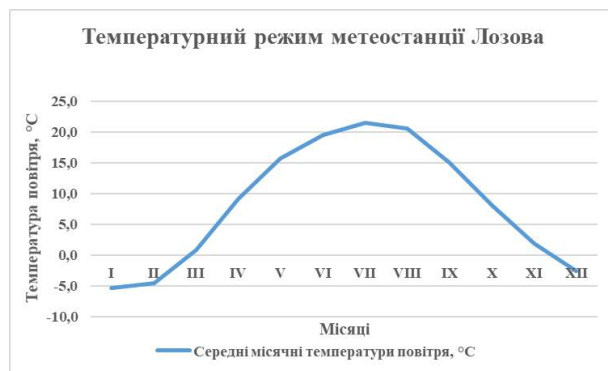
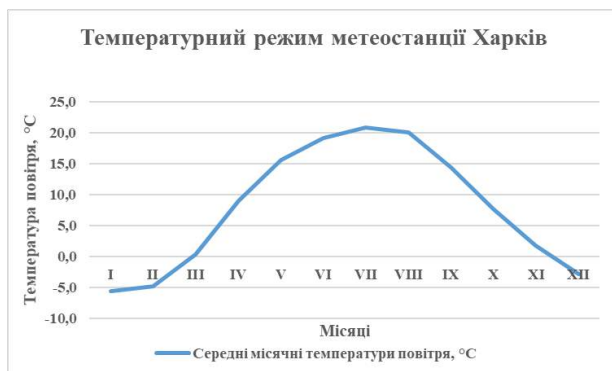


Рис. 2.6. Річний хід температури повітря на метеостанції Харків (за даними [45-52, 156, 170, 181, 191])

Рис. 2.7. Річний хід температури повітря на метеостанції Лозова (за даними [45-52, 156, 170, 181, 191])

Літо у Харківській області раніше починалося на початку-у середині червня, але на сучасному етапі за температурними показниками воно фактично настає вже в середині травня. Червень характеризується максимумом атмосферних опадів, оскільки територія Харківської області в цей час перебуває під впливом циклонів із Північної Атлантики, причому характерними для останніх десятиліть стали потужні зливові опади, які випадають у першій половині червня і сприяють численним тимчасовим підтопленням міських вулиць. Так, у Харкові подібні випадки фіксувалися у 1995, 2003, 2010, 2011, 2020, 2021, 2024 рр. [71]. Липень і серпень характеризуються максимумом температур повітря, причому через стрімке зменшення кількості опадів у означені місяці впродовж останніх 30 років поширеним явищем стали посухи, «розстріскування» ґрунту на сільськогосподарських угіддях і навіть пилові бурі [71], які накривали територію області завдяки циркуляції з південного узбережжя Середземного моря та Північної Африки у 2024 та 2025 рр. [186]. Процеси кліматичного зміщення проявляються і влітку, і якщо за класичними уявленнями у помірних широтах липень вважався найспекотним місяцем року, то останні 10 років пальму першості у цьому контексті все частіше утримує серпень .

Осінь у Харківській області починалася з другої декади вересня, одна останні роки демонструють стійку тенденцію до зміщення цього процесу на

першу-другу декади жовтня, тоді як у вересні температура вдень залишається на рівні $+20^{\circ}\text{C}$ і вище аж до середини місяця [71]. У жовтні тривалість сонячного сьйва стрімко скорочується, і іноді трапляються снігопади, але з кожним роком дедалі рідше. Листопад зазвичай характеризується стрімкою втратою листа рослинністю і остаточним завершенням вегетаційного періоду, іноді трапляються нічні заморозки, і вже наприкінці місяця настає кліматична зима, однак дані останніх десятиліть демонструють, що цей процес також зміщується на 2-3 тижні вперед [71].

Основними статистичними одиницями, що використовуються для характеристики термічного режиму повітря є середні температури, січня як найхолоднішого місяця року, липня як найтеплішого місяця і середні температури за рік. Аналіз характеру територіального розподілу *температурного режиму січня* за період 1991-2020 рр. вказує на те, що найбільш холодною частиною області є північна та північно-східна зі значеннями температур – $5,0-5,3^{\circ}\text{C}$ у Великому Бурлуці, Куп'янську та Золочеві (рис. 2.8).

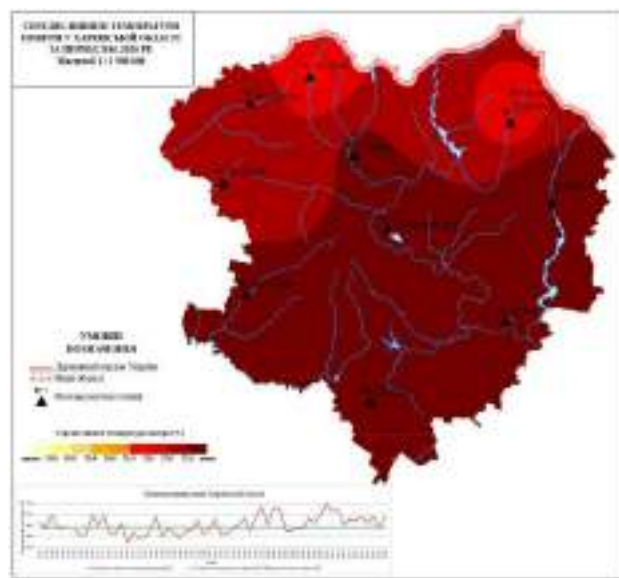
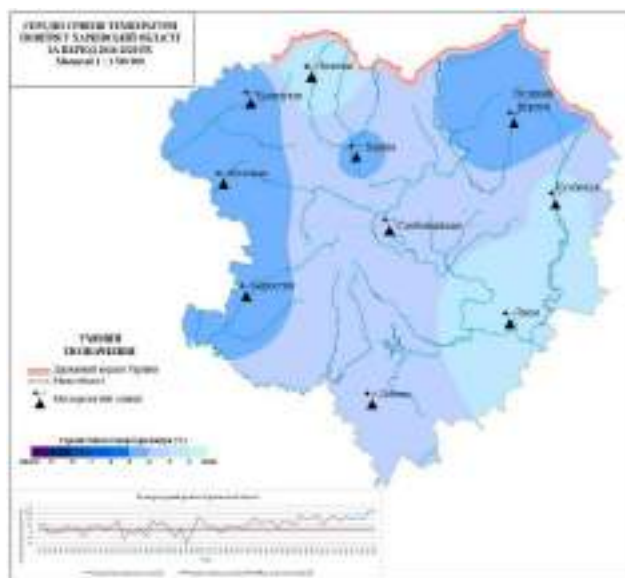


Рис. 2.8. Карта розподілу середніх температур повітря у січні у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Рис. 2.9. Карта розподілу середніх температур повітря у липні у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

На північному заході зима помірна через зменшення континентальності клімату у цьому напрямі, а південна частина загалом має тепліший січневий режим температури зі значеннями $-3,8-4,2^{\circ}\text{C}$ у Ізюмі, Берестині (до 2024 р. – Красноград). Харків виділяється своїм специфічним температурним режимом, оскільки через концентрацію населення, транспорту, промисловості та систем опалення навколо міст формується так званий «острів тепла» - явище, яке є характерним для багатьох великих міських агломерацій в усій Європі. За період 2016-2020 рр. (рис. 2.8) загальний розподіл температур повітря зберігається, але їх значення зросли, і сягають $-4,5-2^{\circ}\text{C}$.

Аналіз територіального поширення середніх *температур повітря у липні* демонструє, що найнижчі значення спостерігаються і північній частині області – у Золочеві, Богодухові та Коломаку, де вони коливаються в межах $+21,1-21,3^{\circ}\text{C}$.

Південна і східна частини області, а також місто Харків мають вищі значення: $+22-22,4^{\circ}\text{C}$, причому найвищі значення за середніми показниками характерні як для Лозової, так і для Куп'янська. У першому випадку це пояснюється надходженням більшої кількості сонячної енергії впродовж літнього періоду, а у другому – впливом континентальності клімату, яка спричинена меншою кількістю опадів, а відповідно і меншою хмарністю. Завдяки чому прогрівання земної поверхні тут проходить швидше.

У 2016-2020 рр. подібний розподіл температур зберігається, але для більшої частини області переважаючими є липневі температури $+22,5-23^{\circ}\text{C}$, хоча раніше подібні показники були характерними для південної частини України (рис. 2.9), що ще раз доводить наявність проявів сучасних змін клімату на досліджуваній території.

Розподіл *середніх річних температур* повітря на території Харківської області в цілому співпадає із січневими та липневими значеннями, і характеризується максимумом у Лозовій, Ізюмі та Берестині ($+8,7-8,9^{\circ}\text{C}$) та мінімумом у північній та північно-західній частині області у районі Коломака, Богодухова та Великого Бурлука ($+7,7-7,9^{\circ}\text{C}$). Період 2016-2020 рр., який звісно

не може репрезентативно характеризувати сучасні кліматичні умови, слугує додатковою ілюстрацією того, наскільки сильно змінюється клімат на досліджуваній території (рис. 2.10). Так, у цей період середні річні температури вже сягають значень $+9-9,5^{\circ}\text{C}$ і вище майже для всієї території області, крім Коломака, Богодухова та Великого Бурлука (рис. 2.10).

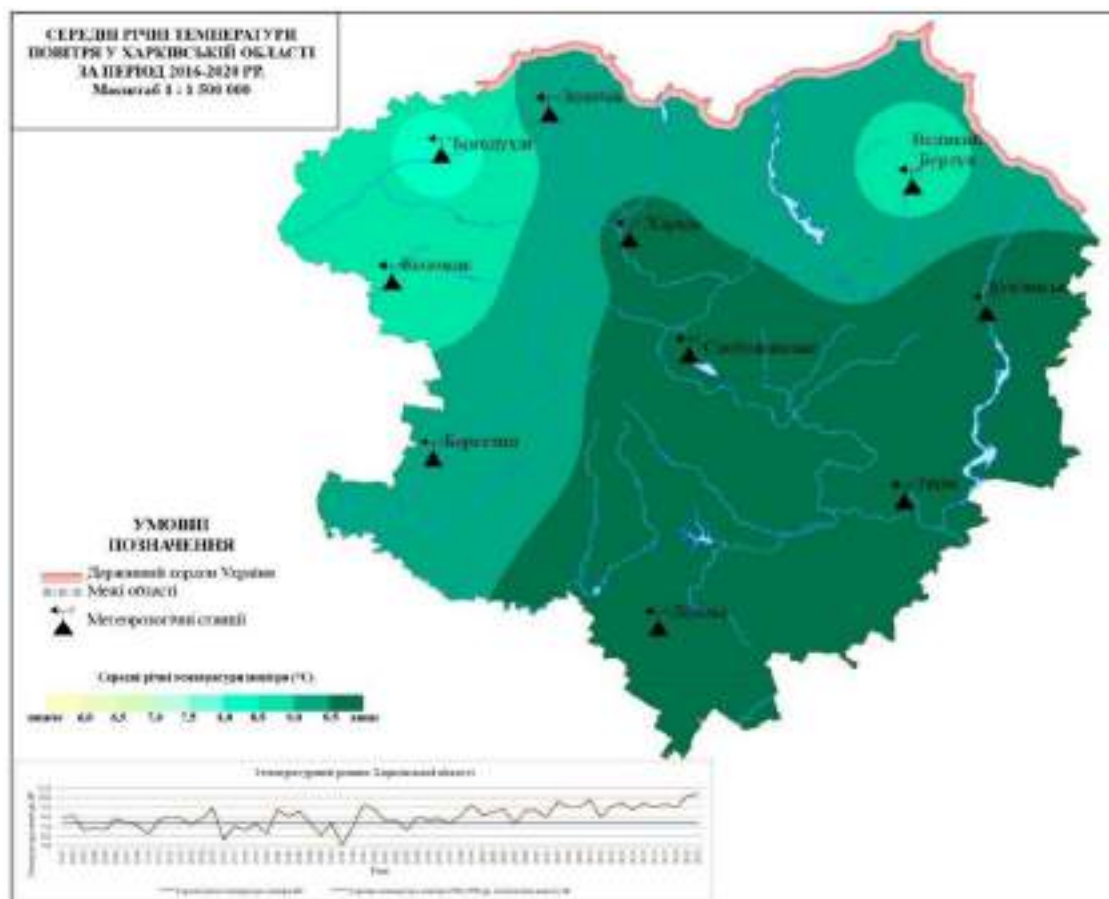


Рис. 2.10. Карта розподілу середніх річних температур повітря у Харківській області (за даними [45-52, 156, 170])

Екстремальні температури повітря слугують істотним доповненням до картини усереднених значень і яскраво демонструють зміни у тепловому стані прилеглому шару атмосфери. Найбільші значень температурних амплітуд є характерними для Куп'янська – $75,4^{\circ}\text{C}$, що пояснюється найбільшим ступенем континентальності клімату серед інших пунктів спостереження. Найменша амплітуда спостерігається у Харкові та Богодухові (62°C).

Отже, характеристика сучасного стану температурного режиму Харківської області відбиває стрімкі температурні зростання, що зафіксовані для всіх обраних показників, зміщення кліматичних сезонів, а також поширення несприятливих метеорологічних явищ, які раніше не були характерними зовсім (пилові бурі) або мали меншу тривалість та інтенсивність (тривалі посухи).

2.2.3. Просторово-часова динаміка температурного режиму повітря.

Температурна часова варіативність є основним індикатором сучасних змін клімату поряд із атмосферними опадами.

У дослідженні використовуються фактичні масиви даних середніх місячних температур повітря у січні (липні), середні річні значення, мінімальні (максимальні) температури повітря, середні сезонні значення за рік та середні пентадні значення температур у січні (липні, за рік). Остання категорія є додатковим засобом кліматичної характеристики і використана для наочного представлення змін клімату у Харківській області шляхом створення динамічних картографічних творів, що включають серії карт температурних полів за кожні 5 років (Додаток Б).

Середні *температури повітря у січні* є загальним показником, що характеризує тепловий стан найхолоднішого місяця року. За досліджуваний період (1961-2020 рр.) вони зросли за даними усіх метеостанцій. Для січневих показників характерним є значне коливання із року в рік, що має циклічність. Періодичність таких коливань залежить від ряду мікрокліматичних факторів, але в середньому вона складає 3-4 роки. Не дивлячись на значні коливання температур навіть для осереднених показників (рис. 2.11), помітна тенденція до зростання, і навіть в окремі роки середні січневі температури були вищі за 0°C (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Динаміка січневих температур повітря на метеостанції Слобожанське (у 1961-2016 рр. – Комсомольське) за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])



Рис. 2.12. Динаміка липневих температур повітря на метеостанції Лозова за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])

Середні липнєві температури повітря (рис. 2.12) також мають тенденцію до зростання, хоча і меншу, ніж для січневих значень. Для багатьох метеостанцій характерним є тривале похолодання літа впродовж 1970-х рр. (рис. 2.12), яке пізніше змінилося прискоренням росту середніх температур. На початку XXI ст. ріст незначно уповільнився. Однією із можливих причин цього процесу є стрімка деіндустріалізація на території України, яка спричинила зменшення викидів в атмосферу парникових газів.



Рис. 2.13. Середні місячні температури повітря у січні за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])



Рис. 2.14. Середні місячні температури повітря у липні за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])

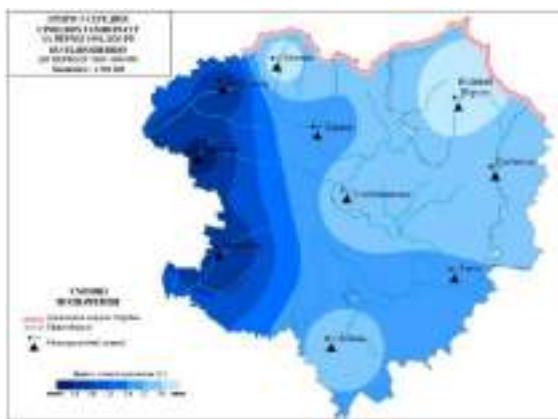


Рис. 2.15. Територіальний розподіл зростання середніх температур повітря у січні у Харківській області за період 1991-2020 рр. по відношенню до 1961-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])

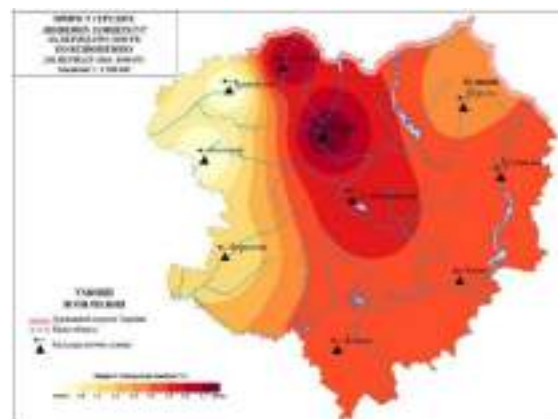


Рис. 2.16. Територіальний розподіл зростання середніх температур повітря у липні у Харківській області за період 1991-2020 рр. по відношенню до 1961-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])

Середні температури січня збільшилися на півночі та північному сході області на 3,2-3,3 °С (рис. 2.13, 2.15), а найменше – у західній частині в районі Берестина, Коломака та Богодухова (на 1,4-1,6 °С), що спричинене меншим ступенем континентальності клімату.

Характер потепління, на прикладі липневих температур (рис. 2.14, 2.16), демонструє інші територіальні закономірності: зростає в районі Харкова, Золочева та у центральній частині області (на 1,6-1,8 °С), а найменше – у західних районах, де складає 1,1-1,3°С.

Загалом, дисперсність літніх значень температурних показників набагато менша за зимові, що пояснюється теплофізичними та відбивними властивостями земної поверхні. Причина цього процесу полягає у зміні показника альбедо для зимового сезону за досліджуваний період, оскільки характерним є зменшення снігового покриву або його повна відсутність впродовж більшої частини періоду. Таким чином, земна поверхня має темніше забарвлення і поглинає більшу

кількість сумарної сонячної радіації, сприяючи ще більш активному прогріванню повітря.

Середні річні температури повітря мають менш швидкий характер зростання порівняно із січневими, але при цьому темпи приросту по території мають більш рівномірно характер.

Найбільші значення збільшення показників температури повітря зафіксовані у районі Золочева (на $1,5^{\circ}\text{C}$) та на північному заході області – на $1,3-1,4^{\circ}\text{C}$. Решта досліджуваної території має показники від $1,1$ до $1,2^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.17-2.18), що відповідають максимально допустимим значенням, що були зафіксовані Паризькими угодами 2015 року і складають $1,5^{\circ}\text{C}$. Проте навіть такі наближені значення до граничних меж вказують на критичність процесів, що проявляються на досліджуваній території і вказують на можливість настання незворотних змін клімату вже у найближчі десятиліття, що матиме вплив як на умови ведення господарської діяльності, так і на якість середовища для проживання місцевого населення: збільшення кількості днів зі спекою (хвилі тепла), що також має місце впродовж кількох останніх десятиліть.

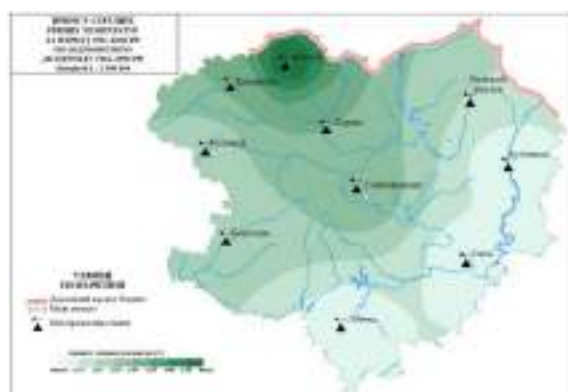


Рис. 2.17. Середні річні температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])

Рис. 2.18. Територіальний розподіл зростання середніх річних температур повітря у Харківській області за період 1991-2020 рр. по відношенню до 1961-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 181])

Характер динаміки *екстремальних значень температур повітря* характеризує не стільки загальний стан температурного режиму території, а можливі межі її змін, адже саме максимальні (мінімальні) значення температури є чуттєвим проявом змін.

За досліджуваний період дані показники мають схожі коливання, що і середні температури в 3-4 роки (рис. 2.19-2.20).

Мінімальні екстремуми у Харківській області оновлюються вкрай рідко. Останні мінімальні значення температур фіксувалися у 1987 році [51], тобто ще до дати початку сучасних змін клімату.

Максимальні температурні показники крім постійного зростання, демонструють нові температурні рекорди. Серед останніх прикладів можна навести аномально тепле літо 2024 року, коли майже на всіх метеостанціях Харківської області фіксувалися оновлення рекордів абсолютних максимумів за всю історію спостережень [52].

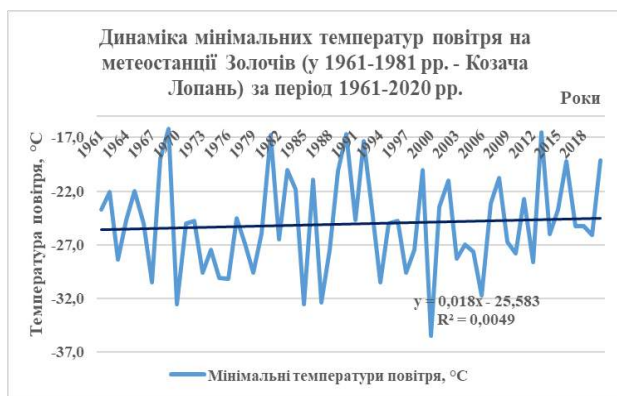


Рис. 2.19. Динаміка мінімальних температур повітря за період 1961-2020 рр. на метеостанції Золочів (у 1961-1981 рр. – Козача Лопань) (за даними [45-52, 156, 170])

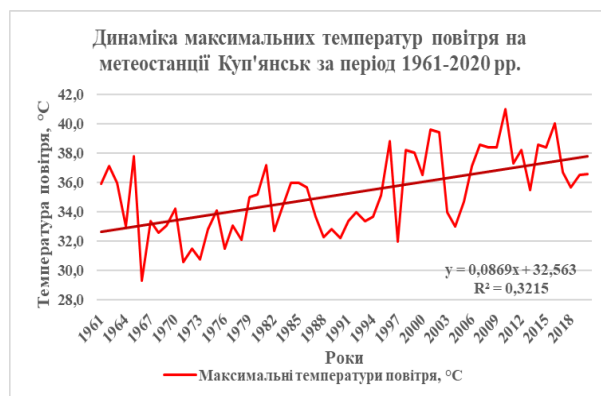


Рис. 2.20. Динаміка максимальних температур повітря за період 1961-2020 рр. на метеостанції Куп'янськ (за даними [45-52, 156, 170])

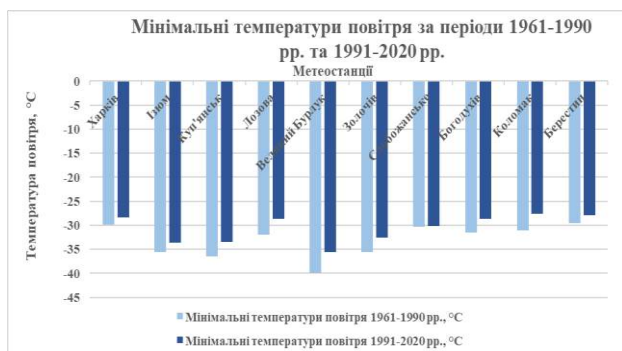


Рис. 2.21. Мінімальні температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])



Рис. 2.22. Максимальні температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Територіальний розподіл температурних екстремумів продемонстрував зростання мінімальних температурних значень у Великому Бурлуці та Золочеві (на $4,5^{\circ}\text{C}$). Найменше зростання (близько $0,3^{\circ}\text{C}$) зафіксоване у метеостанції Слобожанське (рис. 2.21).

Максимальні значення також зросли на досліджуваній території: найбільше у Куп'янську, Великому Бурлуці та Богодухові (на $3,3^{\circ}\text{C}$), а найменше – у Берестині (на $1,8^{\circ}\text{C}$) (рис. 2.22).

Встановлено, що темпи зростання екстремальних температур майже не відрізняються від середніх значень.

Сезонний характер розподілу температурних значень має важливе значення для повноцінної характеристики температурного режиму території, оскільки у більшості наукових публікацій основна увага надається основним сезонам, тоді як перехідні сезони – весна та осінь – майже не досліджуються.

За даними досліджуваних метеостанцій встановлено, що в усі сезони року зберігається стійка тенденція до потепління (рис. 2.23).

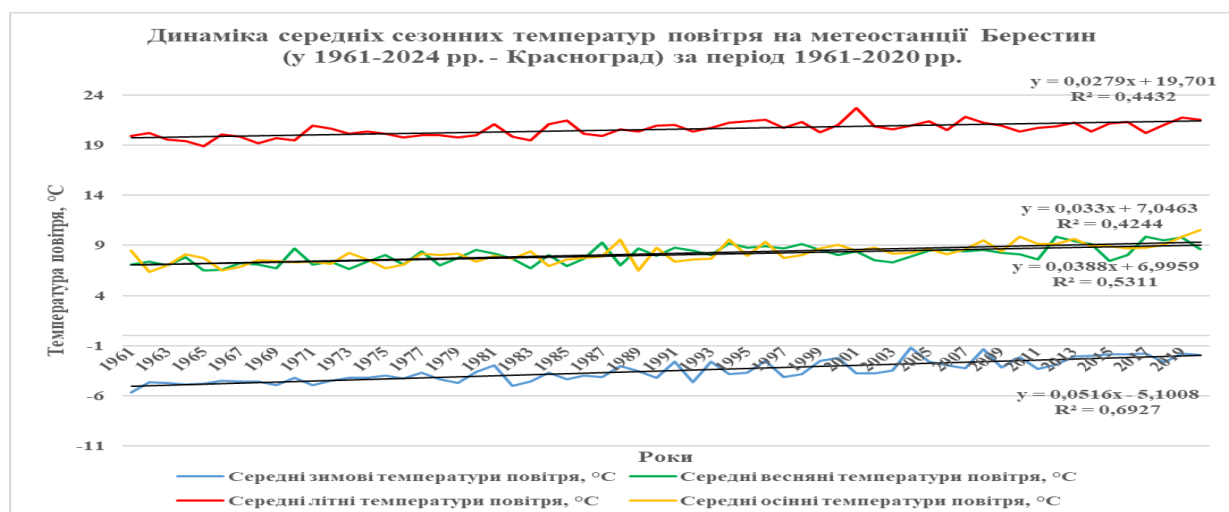


Рис. 2.23. Динаміка середніх сезонних температур повітря на метеостанції Берестин (у 1961-2024 рр. – Красноград) за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Найшвидше зростання фіксується у зимовий період, найменше – влітку та восени. Різниця між темпами приросту є доволі значною: для зими це становить – 0,6-0,9°C на кожні 10 років, а для осені – 0,2-0,3°C за кожні 10 років (рис. 2.24-2.27).

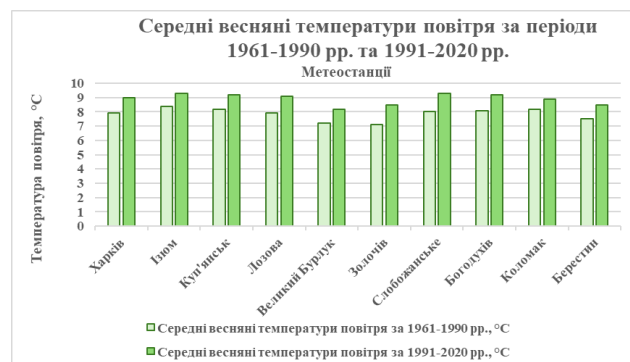


Рис. 2.24. Середні зимові температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Рис. 2.25. Середні весняні температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

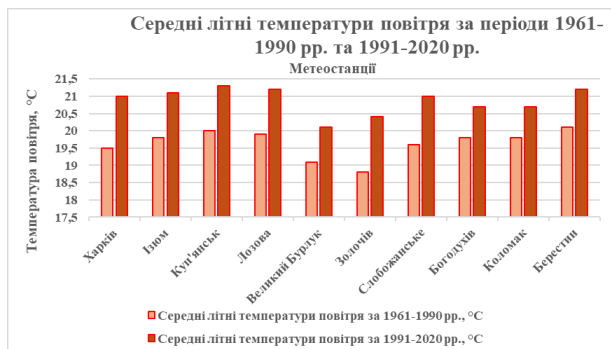


Рис. 2.26. Середні літні температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

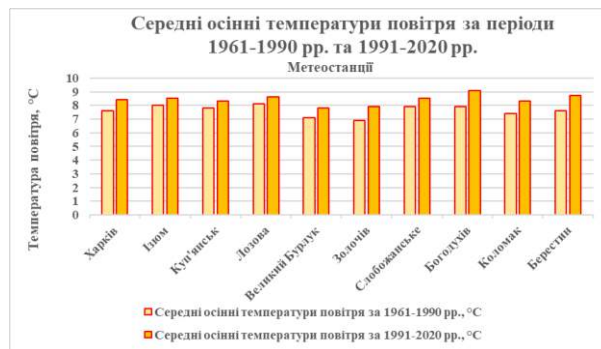


Рис. 2.27. Середні осінні температури повітря за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Аналіз просторового розподілу зростання сезонних температур повітря (рис. 2.24-2.27) показав, що зимові температури зросли найбільше у Золочеві та Великому Бурлуці (на 1,9-2,0°C), а найменше – у Берестині та Лозовій (1,2-1,5°C).

Весняні температури мають максимум приросту у Слобожанському (1,3°C), а мінімум у Коломаку та Ізюмі (0,7-0,9°C).

Літні температури зростають у Харкові та Золочеві більш швидко (1,5-1,6°C). Найменше вони змінилися у Коломаку та Богодухові (0,9°C).

Осінні значення температури повітря в цілому мають найповільніший темп підвищення. Найбільше вони змінилися у Берестині (на 1,2°C), найменше у Ізюмі, Куп'янську та Лозовій (на 0,5°C).

Таким чином, просторовий розподіл сезонних температурних коливань є неомогенним: відображає вплив ряду мікрокліматичних чинників укупі із роллю континентальності клімату, особливостей забудови, наявності чи відсутності великих промислових об'єктів та об'єктів гідрографії, які опосередковано регулюють локальний температурний режим на пунктах моніторингу.

Аналіз динаміки температурних показників проводився на співставленні значень осереднених температурних показників за два багаторічні періоди – 1961-1990 та 1991-2020 рр. Він використаний для побудови прогнозної моделі, але вагомим недоліком даного способу є те, що він вказує лише на загальні об'єми зміни статистичних величин.

Для проведення більш зваженого аналізу, виділення лінії трендів і головне – розуміння *швидкості змін клімату* на досліджуваній території, – був використаний метод *комплексної лінійної регресії* як додатковий засіб оцінки кліматичної динаміки і як математична основа для термічного блоку оцінки екологічної динаміки показників.

Цей метод заснований на побудові лінійного тренду і обрахуванні рівняння функції такої лінії. Далі завдяки константі, яка визначається для цього рівняння можливо визначити, якою є швидкість зміни температури повітря. У даному випадку був обраний період 10 років, і для кожного зі температурних показників була обрахована швидкість зміни (рис. 2.28-2.29).

Для більш наочного представлення і порівняння результатів застосування комплексної лінійної регресії із зіставленням багаторічних періодів були побудовані діаграми, які відображають темпи кліматичного потепління (рис. 2.28-2.30). Для демонстрації того, наскільки наявні зміни клімату співвідносяться із межами, закладеними Паризькою угодою, до кожної з діаграм додається червона лінія, яка демонструє гранично допустимий приріст температур повітря ($1,5^{\circ}\text{C}$).

Загалом, застосування даної методики показало, що при такому підході температурний приріст на території Харківської області ще більший. Так, середні температури повітря у *січні* (рис. 2.28) зросли найбільше у Золочеві та Слобожанському (на $5,2-5,6^{\circ}\text{C}$), найменше – у Богодухові, Коломаку та Берестині (на $3,2-3,4^{\circ}\text{C}$).

Температури *липня* (рис. 2.29) найбільше зросли у Харкові та Слобожанському (на $2,6-2,7^{\circ}\text{C}$), а найменше у Великому Бурлуці (на $2,0^{\circ}\text{C}$).

Тобто навіть найменші значення приросту набагато перевищують максимально допустимі значення згідно із Паризькими угодами.

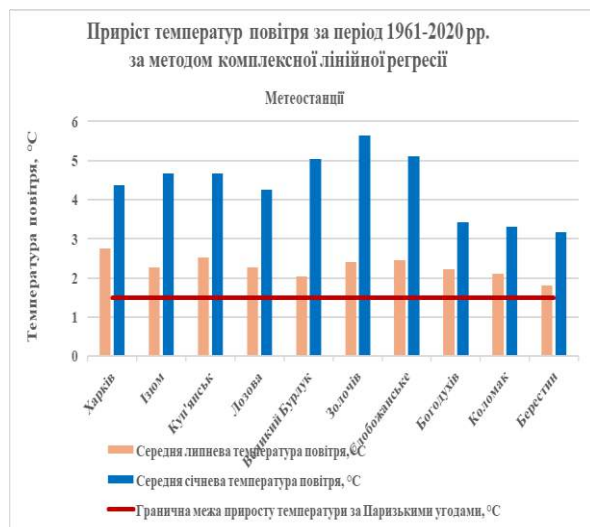


Рис. 2.28. Приріст температур повітря у січні та липні за період 1961-2020 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

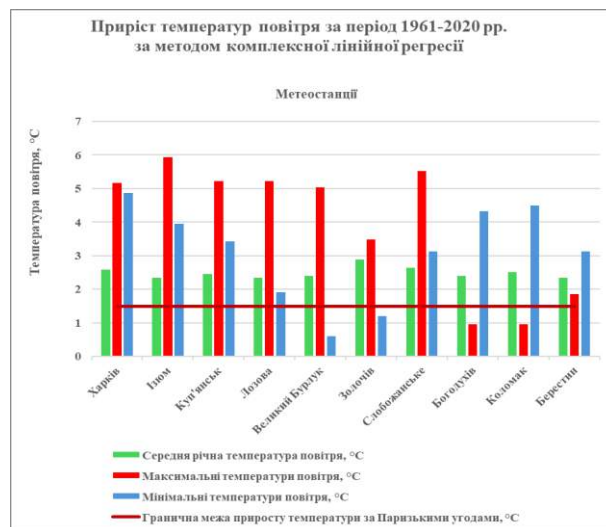


Рис. 2.29. Приріст середніх річних, мінімальних та максимальних температур повітря за період 1961-2020 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

Аналіз зміни *середніх річних та екстремальних температур повітря* показав, що майже всі показники перевищують межі зростання, прийняті Паризькими угодами. Лише усереднені мінімальні температури у Великому Бурлуці та Золочеві, а також максимальні температури у Богодухові та Коломаку мають значення приросту, менші за $1,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.29).

Сезонні температури повітря також зросли від $1,5$ до $3,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.30). Лише осінні температури повітря зросли менше, ніж на $1,5^{\circ}\text{C}$ на метеостанціях Харків, Ізюм, Куп'янськ, Лозова та Великий Бурлук. Характер співвідношення темпів приросту між різними кліматичними сезонами в цілому співпадає із результатами методики співставлення багаторічних періодів, проте абсолютні значення приросту у цьому випадку є вищими.

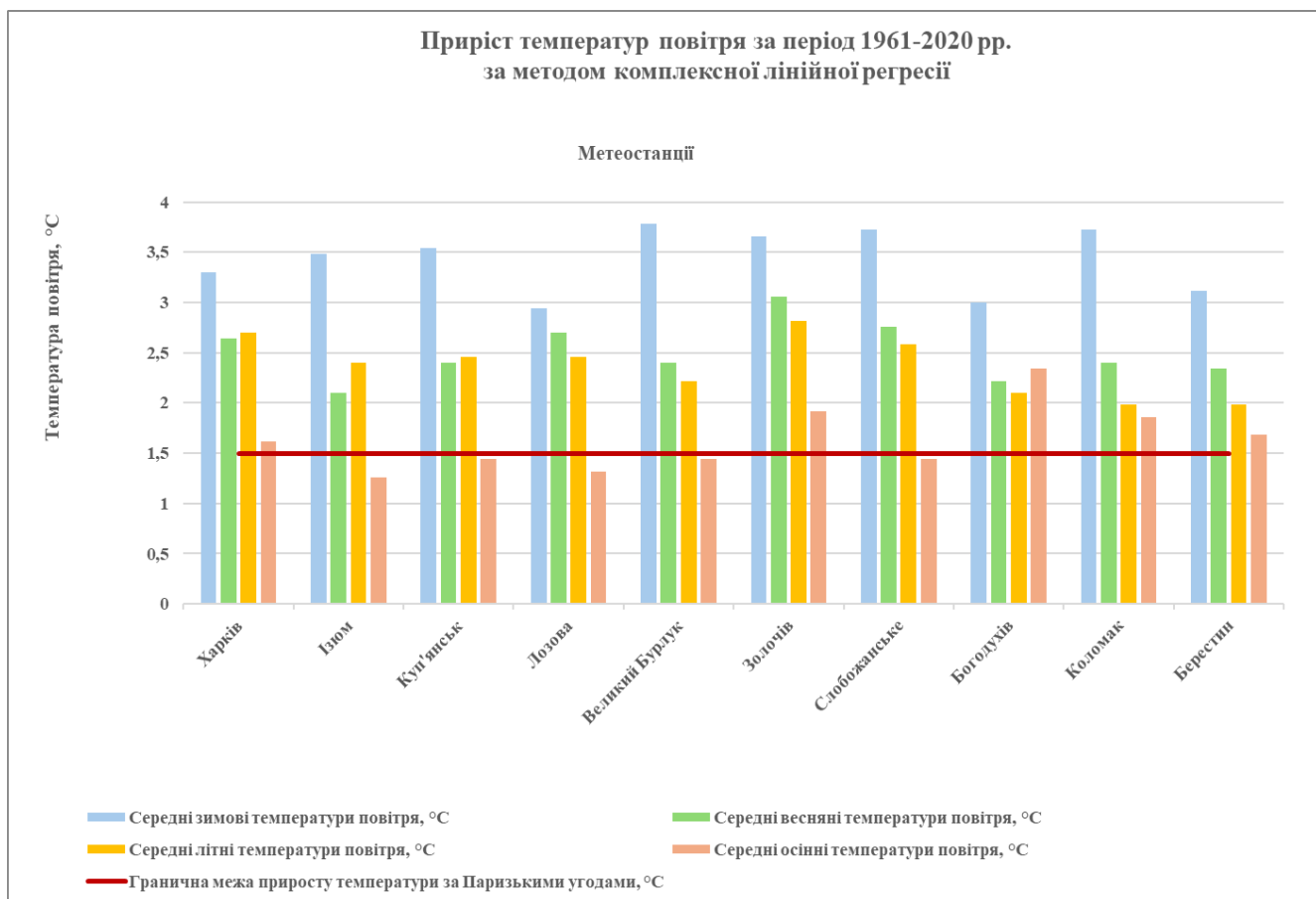


Рис. 2.30. Приріст сезонних температур повітря за період 1961-2020 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

Створення серії картографічних творів ілюструє характер сучасних змін температурного режиму на території Харківської області та демонструє п'ятирічні осереднені показники температури повітря у січні (рис. 2.31), липні (рис. 2.32) та середні за рік (Додаток Б), що доводять просторову і часову варіативність показників, які необхідно враховувати як при аналізі сучасної кліматичної динаміки, так і при створенні прогнозних сценаріїв.

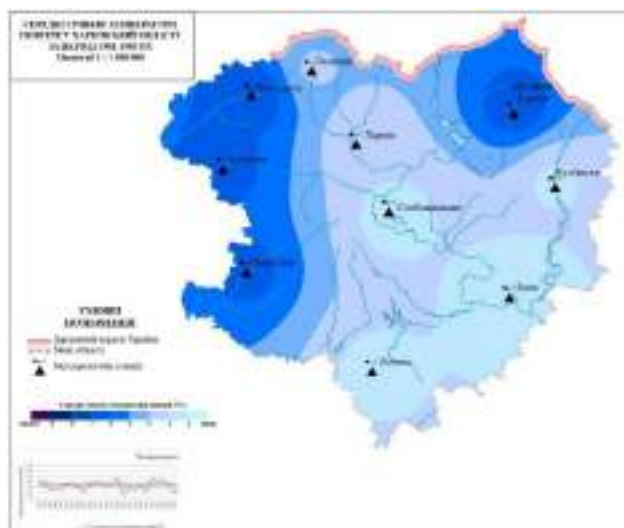


Рис. 2.31. Середні температури повітря у січні на території Харківської області за період 1981-1985 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

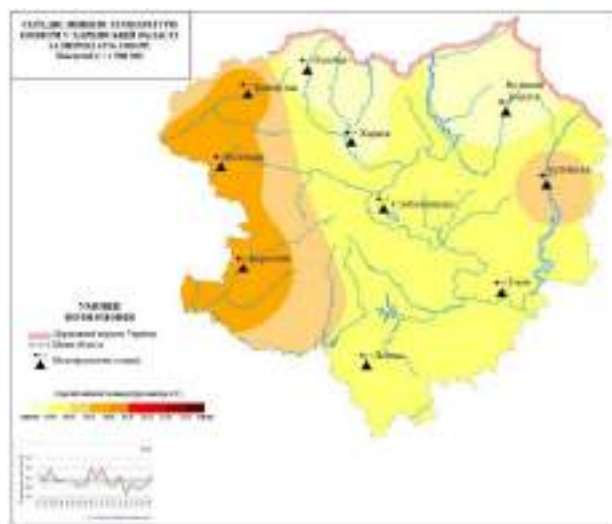


Рис. 2.32. Середні температури повітря у липні на території Харківської області за період 1976-1980 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Таким чином, дослідження динаміки температурного режиму Харківської області підтвердило загальну тенденцію зростання температурних показників. Методика співставлення фактичних значень кліматичних показників за два багаторічні періоди (1961-1990 та 1991-2020 рр.) дозволила встановити темпи зміни січневих (липневих) температур. Серед сезонних коливань найменші відхилення фіксуються для осіннього періоду.

Методика комплексної лінійної регресії підтвердила отримані тенденції змін, проте її значення, які базуються на швидкості зміни температур повітря за десятирічний період показали вищі темпи приросту. Отримані результати перевищують допустимі норми, прийняті в рамках Паризької угоди, та відносять досліджувану територію до категорії високого ризику настання незворотних змін кліматичних умов і функціонування природно-територіальних комплексів.

2.2.4. Сучасний режим зволоження на території Харківської області.

Режим зволоження на території досліджуваного регіону має значення не лише як складова кліматичної системи, а також як вагомий чинник регулювання об'єму

річкового стоку та джерело живлення поверхневих, підземних вод, які становлять основу водопостачання промислової та побутової інфраструктури.

Разом із температурними показниками, режим зволоження ілюструють мінливість та потребує подальшого вивчення для встановлення майбутніх тенденцій та прогностичних сценаріїв.

Атмосферні опади визначаються такими факторами, як наявність вологи в атмосфері у певний момент часу, характер вітрового режиму та пануючих центрів дії атмосфери (циклонів та антициклонів) разом із перехідними зонами, які у науковій літературі називаються «атмосферними фронтами» [37].

Внутрішньорічний характер випадіння атмосферних опадів у даному дослідженні вивчається на основі місячних сум, осереднених за період 1991-2020 рр. [182].

Представлений розподіл опадів (рис. 2.33) демонструє нерівномірний характер випадіння кількості опадів впродовж року та відповідає помірно-континентальній області помірного поясу для Північної півкулі. Визначено, що максимальна кількість опадів припадає на літній сезон (червень та подекуди липень), коли над територією всієї Харківської області панує західне перенесення повітряних мас, спричинене циклональною діяльністю у Північній Атлантиці.

Внаслідок означених процесів перша декада червня характеризується особливо рясними дощами, які впродовж останніх років все частіше носять зливовий характер. Це є однією із багатьох рис зміни циркуляційних процесів через коливання баричних утворень.

Друга половина літа, починаючи з другої декади липня по всій території області, окрім північно-західної частини, є більш посушливою.

Тенденції останніх років вказують на тривалі посухи, що можуть продовжуватися до 5-6 тижнів. Цей процес має негативний вплив на сільське господарство та умови проживання населення.

Верхні водні горизонти дуже залежать від кількості надходження атмосферних опадів, оскільки знаходяться у першому поясі водної інфільтрації,

і хоча їх питні якості не завжди відповідають встановленим стандартам, у побутовому господарстві в сільській місцевості все ще поширені колодязі, глибина яких сягає всього кілька метрів. Як наслідок, через посухи вода звідти може зникати.



Рис. 2.33. Річна динаміка атмосферних опадів на метеостанції Куп'янськ за період 1991-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Восени кількість опадів зростає, особливо з другої половини вересня, і досягає другого періоду максимуму у грудні та січні, коли зазвичай опади мали переходити у твердий стан, утворюючи стабільний сніговий покрив.

Через стрімке зростання температурних показників на досліджуваній території, опади майже впродовж всього року випадають у вигляді дощу.

Сніговий покрив характеризується нестійкістю: максимум триває кілька днів (тижнів). Це має негативний вплив на теплофізичні властивості ґрунтового покриву, адже сніг захищав від промерзання. Характерними стали ожеледі на полях, коли земля вкривається тонкою льодяною кіркою, що порушує процес ґрунтової аерації і збіднює ґрунти.

У весняний період характерним є панування арктичних повітряних мас у березні, що приносять суху і холодну погоду, а тому опадів випадає відносно мало (35-40 мм). У квітні характер повітряного переносу є нестабільним, але все

частіше вплив має саме західне перенесення: зростає кількість опадів. У травні опадів стає більше, частіше проходять холодні атмосферні фронти, що супроводжуються зливами, грозами та іноді градом.

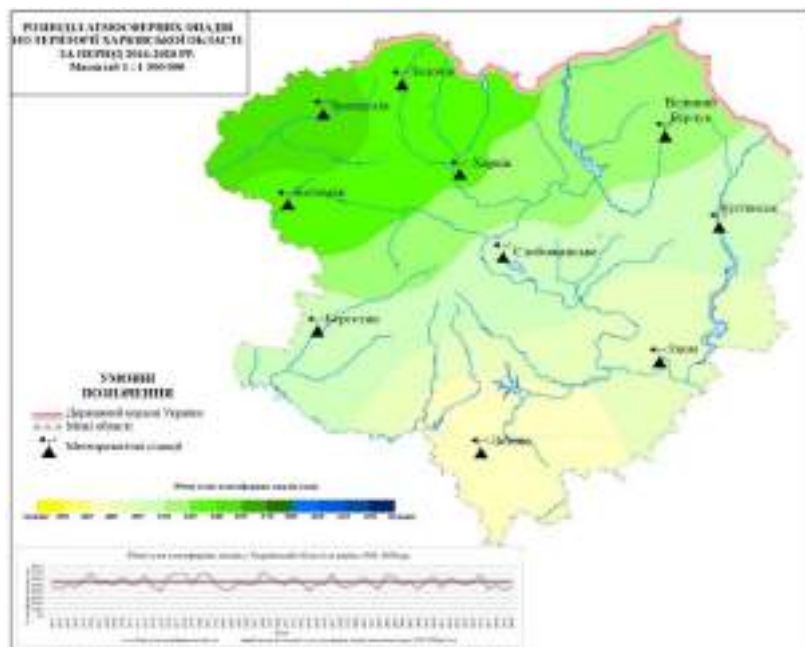


Рис. 2.34. Територіальний розподіл атмосферних опадів у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Територіальний розподіл (рис. 2.34, де представлена карта кількості опадів за останній п'ятирічний період довоєнного часу) чітко демонструє вплив континентальності клімату на характер зволоження території.

Континентальність на досліджуваній території зростає на південний схід: найбільша кількість опадів (540 мм/рік і вище) припадає на район Богодухова, а мінімальні показники є характерними для Куп'янська, Ізюма та Лозової (480-510 мм/рік).

Таким чином, режим зволоження на території Харківської області має наступні особливості: максимальні значення відмічаються на початку літа та всередині зими, а мінімальні – у серпні та березні. Зростає кількість днів із посухою, що є вкрай загрозливим для ґрунтового покриву і створює проблеми із водозабезпеченням господарства і населення.

2.2.5. *Багаторічна динаміка режиму зволоження регіону.* Характеристика сучасного режиму вологості у Харківській області показала наскільки, реальний характер цього показника відрізняється від класичних уявлень щодо кліматичної характеристики, яка є популярною у науковій та освітній літературі. Тож доцільними є не лише актуалізація відомостей про сучасний стан випадіння атмосферних опадів, а й визначення тенденцій, які намітилися у кількості опадів за період 1961-2020 рр.

Переважаючою тенденцією було визначене зменшення кількості опадів на більшості метеостанцій області, що свідчить про перехід до більш посушливого режиму зволоження.

Мінливість кількості опадів має періоди коливання, які становлять 3-4 роки. Впродовж 60-річного періоду кількість опадів неодноразово мала тенденцію до зростання. Наприклад, майже на всіх метеостанціях області впродовж кінця 1970-х-початку 1980-х рр. помітним було збільшення кількості опадів (рис. 2.35). При цьому воно частково перетинається із незначним похолоданням, яке припало на цей часовий проміжок.

Приблизно з кінця 1980-х рр. на більшості пунктів спостереження тенденція починає змінюватися на стрімке зменшення кількості атмосферних опадів (рис. 2.35), яке у кінці 2000-х – на початку 2010-х досягло свого мінімуму.

Територіальний характер зміни кількості атмосферних опадів демонструє неоднорідну тенденцію: для більшої частини області характерним є зменшення кількості опадів. Найбільші темпи фіксуються на метеостанціях Великий Бурлук, Коломак та Богодухів (до 60 мм). Більша частина території області втратила до 20 мм опадів.

На метеостанціях Куп'янськ та Слобожанське помітна тенденція до зростання кількості опадів, і якщо у першому пункті різниця близька до нуля, то у Слобожанському приріст склав більше 40 мм (рис. 2.36-2.37).

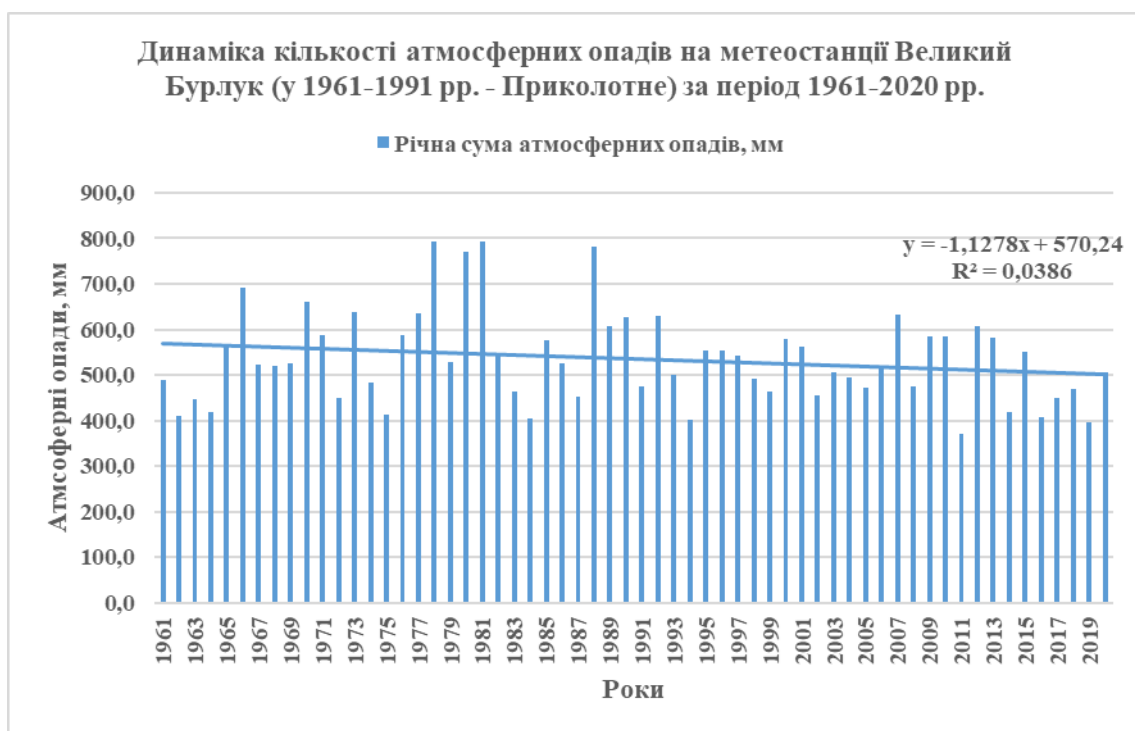


Рис. 2.35. Динаміка кількості атмосферних опадів на метеостанції Великий Бурлук (у 1961-1991 р. – Приколотне) за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52])

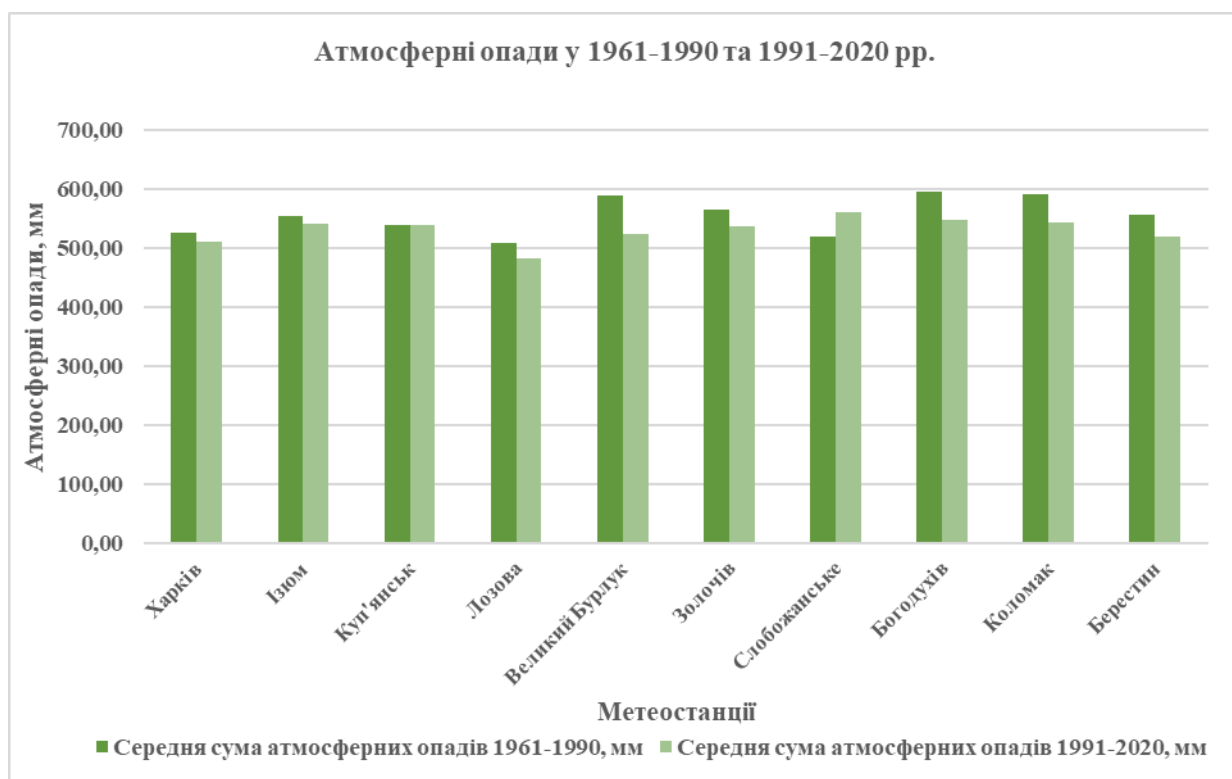


Рис. 2.36. Середні річні суми атмосферних опадів за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. на території Харківської області (за даними [45-52, 156, 170])

Серед можливих причин неоднорідності режиму зволоження досліджуваної території є зміна атмосферної циркуляції. У зимовий період все більша територія охоплюється західним перенесенням, яке сприяє потеплінню взимку.

Території, що знаходяться південніше «вісі Воєйкова», отримували незначні кількості атмосферних опадів у зимовий період через панування антициклональних повітряних мас східних румбів. На сучасному етапі, через знаходження західних повітряних мас, режим зволоження на південному сході області має тенденцію до зростання показників кількості опадів.

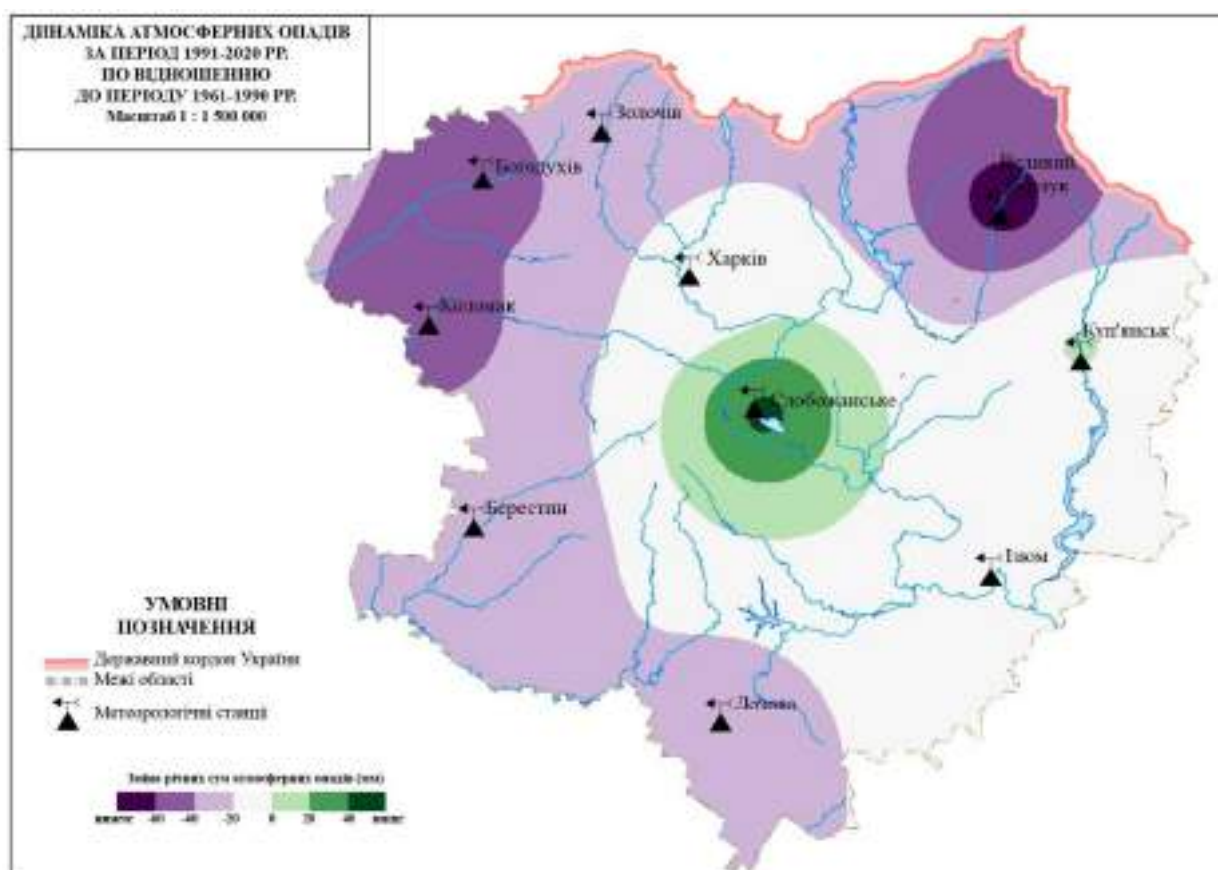


Рис. 2.37. Територіальний розподіл зміни сум атмосферних опадів за період 1991-2020 рр. по відношенню до періоду 1961-1990 рр. (за даними [45-52, 156])

Таким чином, дослідження динаміки кількості атмосферних опадів у Харківській області показало, що впродовж періоду 1961-2020 рр. цей показник відзначався коливаннями із періодичністю 3-4 роки, що співпадає із

температурними показниками. Також за цей період зафіксовані тенденції до зниження кількості опадів впродовж основного часу, але за 1975-1985 рр. було помітне зростання показників вологості регіону. Намітилася стійка тенденція до зниження річних сум опадів на досліджуваній території. Подібна неоднорідність у змінах проявляється і в територіальному аспекті, оскільки на метеостанціях Слобожанське та Куп'янськ зафіксоване зростання кількості опадів, тоді як для більшої частини області характерне їх зниження із максимальними темпами в районі Великого Бурлука, Богодухова та Коломака.

2.2.6. Ретроспектива і сучасний стан вітрового режиму Харківської області. Характер перенесення повітряних мас має вагомий вплив на формування як температурного режиму, так і режиму зволоження на досліджуваній території. З усіх показників, що характеризують стан нижнього шару атмосфери, вітер є найменш стійким і закономірним.

Центри дії атмосфери впливають на територію Харківської області: у зимовий період це переважно *Азіатський (Сибірський) максимум*, який приносить холодну і морозну погоду. Трохи меншу роль відіграє Арктичний максимум, роль якого досягає піку у першій половині березня. Серед циклонів, що приносять вологу і відносно теплу погоду у зимовий період виділяються *Чорноморська та Середземноморська депресії* та більш потужний *Ісландський мінімум*.

Крім того, у холодну пору року на території Харківської області активізується дія так званої «*вісі Воєйкова*» - поясу високого атмосферного тиску, який є відрогом Сибірського антициклону і простягається з Центральної Азії до Піренейського півострова [167]. Раніше ця вісь не впливала на досліджуваний регіон і проходила по лінії Луганськ-Дніпро-Балта. Проте за сучасними оцінками [167], вона перемістилася на північ, і зараз її проводять по лінії Харків-Полтава-Кропивницький-Балта. Так, в зимовий період на південь від даної вісі

переважають сухі та холодні вітри східних румбів, а на північ від неї – вітри західних румбів, що приносять відлигу.

В літній період на територію Харківської області чинять вплив переважно західні повітряні маси через дію Ісландського мінімуму, що особливо проявляється у червні, коли спостерігається максимум атмосферних опадів. У другій половині літа західні маси приносять іншу погоду, оскільки часто на неї впливає Азорський максимум, який приносить сухі та жаркі повітряні маси. В цей час для досліджуваної території характерними стають тривалі посухи. Протягом останніх років також стала фіксуватися дія антициклонів з Північної Африки, які приносять спеку та навіть пилові бурі [186].

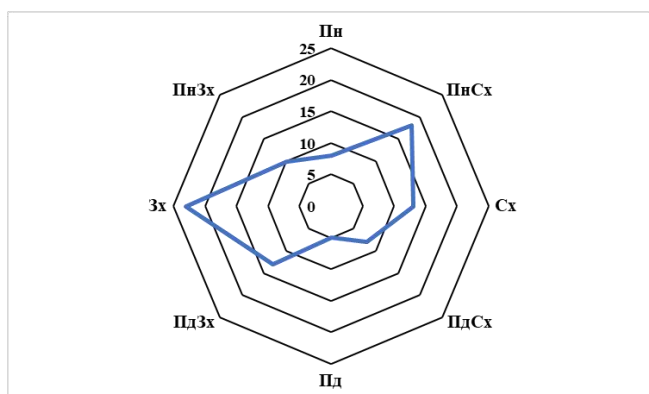


Рис. 2.38.а

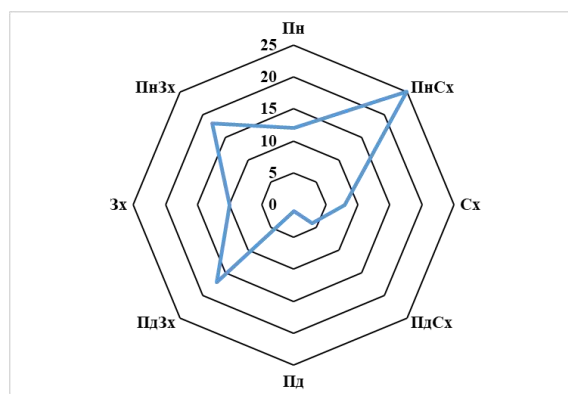


Рис. 2.38.б

Рис. 2.38. Роза вітрів метеостанцій Слобожанське: а) період 1961-1990, б) 1991-2020 рр. (за даними [45-52])

Характер розподілу вітрів за напрямками за даними метеостанцій у Харківській області не має чітко визначеної тенденції і дуже відрізняється, як у територіальному, так і у часовому вимірі (рис. 2.38). Так, в цілому переважаючими на більшій частині області є вітри західних румбів, але у південно-східній частині в зимовий період частка східних вітрів помітно зростає.

Таким чином, характер вітрового режиму Харківської області має сезонні особливості, що впливають на температурно-вологісний режим території.

2.3. Внутрішньорічні та багаторічні зміни режиму водних об'єктів Харківської області

2.3.1. Сучасний температурний режим водотоків і водойм регіону визначається температурним режимом повітря, властивостями донного покриву річок та водосховищ, швидкістю течії та конфігурацією самого водного об'єкту.

Перший фактор має визначальну роль, оскільки завдяки дифузійним процесам та теплообміну водні об'єкти та нижній шар атмосфери знаходяться у безперервній взаємодії, проте вода через свої теплофізичні властивості, зокрема надзвичайно високий показник теплоємності (4200 Дж/л·°C) змінює свій тепловий стан повільніше за повітря.

Другий фактор визначає характер альbedo водної поверхні, адже сама по собі вода як речовина не має ні кольору, ні запаху, а лише колірність, яка їй надається завдяки кольору донних відкладів та за рахунок мікроорганізмів, що знаходяться у водній товщі.

Швидкість течії водного об'єкту має вплив на швидкість засвоєння сонячної енергії. Річки у гірській місцевості із бурхливою течією прогриваються значно повільніше, тоді як плавні рівнинні річки, а саме такі знаходяться на досліджуваній території, прогриваються швидше.

Конфігурація водного об'єкту (площа водного дзеркала) також має вплив на особливості теплосвоєння. У фізиці прийнято вважати, що чим більшою є площа поверхні, тим швидше вона реагує на зміни у тепловому стані навколишнього середовища. Де чітко проявляється на прикладі річок та водосховищ. Річки влітку мають трохи нижчу температуру води, ніж прибережні частини водосховищ, проте взимку верхня частина водної товщі водосховищ замерзає і вкривається льодом швидше, тоді як навесні лід першим починає руйнуватися саме на річках.

Сучасний температурний режим доцільно розглядати як показник основних річок, так і найбільших водосховищ, оскільки відіграє важливу роль у регіональній водній системі.

Температурний режим річок Харківської області в цілому є однорідним для всіх пунктів гідрологічного моніторингу для усереднених показників (рис. 2.39). Для характеристики сучасного режиму використовуються дані за період 1991-2020 рр., який є репрезентативним як вагомий статистичний ряд, що відображає вплив сучасної кліматичної норми на тепловий стан водних об'єктів.

Раніше в зимовий період (з початку грудня до першої половини березня) майже всі річки у Харківській області вкривалися льодом, який іноді розкресався, але покрив в цілому лишався більш-менш стабільним. Проте через зростання температурних показників повітря, лід на річках на початку 2000-х рр. перестав формувати стійкий та тривалий льодовий покрив, а з 2010-х рр. з'являлися лише окремі льодові глиби, між якими була відкрита річкова течія.

На сучасному етапі не рідкісним явищем є роки, коли на річках взагалі не утворюється льодостав. При цьому враховуючи цю особливість річок, вимірювання температури повітря за наявності стійкого льодового покриву не проводилися. На сучасному етапі є дані навіть за найхолоднішим місцем року стосовно температурного режиму, але вони мають значення переважно близько до 0°C.

У весняний сезон прогрівання води відбувається доволі повільно на відміну від повітря, що пов'язано з тим, що приблизно половина досліджуваного періоду припадає на той момент, коли на річках ще формувалася льодовий покрив, який стабілізував температуру річкової води під льодом. Проте навіть без льодоставу вода має високу теплоємність, що й пояснює «запізнення» потепління води. У квітні починається різкий процес прогрівання, який триває до червня. За цей час температура води у річках зростає від +3 до 22,5°C.

З кінця червня до першої декади серпня температура води у річках зберігається на постійному рівні із незначним прогріванням в середині липня,

досягаючи значень $+24-25^{\circ}\text{C}$. Не дивлячись на коливальний характер температури повітря із періодичними «стрибками» температури до $+30^{\circ}\text{C}$ і вище, які часто трапляються у літній період, для водних об'єктів такі явища не є характерними, і максимальні значення температур води фіксуються набагато рідше, ніж для повітря.

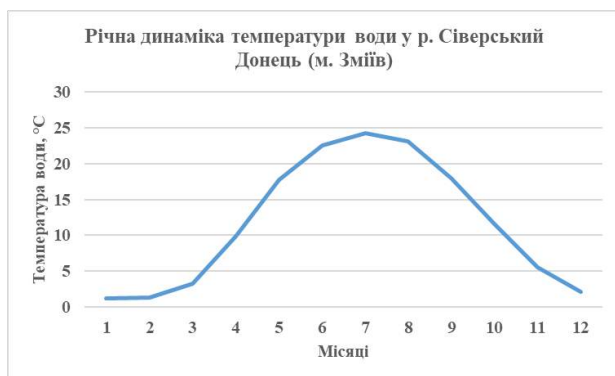


Рис. 2.39.а

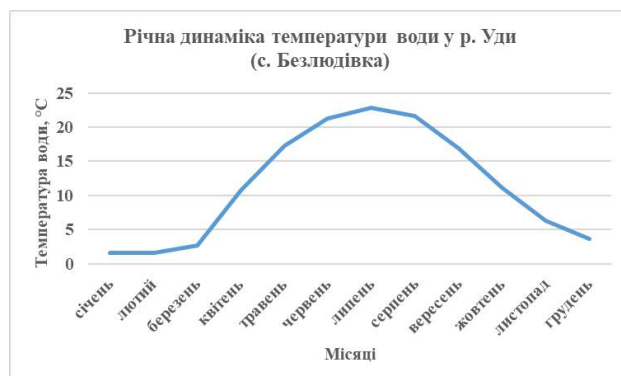


Рис. 2.39.б

Рис. 2.39. Річна динаміка температури води у річках Харківської області за період 1991-2020 рр.: а) на гідропості Зміїв (р. Сіверський Донець), б) на гідропості Безлюдівка (р. Уди) (за даними [12, 19-24])

Восени річкова вода починає стрімко холоднішати, і цей процес починається ще з кінця серпня-початку вересня. Вже у жовтні температура води знижується до $+10^{\circ}\text{C}$ і нижче, а у 1990-тих- на початку 2000-х рр. у листопаді вже починав формуватися тонкий льодовий покрив, який вкривав майже все русло річки у другій-третьій декаді грудня. Проте впродовж останніх років льодовий покрив у грудні не формується майже ніколи, а середні температури води перевищують 0°C і складають $+3-4^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.39).

Температурний режим водосховищ є більш різноманітним, проте враховуючи відсутність великої кількості пунктів спостереження, для даного дослідження були використані дані одного гідропосту на Оскільському водосховищі та одного на Печенізькому водосховищі. Періодично на берегах

водосховищ встановлювалися тимчасові пункти спостереження, але період спостережень на них не є достатньо репрезентативним.

Для дослідження сучасного температурного режиму водосховищ були використані усереднені дані температур води у січні та липні за період 1991-2020 рр.. Враховуючи специфіку водосховищ, доцільною є демонстрація зміни температур із глибиною, для чого були створені візуальні моделі (рис. 2.40-2.41).

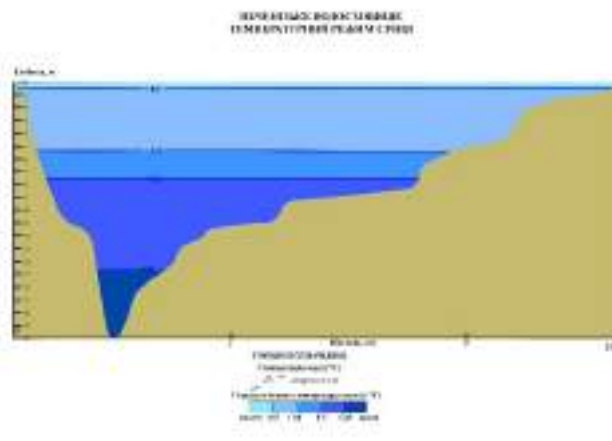


Рис. 2.40.а

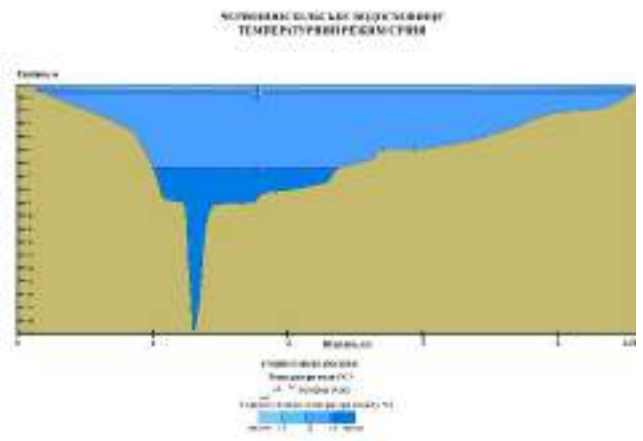


Рис. 2.40.б

Рис. 2.40. Зміни середніх температур води у січні з глибиною за період 1991-2020 рр.: а) у Печенізькому водосховищі, б) у Червонооскільському (Оскільському) водосховищі (за даними [12, 19-24])

Характер розподілу температур води у січні за даними двох найбільших водосховищ Харківської області – Печенізького та Червонооскільського (Оскільського) демонструє специфіку прояву термічної інверсії у водоймах зі значним об'ємом водної товщі. Верхній шар взимку є більш залежним від зими погодинних умов, а тому у січні саме ця частина водойми є найхолоднішою. За побудованими моделями видно, що температури води тут складають $+0,5-1,0^{\circ}\text{C}$. З глибиною температура зростає, оскільки ці шари води менше взаємодіють із нижнім шаром атмосфери, а за умови настання льодоставу процеси дифузії майже повністю припиняються. Тому температурний режим придонних лімнологічних шарів є більш стабільним.

Взимку температури у Печенізькому водосховищі на максимальних глибинах складають $+1,5-2,0^{\circ}\text{C}$, а у Оскільському - $+3^{\circ}\text{C}$. Така різниця у показниках температур пояснюється місцеположенням даних водойм, оскільки Печенізьке водосховище знаходиться північніше, а тому в ньому впродовж року вода в цілому є трохи холоднішою. Глибина водосховищ не має великого значення для температурної різниці між ними, адже вона є майже ідентичною (20 і 19 м відповідно).

Влітку характер розподілу температур води з глибиною змінюється, адже джерелом тепла тепер стає навколишнє середовище. Тому чим ближче до поверхні води, тим вищими є значення температур. У Печенізькому водосховищі (рис. 2.41.а) вода у поверхневому шарі має температуру $+24^{\circ}\text{C}$, а з глибиною її значення опускаються до $+18^{\circ}\text{C}$.

У Оскільському водосховищі температура поверхневого шару така сама, як і у Печенізькому водосховищі, але зміна з глибиною у неї менша, і у придонних шарах температура не опускається нижче, ніж $+22^{\circ}\text{C}$.

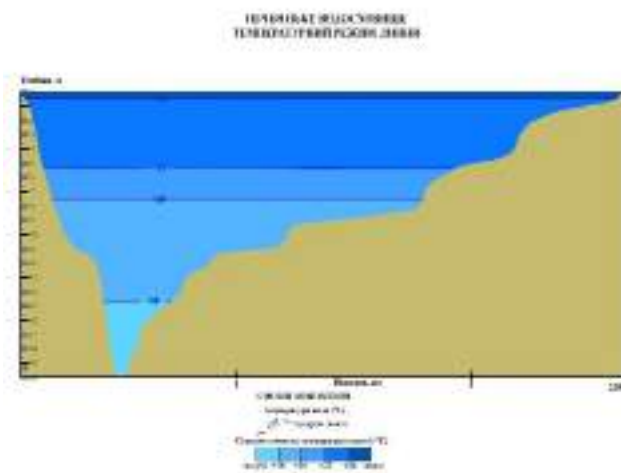


Рис. 2.41.а

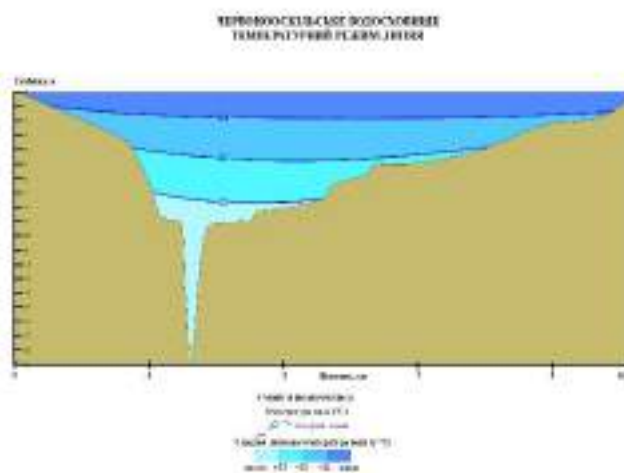


Рис. 2.41.б

Рис. 2.41. Зміни середніх температур води у липні з глибиною за період 1991-2020 рр.: а) у Печенізькому водосховищі, б) у Червонооскільському (Оскільському) водосховищі (за даними [12, 19-24])

Таким чином, характеристика температурного режиму основних річок Харківської області показала, нестійкість настання льодоставу, що дозволяє проводити гідрологічні вимірювання цілорічно, але водночас зміщує баланс у локальній екосистемі. Характер наповнення річок водою у досліджуваній місцевості сильно залежить від весняного водопілля, джерелом якого є талий лід та сніг.

Динаміка температур води у річках впродовж року нагадує динаміку стану повітря, проте через специфічні теплофізичні властивості води, завдяки яким вона прогрівається та охолоджується повільніше за повітря, межі коливання теплового стану води ніколи не перевищують межі для повітря.

Печенізьке та Червонооскільське водосховища є єдиними водоймами у Харківській області, які мають репрезентативний ряд статистичних даних, який показав, що взимку для них характерна температурна інверсія, коли вод з глибиною теплішає, а влітку найтепліша вода знаходиться у поверхневому шарі. Також відзначається, що межі коливання температур води з глибиною є більшими у Печенізького водосховища.

2.3.2. Просторово-часова динаміка температурного режиму поверхневих вод регіону. Одним із прямих наслідків сучасних змін клімату є зміна температурних показників річок у Харківській області. Швидкість динаміки гідрологічних показників є набагато меншою, ніж кліматологічних через теплофізичні властивості води.

Для річок тривалий проміжок часу були відсутні вимірювання температури в зимовий період, оскільки річки були вкриті льодоставом. На сучасному етапі льодові явища майже не фіксуються на гідрологічних об'єктах Харківської області, і вимірювання проводяться впродовж всього року, проте для збереження гомогенності статистичних рядів і дотримання норм обробки даних у даному дослідженні січні температури не використовуються у зв'язку із переривчастістю ряду.

Так само не фіксуються мінімальні температури, оскільки при зменшенні температури води нижче 0°C вона переходить у твердий стан. При цьому осереднені дані за зимовий період обраховані, оскільки за три місяці у статистичних збірниках є можливість зібрати необхідний ряд за 3 зимові місяці.

Для аналізу змін теплового стану води використані дані температур води у липні, за рік, максимальні значення за рік, середні сезонні значення.

Липневі значення температур води майже по всіх гідропостах на території Харківської області мають тенденцію до зростання (рис. 2.42). Характер динаміки носить нестійкий характер, оскільки як і у випадку із кліматологічними показниками, присутні значні температурні коливання із періодичністю у 3-4 роки.



Рис. 2.42. Динаміка середніх температур води у липні на гідропості у с. Огірцеве (р. Сіверський Донець) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24])



Рис. 2.43. Динаміка середніх річних температур води у м. Ізюм (р. Сіверський Донець) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

Для липневих температур поступове зростання фіксувалося на початку досліджуваного періоду до першої половини 1970-х рр., коли почалося незначне охолодження води, що співпадає із кліматичним похолоданням за означений період. Цей процес тривав до середини 1990-х рр. Відзначається настання температурного мінімуму у 1990-ті роки, що пов'язане зі стрімкими процесами деіндустріалізації у регіоні, які спричинили зменшення кількості промислових стоків у річкові русла.

Не дивлячись на це, вже з кінця 1990-х рр. встановлюється чітка тенденція до потепління води, яка триває дотепер (рис. 2.42). Її настання напряму пов'язане із дією змін клімату, проте для показників води характерне запізнення на кілька років, оскільки водні об'єкти адаптуються до змін у навколишньому середовищі довше.

Середні річні температури води (рис. 2.43) мають такі ж тенденції, як і липневі із характерним зниженням у 1970-1990-х рр. із переходом до стійкої тенденції до потепління у другій половині 1990-х – на початку 2000-х рр. Саме цей період характеризується послабленням льодових явищ, що сприяло зростанню статистичного ряду, оскільки січніві температури стали мати додатні значення і завдяки їх зростанню, зростає і усереднений показник за рік.



Рис. 2.43. Динаміка максимальних температур води у с. Безлюдівка (р. Уди) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

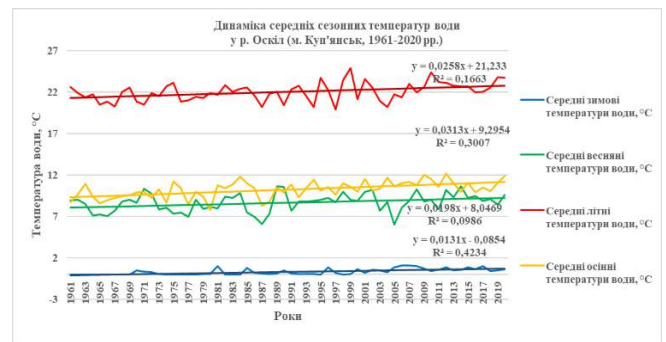


Рис. 2.44. Динаміка сезонних температур води у м. Куп'янськ (р. Оскіл) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

Максимальні температури води відзначаються більш швидкими темпами зростання, навіть з урахуванням того, що це осереднені показники (рис. 2.43). Їх характер відрізняється від інших показників, оскільки в основі вибірки лежать крайні значення температурного режиму води.

Впродовж 1970-1990-х рр. для них характерне незначне зниження на фоні загального похолодання води у річках, яке змінилося тенденцією до потепління. На відміну від вищезазначених показників максимальні температури впродовж

2010-2015 рр. подекуди зменшилися, проте вже у 2017 р. тенденція до зростання їх значень повернулася.

Подібні відмінності спричинені локальними факторами, у тому числі антропогенними, оскільки всі річки Харківської області, для яких існує статистичний матеріал характеризуються значним ступенем зарегульованості, а враховуючи екстремальну математичну сутність максимальних температур, їх тенденційність загалом носить стохастичний характер.

Сезонні температури води слугують істотним доповненням до загальної картини гідротермічної динаміки. Серед проаналізованих показників за період 1961-2020 рр. вдалося встановити, що найшвидше зростання спостерігається для осінніх та весняних температур (0,66 та 0,58°C відповідно).

У територіальному вимірі найбільший приріст фіксується за даними гідропосту у с. Безлюдівка, особливо для літніх та зимових температур води (3,28 та 2,43°C відповідно). На відміну від температурних показників повітря, для води характерними є швидші темпи приросту у перехідні сезони, а не основні. Частково це пов'язано із тим, що перестали фіксуватися льодові явища на річках, які були характерними для останнього місяця осіннього сезону та першого місяця весняного сезону.

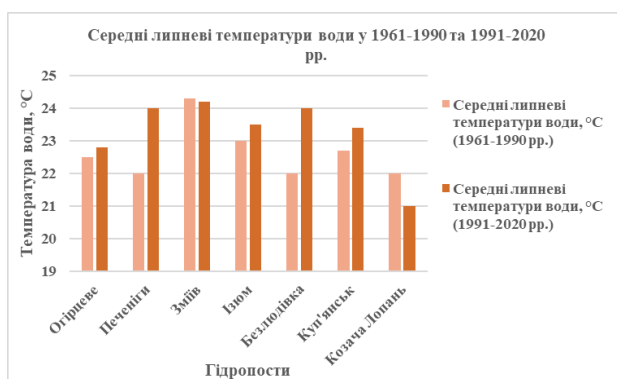


Рис. 2.45. Середні температури води у липні за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

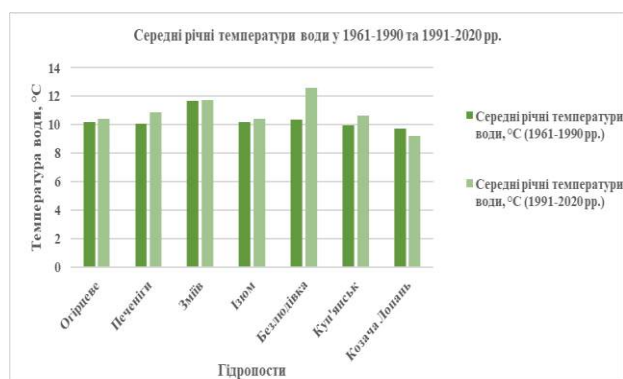


Рис. 2.46. Середні річні температури води за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

Співставлення середніх температур води у липні за період 1961-1990 та 1991-2020 рр. (рис. 2.45) дало змогу оцінити загальний характер змін у тепловому стані води у просторовому аспекті. Найшвидші темпи приросту характерні для гідропосту Безлюдівка (на 2°C), який знаходиться у сильно урбанізованій зоні неподалік від популярного пункту рекреації. Крім того, для нижньої течії річки Уди характерне сумування всіх промислових та побутових скидів, що надходять з Харківської агломерації. Ці скиди, окрім високої концентрації забруднюючих речовин, зазвичай мають вищу температуру, що й спричинило подібний різкий перепад показників. Найнижчі темпи приросту спостерігаються в Ізюмі та с. Огірцеве на річці Сіверський Донець ($0,5$ та $0,3^{\circ}\text{C}$ відповідно). Також на відміну від показників стану повітря, де була визначена спільна тенденція для всіх метеостанцій, у гідрологічних величинах спостерігається неоднорідність у зміщеннях температури. Так, у пункті Козача Лопань температура води загалом знизилася за досліджуваний період. Для липневих температур швидкість зміни склала $-1,0^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.45).

Середні річні температури води мають подібний характер динаміки, найбільше вони зросли у Безлюдівці (на $2,3^{\circ}$), найменше зростання зафіксоване у Змієві, Ізюмі та с. Огірцеве (на $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$). Зниження температури води спостерігається лише за даними Козачої Лопані ($-0,5^{\circ}\text{C}$).

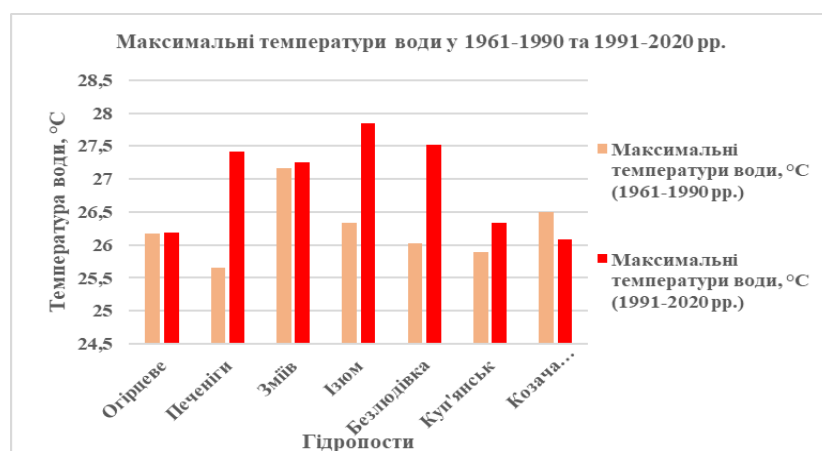


Рис. 2.47. Максимальні температури води за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

Максимальні температури води мають іншу динаміку приросту, і найбільші зміни фіксуються у Печенігах (на $1,75^{\circ}\text{C}$), Ізюмі (на $1,51^{\circ}\text{C}$) та Безлюдівці (на $1,49^{\circ}\text{C}$). У Козачій Лопані вони знизилися на $0,4^{\circ}\text{C}$ (рис. 2.47).

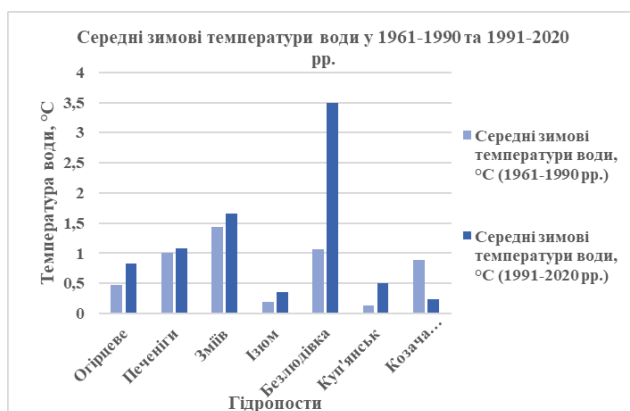


Рис. 2.48.а

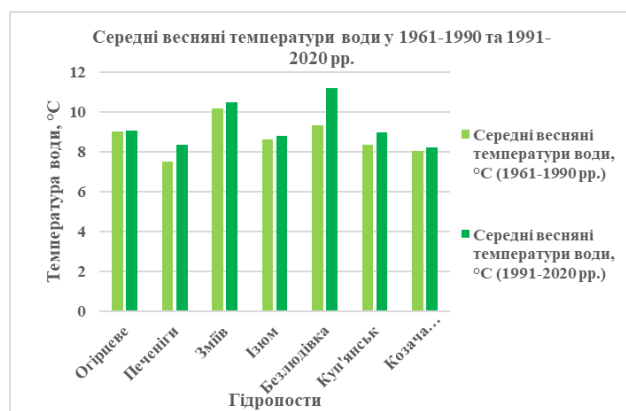


Рис. 2.48.б

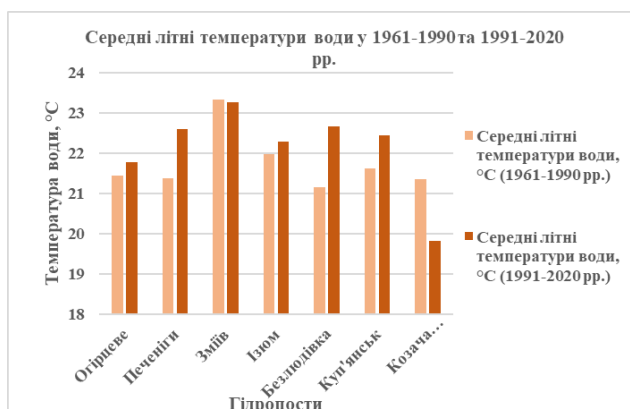


Рис. 2.48.в

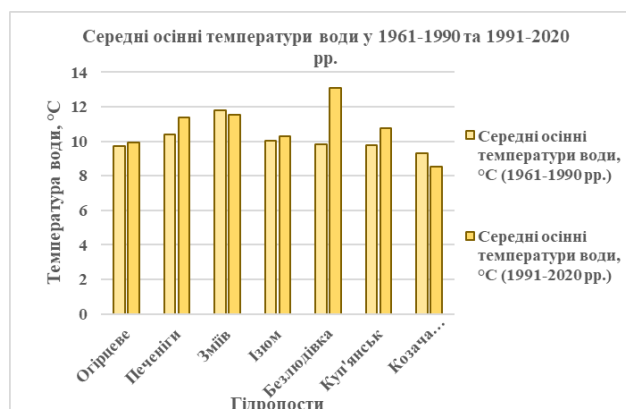


Рис. 2.48.г

Рис. 2.48. Середні сезонні температури води за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24]): а) зимові, б) весняні, в) літні, г) осінні

Розподіл змін сезонних температур води (рис. 2.48) вказує на максимальні темпи приросту весняних та осінніх температур, беручи до уваги осереднені дані. Проте максимальна зміна спостерігається на гідропості Безлюдівка в осінній період ($3,48^{\circ}\text{C}$). Дані Козачої Лопані демонструють тенденцію до зниження температур води взимку, влітку та дуже незначно восени, а у весняний період спостерігається приріст температури на $0,18^{\circ}\text{C}$, що спричинене припиненням проходження льодових явищ.

Випадок Козачої Лопані, яка виділяється особливою тенденцією серед даних інших пунктів гідрологічного моніторингу пояснюється її прикордонним положенням. За даними [30] прикордонні пункти на річках Сіверський Донець, Оскіл та Уди мають більшу концентрацію забруднюючих речовин за досліджуваний період.

Динаміка, яка фіксується за останні роки, свідчить про тривалий процес зменшення промислових викидів, у тому числі тих, що надходили від підприємств у сусідній країні. Такі викиди мали вищу температуру, а припинення їх потрапляння у річку в таких кількостях спричинило поступове зменшення температури води. До того ж, показники с. Огірцеве та м. Куп'янськ, які також знаходяться неподалік від кордону, зросли дуже незначно по відношенню до інших гідропостів, що підтверджує гіпотезу про роль стоків у регулюванні термічного режиму річок Харківської області.

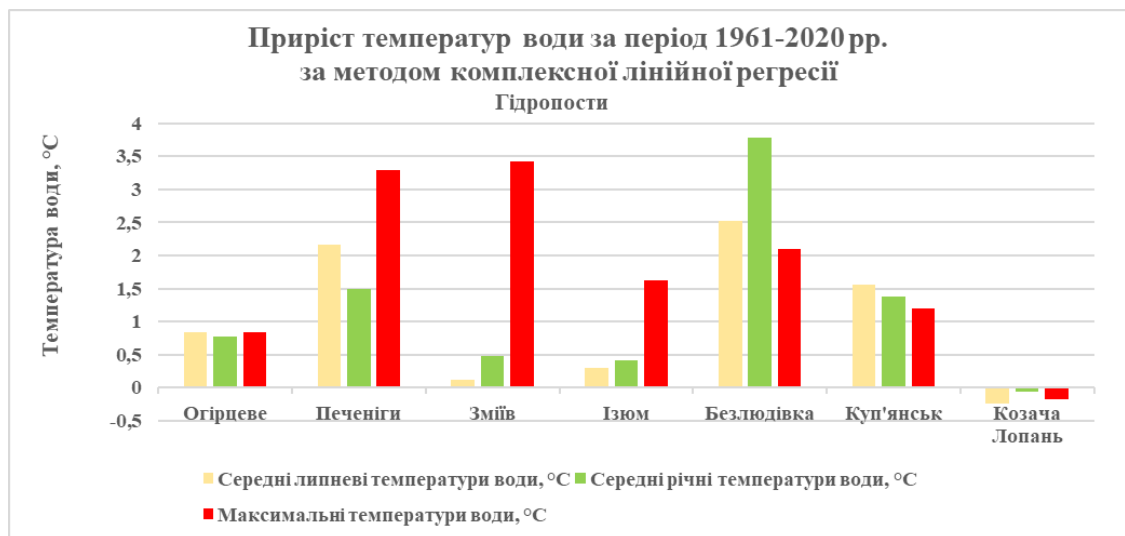


Рис. 2.49. Приріст середніх липневих, річних та максимальних температур води за період 1961-2020 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [12, 19-24])

Застосування методу комплексної лінійної регресії дозволило встановити, що отримані темпи приросту липневих, річних та максимальних температур води в цілому мають ту саму динаміку та тенденції, проте значення зміни показників

є більшими (рис. 2.49). Так, максимальні значення зросли найбільше у Печенігах та Змієві – на 3,28 та 2,9^oC відповідно. Козача Лопань зберігає тенденцію до загального зменшення температури води.

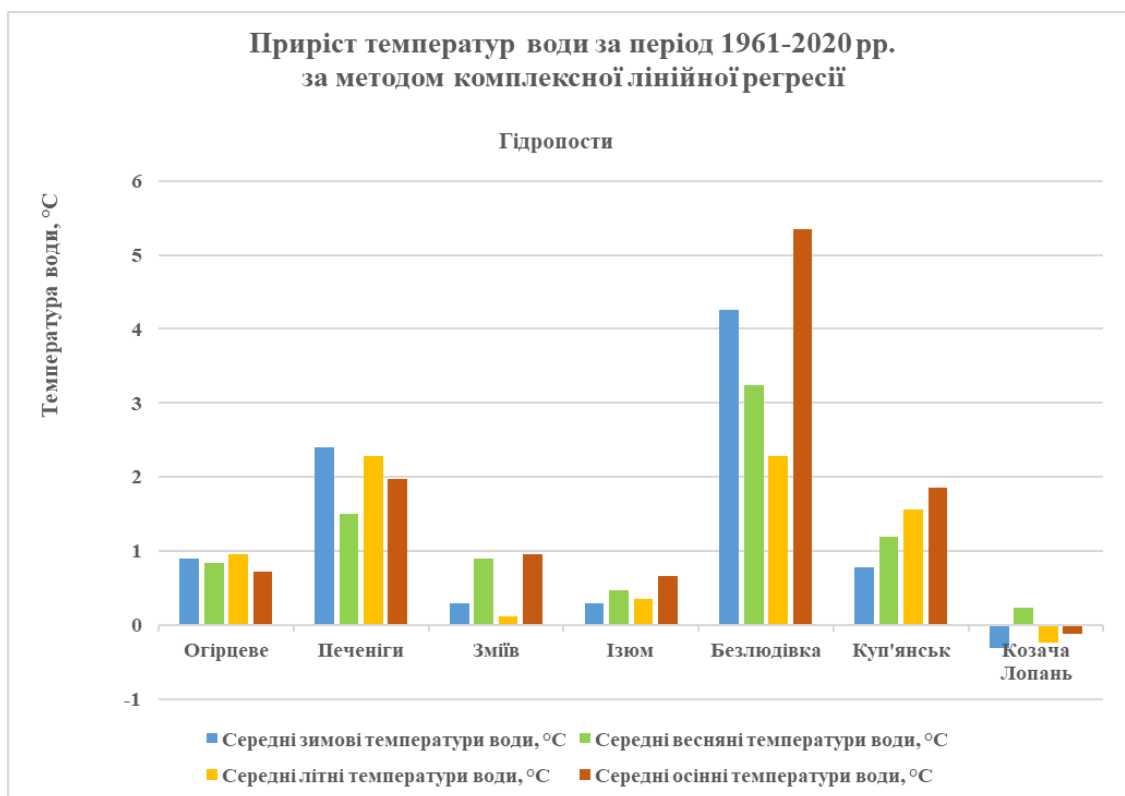


Рис. 2.50. Приріст сезонних температур води за період 1961-2020 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [12, 19-24])

Аналіз зміни сезонних температур води за допомогою комплексної лінійної регресії (рис. 2.50) показав максимальні темпи приросту у Безлюдівці (для зимових температур на 4,3^oC, а для осінніх – 5,3^oC). Найменші зміни відбулися у Змієві та Ізюмі, де температури води зросли на 0,3-1,0^oC. Для Козачої Лопані, крім весняного періоду, зберігається тенденція до зниження показників – на 0,2-0,3^oC за досліджуваний період.

Таким чином, дослідження динаміки температурного режиму поверхневих вод Харківської області показало, що тенденції, визначені для кліматологічних показників цілком корелюють із гідрологічними, проте загальна швидкість потепління води є значно меншою, ніж повітря. Враховуючи загальну тенденцію

по всім іншим гідропостам області до зростання температур води, можна спрогнозувати, що в майбутньому ця тенденція стане характерною для всіх пунктів гідрологічного моніторингу. Значні темпи потепління води зафіксовані у Безлюдівці, де головну роль відіграють не зміни клімату, а роль антропогенного фактору.

2.3.3. Сучасний водний режим об'єктів гідрографічної мережі Харківської області. Харківська область знаходиться на перетині двох великих річкових басейнів – басейну Дону, представленого суббасейном Сіверського Дінця (близько 70% території області) та басейну Дніпра, представленого суббасейнами Ворскли та Орїлі (близько 30% території області).

Всього на досліджуваній території протікає *156 річок*, які мають довжину більше 10 км. Найдовші річки – Сіверський Донець (довжина в межах регіону складає 380 км), Оріль (в межах області її довжина складає 200 км, проте річка протікає чітко по адміністративній межі із Дніпропетровською областю) та Оскіл (в межах області має довжину 177 км) [71].

Лімнологічна складова області включає 36 озер природного походження, найбільшим з яких є озеро Лиман (площею 16 км²), інші озера за розмірами наближені до ставків, яких на досліджуваній території налічується близько 1900 із загальною площею 6 км² [71]. Набагато більшу площу займають штучні водойми, серед яких виділяються *Оскільське* (об'ємом 478 млн м³) та *Печенізьке* (об'ємом 400 млн м³) водосховища, які мають ключове значення у системі водопостачання міста Харкова та його агломерації. Серед інших водосховищ можна також навести *Краснопавлівське*, *Трав'янське* та *Рогозянське* [71]. Впродовж воєнного часу Оскільське водосховище було зруйноване, і на сучасному етапі обговорюється питання щодо можливості його відновлення після завершення активних бойових дій.

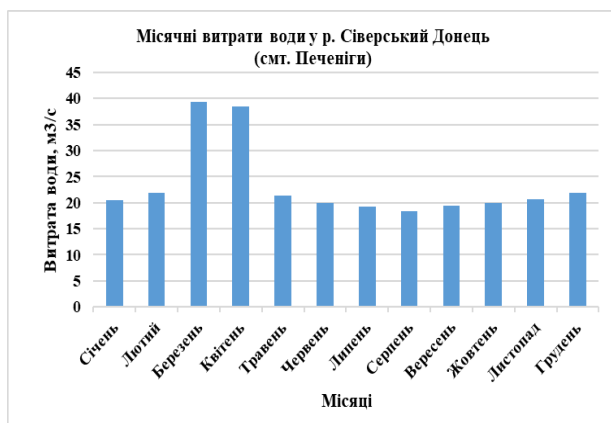


Рис. 2.51. Річна динаміка місячних витрат води у сmt. Печеніги (р. Сіверський Донець) за період 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

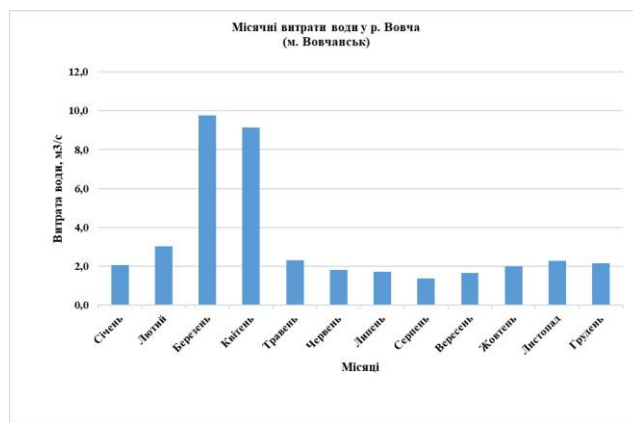


Рис. 2.52. Річна динаміка місячних витрат води м. Вовчанськ (р. Вовча) за період 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

Водний режим річок Харківської області за своїми характеристиками належить до східноєвропейського типу (за класифікацією Зайкова). Аналіз місячних витрат води, усереднених за період нової кліматичної норми (1991-2020 рр.) дозволяє оцінити загальні особливості розподілу водності річок (рис. 2.51-2.52). Типовою для місцевих водотоків є чітко виражена весняна повінь, яка дає в середньому 60-70% річкового стоку. Вона формується з талих снігів та льоду, які накопичилися за зимовий період. За класичними уявленнями щодо географії Харківської області, які зустрічаються у наукових публікаціях [71], скресання льодоставу починається наприкінці лютого-на початку березня. Проте, враховуючи сучасний стан кліматичних умов, які сприяють відсутності льодових явищ на більшості річок області впродовж кількох останніх років, роль талих вод як джерела живлення річки зміниться у найближчому майбутньому.

Проте тривалу частину досліджуваного періоду льодовий покрив утворювався майже на всіх річках Харківської області, що й відобразилося на усереднених показниках. Далі впродовж квітня-початку травня повінь ще триває, підтримуючи річку багатоводною. На початку літа рівень та витрата води у всіх річках починають стрімко знижуватися, досягаючи літньої межени у липні-серпні. У цей час основним джерелом їх живлення стають дощі, які випадають

переважно впродовж травня-червня, а у посушливі місці роль основного постачальника водних ресурсів для річок переходить до підземних вод. На початку вересня, водність річки починає незначно підвищуватися до листопада, що пов'язано зі збільшенням кількості атмосферних опадів, які в цей час знову стають основним джерелом живлення річок. Наприкінці листопада річки починають переходити до зимової межені, і до початку 2010-х рр. на них починали фіксуватися льодові явища. В цей період основним джерелом живлення річок знову є підземні води.

Розглянута модель динаміки витрат води впродовж року відрізняється для великих та малих річок, оскільки малі річки із повільною течією та незначною глибиною мають більш виражену весняну повінь у своєму гідрографі (рис. 2.52), ніж великі річки. Це спричинене тим, що з малих річок випаровування влітку проходить швидше, що ще більше знижує рівень води у період межені.

Помітною особливістю річок Харківської області, особливо великих, є високий ступінь їх *зарегульованості*. В першу чергу, це річки Сіверський Донець та Оскіл, де були створені два великих водосховища. Щоправда, Оскільське водосховище під час бойових дій було знищене, і річка Оскіл знову повернулася до свого природного русла, проте не до природного стану екосистеми, адже тривале перебування долини річки під водами величезного резервуару кардинально змінило характер літологічного покриву і відповідно зараз впливає і на характер рослинності.

На прикладі нижнього б'єфу Печенізького водосховища (рис. 2.51) можна побачити, як антропогенний фактор впливає на характер розподілу водності річки впродовж року. Так, весняна межень все ще чутко виділяється на діаграмі, проте весняна та зимова межені майже відсутні, і витрати води у липні та серпні зменшуються відносно незначно, оскільки вода прокачується через Печенізьку дамбу поступово.

Окрім витрат води, характеристикою, яка дозволяє оцінити загальну водозабезпеченість території є модуль стоку і шару стоку. На території Харківської області модуль стоку коливається в межах 2-4 л/с·км². Максимальні

значення цього показника фіксуються у північних районах області та навколо Харкова. Шар стоку має такий самий характер територіального розподілу, проте його значення змінюються між 60 та 100 мм. Причиною більшої водозабезпеченості півночі області є більша кількість опадів, як твердих, так і у рідкому стані. Для Харкова існує інший фактор. У середині ХХ ст. основні міські річки були штучно «обводнені» за рахунок створення системи водосховищ у верхніх частинах їх русел. Крім того, у Харкові стікаються відразу кілька річок – Харків, Лопань, Уди.

Отже, характеристика особливостей водного режиму річок Харківської області показала, що вони належать до східноєвропейського типу із чітко вираженою весняною повінню, літньою та зимовою меженню. Між малими та великими річками існує різниця у частці весняного стоку до річного, оскільки влітку малі річки швидше втрачають воду через випаровування. Другим фактором, який регулює водність річок, є антропогенний, адже через систему водосховищ на досліджуваній території у частині русла Сіверського Дінця майже не виділяється літня та зимова межени, а частка весняного водопілля набагато менша за річки, що протікають у природному стані.

2.3.4. Багаторічна динаміка водного режиму на території Харківської області. Одним із безпосередніх наслідків змін клімату є його роль у формуванні річкового стоку. Загальна модель такого ефекту полягає в тому, що при зростанні температури повітря більша кількість води може перебувати у газоподібному стані. Відповідно, спостерігається зростання показника випаровуваності з поверхні водних об'єктів. Далі за більшої випаровуваності у атмосферному повітря мало би накопичуватися більше вологи, проте через зростання температури біля поверхні землі, вона зростає і у всій тропосфері. Відповідно, точка роси не досягається, а тому атмосферна волога залишається у вигляді водяної пари. Це спричиняє зменшення кількості атмосферних опадів як у твердому, так і рідкому стані. Оскільки основним джерелом живлення річок та водосховищ на території Харківської області виступають сніг та дощові води,

стрімке зменшення снігового покриву та помітне зниження кількості та тривалості дощів, сприяють зменшенню водності річок.

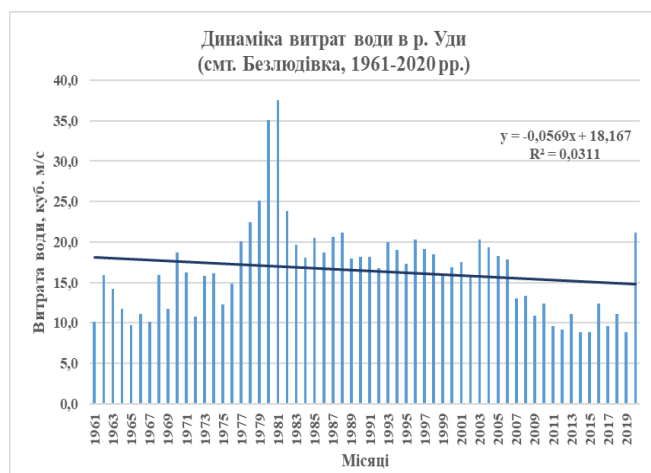


Рис. 2.53.а

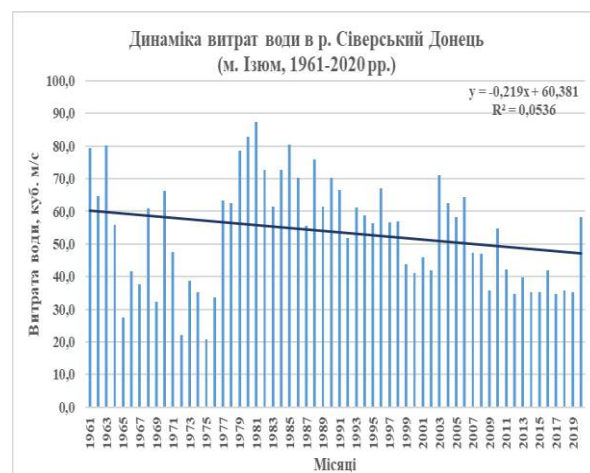


Рис. 2.53.б

Рис. 2.53. Динаміка витрат води за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24]): а) в с. Безлюдівка (р. Уди), б) в м. Ізюм (р. Сіверський Донець)

На досліджуваній території внаслідок означених процесів за даними всіх гідропостів спостерігається зменшення витрат води у річках (рис. 2.53). Часовий характер цієї динаміки є неоднаковим для різних річок і відзначається коливаннями, такими, як і для температурних показників, проте періодичність таких коливань є меншою і складає 1-2 роки. Тому, не дивлячись на визначену загальну тенденцію до зменшення водності річок, впродовж 60-річного періоду дослідження спостерігаються локальні тенденції до зростання об'єму воду в річках. Частка подібних коливань залежить від загального розміру поперечного перерізу русла. Для малих річок (рис. 2.53.а), враховуючи незначні абсолютні обсяги витрат води, для 1970-х рр. характерне зростання майже в 2 рази. Проте і зменшення водності, яке відбувається, починаючи з кінця 1990-х- початку 2000-х рр., для малих річок носить більш критичний характер коливання. Для таких річок як Сіверський Донець (рис. 2.53.б) межі коливання є більшими в абсолютних одиницях, проте по відношенню до загальної водності, відсоткове співвідношення є меншим. Крім того, найбільші річки Харківської області є

значно зарегульованими, а тому зростання витрат води у 1970-1990-х рр. у Сіверському Дінці та Оскілі спричинене не лише зростанням сум атмосферних опадів, яке припало на цей період. Проте на сучасному етапі навіть дві найбільші річки характеризуються стійкою тенденцією до обміління.

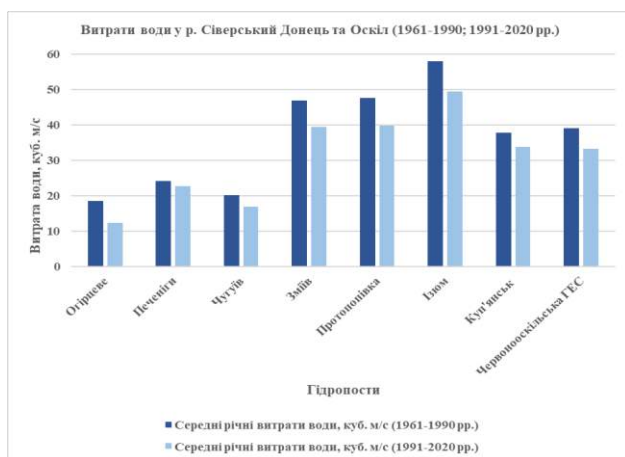


Рис. 2.54.а

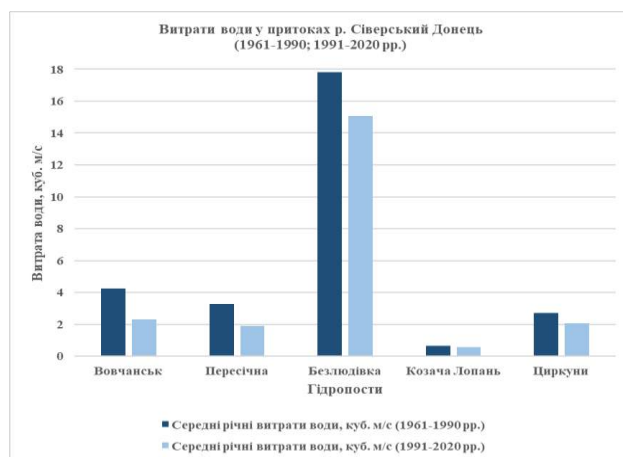


Рис. 2.54.б

Рис. 2.54. Витрати води за періоди 1961-1990 та 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24]): а) в р. Сіверський Донець та Оскіл, б) у притоках р. Сіверський Донець

Територіальний розподіл обміління річок Харківської області представлений окремо для головних річок (рис. 2.54.а) та для приток Сіверського Дінця (рис. 2.54.б).

Русло Сіверського Дінця найшвидше втрачає водність в районі с. Огірцеве (на 33%) у верхній течії річки, а найменше у нижньому б'єфі Печенізького водосховища (6%). Така ситуація спричинена роллю дамби у Печенігах, завдяки якій відбувається регулювання об'єму води, що проходить через поперечний переріз Сіверського Дінця, і яка дозволяє підтримувати більш стабільний водний режим завдяки залученню води із великого резерву водосховища, тоді як та частина русла, яка отримує живлення виключно з природних джерел, у тому числі з інших приток, має темпи обміління у межах 15-17%. У малих річках області, для яких є багаторічні спостереження, темпи зменшення витрат води

найбільші на гідропості у Циркунах (23%), тоді як на інших річках вони складають 13-16%.

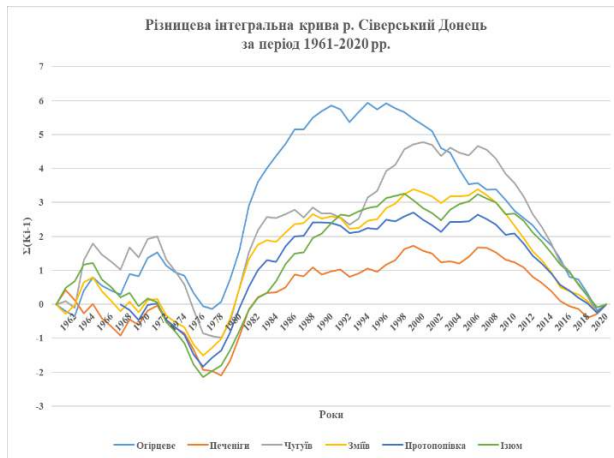


Рис. 2.55.а

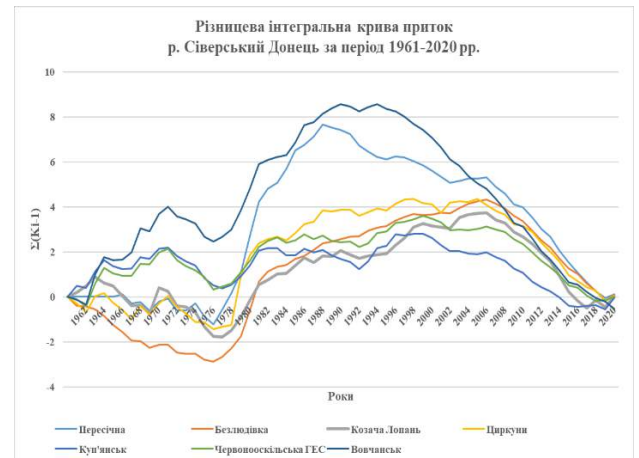


Рис. 2.55.б

Рис. 2.55. Різницєва інтегральна крива за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24]) для: а) р. Сіверський Донець, б) приток р. Сіверський Донець

Більш детальний аналіз гідрологічної динаміки на поверхневих водних об'єктах Харківської області реалізований методом створення *різницевої інтегральної кривої* для р. Сіверський Донець (рис. 2.55.а) та її приток (рис. 2.55.б). Впродовж періоду 1961-2020 рр. виділяється один повний цикл водності і два неповних цикли. За даними кривої (рис. 2.55) підтверджується найбільше відносне зменшення водності на гідропості Огірцеве, яке має найменші значення сумарних витрат води, оскільки живиться лише природними джерелами води і знаходиться у верхній течії Сіверського Дінця. Найменші відносні коливання фіксуються так само у Печенігах, оскільки у цьому пункті антропогенний фактор має максимальне значення.

Циклічність водної динаміки починається з першого неповного циклу, який триває у період 1961-1971 рр. і є умовно багатоводним, оскільки навіть в його межах виділяються два коротких періоди із маловодними роками (1964-1967, 1969-1970 рр.). Наступний маловодний період триває впродовж 1971-1977 рр. (для верхньої течії – 1971-1979 рр.) Далі витрати води переходять до більш

стабільного багатоводного циклу, який триває з кінця 1970-х рр. до 1989-1996 (1999) рр.. На початку XXI ст. (приблизно з 2007 р.) починається чергова маловодна фаза гідрологічного циклу, яка триває майже до кінця досліджуваного періоду (2019-2020 рр.). У верхній течії (в гідропості с. Огірцеве) маловодна фаза настала ще у 1995 р., що демонструє природну швидкість обміління, спричинену змінами клімату, тоді як запізнення маловодності у нижній течії спричинене зарегульованістю Сіверського Дінця Печенізьким водосховищем. Завершальний неповний цикл почався у 2019 р. і триває дотепер. Він характеризується незначним зростанням водності річки, проте враховуючи дуже незначний проміжок часу, який він охоплює, ця тенденція цілком може змінитися, особливо враховуючи загальне зменшення кількості атмосферних опадів та стрімке скорочення тривалості льодових явищ за останні роки.

Різницева інтегральна крива, побудована для приток р. Сіверський Донець демонструє ідентичний загальний характер зміни водності річок із такими самими циклами. Найбільші відносні коливання характерні для гідропосту м. Куп'янськ (р. Оскіл) та с. Пересічне (р. Уди), оскільки вони знаходяться у відносно маловодних частинах русел річок. При цьому вужчі межі відносних коливань спостерігаються у більш зарегульованих частинах річкових басейнів, наприклад, за даними гідропосту с. Безлюдівка (р. Уди) та Червонооскільської ГЕС (р. Оскіл).

Таким чином, дослідження зміни витрат води за період 1961-2020 рр. для річок Харківської області показало, що для всіх пунктів спостереження спостерігається загальна тенденція до їх обміління. Застосування методик аналізу трендів, заснованих на багаторічних статистичних рядах, співставлення осереднених показників двох багаторічних періодів та різницевої інтегральної кривої дало симетричні результати, при яких найбільші зміни відбулися у верхній течії Сіверського Дінця (с. Огірцеве), на малих річках Вовча (м. Вовчанськ) і Уди (с. Пересічна). Найменші зміни водності спостерігаються поблизу дамб двох найбільших водосховищ, які мають значний ступінь зарегульованості.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Проведена фізико-географічна характеристика Харківської області та аналіз багаторічної динаміки кліматичних та гідрологічних показників дозволили зробити наступні висновки:

1. Геолого-геоморфологічний базис досліджуваної території виступає одним із двох ключових факторів, які формують гідрографічну мережу області, яка знаходиться на перетині Дніпровсько-Донецького авлакогену, Воронезького кристалічного масиву та Донецької складчастої споруди. Побудована цифрова модель рельєфу підтвердила рівнинний горбистий характер орографії, ускладнений дендридоподібними яружно-балковими системами, які своєю сукупністю утворюють річкові долини Дніпра і Дону. У районі Харкова, рельєф має більш складний характер, що спричинене з'єднанням кількох долин малих річок, які утворюють зіркоподібну рельєфну структуру, яка чітко виділяється за даними побудованої тривимірної моделі рельєфу. Характер ерозійної небезпеки у Харківській області виражається найбільше у західній частині регіону, а також вздовж правих берегів великих річок та по приплакорних межах яружно-балкових систем.

2. Сучасний стан температурного режиму, режиму зволоження території характеризується нестійкістю. Аналіз осереднених статистичних показників дозволив виділити зміщення у температурах повітря впродовж року із тенденціями більш пізнього початку зими і більш раннього початку літа, а також зміни найтеплішого місяця з липня на серпень, а найхолоднішого з січня на лютий. Через зміни у співвідношенні надходження тепла і вологи із процесами випаровування досліджувана територія може бути віднесена до степової природної зони, а південна частина області має ознаки, що вказують на можливий початок процесів опустелювання. Характер випадіння атмосферних опадів змінюється: зменшення частки твердих опадів у зимовий період та збільшенню кількості опадів у травні-червні.

3. Дослідження динаміки показників температурного режиму за період 1961-2020 рр. підтвердило зростання значень на території області: найбільші темпи спостерігаються в районі Золочева, Харкова та Слобожанського. За результатами методики співставлення двох багаторічних статистичних рядів вдалося встановити, що темпи потепління, за виключенням літніх та зимових температур, знаходяться в межах допустимих показників за Паризькою угодою. Результати комплексної лінійної регресії демонструють швидкість зростання температур, яка перевищує ці норми у 1,5-2 рази. Динаміка атмосферних опадів носить неоднорідний характер: на більшій частині території помітне їх зменшення, у Куп'янську та Слобожанському протилежна тенденція.

4. Динаміка температури води водних об'єктів співпадає із змінами температурного режиму досліджуваної території. За багаторічні періоди фіксується потепління за виключенням Козачої Лопані. Динаміка водного режиму річок має тенденцію до обміління, особливо у верхніх частинах Сіверського Дінця, Оскола та Уд, а характер річної динаміки для середнього русла Сіверського Дінця та Осколу має сильний вплив зарегульованості, що стабілізує динаміку показників.

Результати наукових досліджень, викладених у розділі 2, опубліковані у таких працях автора [29, 90, 93-96].

РОЗДІЛ 3

ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОГО ГЕОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Сучасний стан та динаміка рівня забруднення атмосферного повітря

Сучасні зміни клімату значно підсилюються дією інших факторів регуляції загального екологічного стану. Харківська область є одним із найбільш високоурбанізованих та індустріально розвинених регіонів України, а тому вона виступає важливим індикатором впливу антропогенного навантаження на стан навколишнього середовища. У зв'язку із інтенсивними процесами деіндустріалізації впродовж 1990-2000-х рр. рівень забруднення повітря в цілому зменшується, проте довгостроковий характер впливу значного антропогенного навантаження, а також роль змін клімату та мілітарного чинника роблять характер динаміки стану повітря більш складним і багатофакторним.



Рис. 3.1. Динаміка забруднення атмосферного повітря Харківської області за період 1990-2024 рр. (за даними [137-153])

Аналіз багаторічних змін сукупної кількості викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря Харківської області (рис. 3.1) демонструє загальну тенденцію на різке зменшення кількості шкідливих елементів у повітрі.

На початку 1990-х рр. сумарне забруднення перевищувало 700 тис. тон, то впродовж останніх років величини коливаються в межах 20-40 тис. тон. Попри це, прослідковуються незначні коливання. Перше зростання кількості викидів припадає на останні роки ХХ ст. та 2000-ні рр. Це пов'язано із виходом України із зтяжної економічної кризи, після чого припинилися так звані «віялові» відключення світла, спричинені зупинкою роботи багатьох електростанцій, а також припинення настільки швидкого закриття промислових підприємств. Незначне зниження фіксується впродовж 2008-2009 рр., коли повторилася економічна криза, спричинена глобальною фінансовою рецесією через проблеми субстандартної іпотеки у США. Після цього господарський комплекс харківської області почав поступово відновлюватися, і разом із ним зростало і антропогенне навантаження на атмосферне повітря, проте вже у 2014 році все змінилося, і викиди почали знову стрімко скорочуватися. Причиною такого різкого падіння стала дестабілізація військово-політичної обстановки та початок вторгнення РФ на Донбас, який був основною сировинною базою для енергетичної галузі у Харківській області.

Впродовж 2014-2018 рр. сумарні викиди у повітря скоротилися з майже 300 тис. тон до близько 50 тис. тон, оскільки Зміївська ТЕС значно зменшила свої виробничі потужності, як і ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6, які традиційно виступають у ролі основних забруднювачів атмосфери у регіоні.

Впродовж 2019-2022 рр. рівень забруднення повітря незначно зріс, переважно за рахунок відновлення функціонування основних промислових підприємств завдяки поступовій переорієнтації їх сировинної бази та завдяки зростанню кількості автомобілів у приватному користуванні.

З 2022 р. і дотепер встановилася тенденція до зниження кількості викидів в атмосферу, спричинена початком повномасштабного вторгнення з боку РФ і

масованими ударами росіян по енергосистемі. Внаслідок цього всі основні забруднювачі повітря в області ще зменшили свої виробничі потужності.

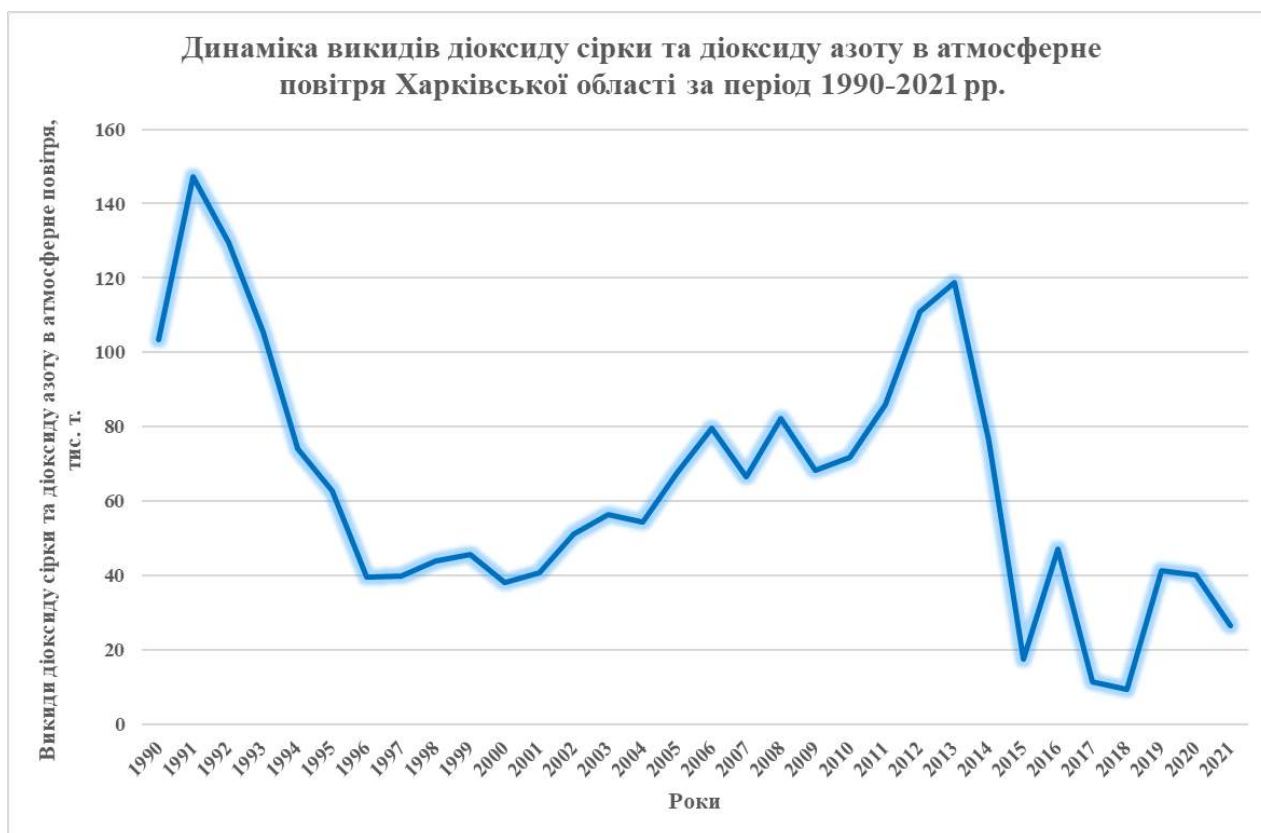


Рис. 3.2. Динаміка викидів діоксиду сірки та діоксиду азоту в атмосферне повітря Харківської області за період 1990-2021 рр. (за даними [137-153])

Діоксид сірки та діоксид азоту мають особливу роль у формуванні забруднення атмосферного повітря через вплив на стан здоров'я населення, і тому доцільно проаналізувати їх динаміку окремо.

Дані, які доступні наразі, існують у відкритому доступі лише до 2021 року, проте характер динаміки цих газів в атмосферному повітрі Харківської області відрізняється від сумарного забруднення (рис. 3.2).

Впродовж 1990-х рр. і навіть початку 2000-х рр. викиди SO_2 та NO стрімко зменшувалися на фоні загальної промислової регресії, проте починаючи з 2003 року, їх концентрація знову почала зростати. Причиною цього явища стало зростання показника автомобілізації, спричиненого переходом ширших верств

населення на приватний автотранспорт, як у міських, так і у сільських населених пунктах. Незначне падіння показника викидів цих речовин у 2008-2009 рр. також пов'язане із економічною кризою та зменшенням промислової діяльності у досліджуваному регіоні, проте далі тенденція до зростання відновлюється, досягаючи максимуму у 2014 році (120 тис. тон), який був незначно меншим за показники 1990 року.

Впродовж 2014-2019 рр. характерне значне зменшення показника концентрації цих елементів в атмосферному повітрі, що було спричинене зменшення обсягів виробництва теплової енергії у Харківській області. Зростання впродовж 2019-2020 рр. пов'язане із поступовою економічною санацією, а також із проблемою забруднення, спричиненого Харківським коксохімічним заводом, викиди з якого значно погіршували якість повітря впродовж 2019-2020 рр. У 2021 році показники викидів знову почали зменшуватися, що частково пов'язане із поступовим переходом населення на електрокари замість автомобілів на бензині чи газі.

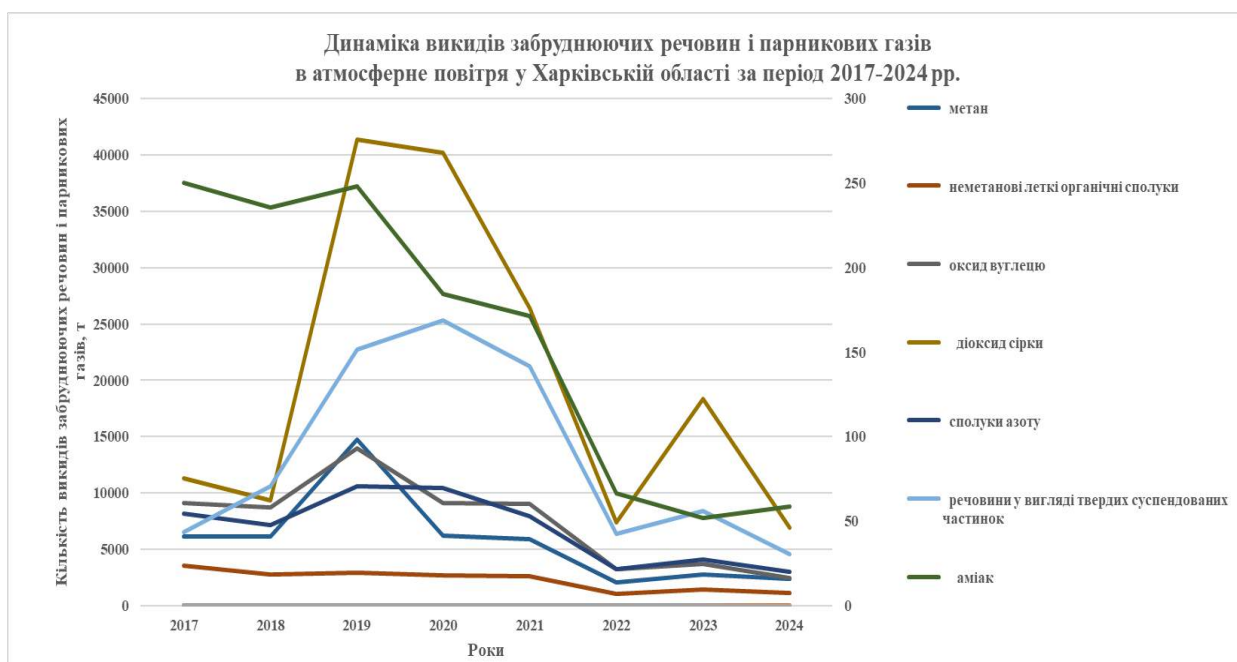


Рис. 3.3. Динаміка викидів забруднюючих речовин та парникових газів (крім металів) в атмосферне повітря у Харківській області за період 2017-2024 рр. (за даними [137-153])

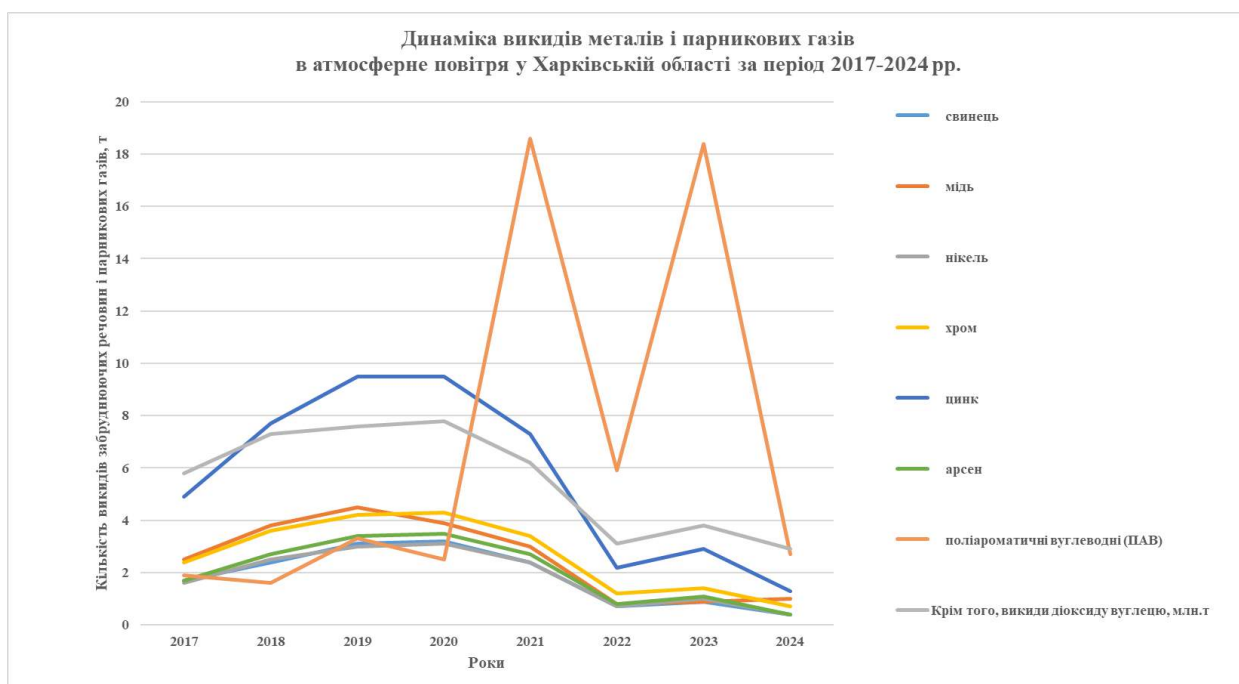


Рис. 3.4. Динаміка викидів металів і парникових газів в атмосферне повітря у Харківській області за період 2017-2024 рр. (за даними [137-153])

Аналіз динаміки основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі Харківської області проведений для періоду 2017-2024 рр. через наявність повних статистичних даних саме для такого часового проміжку. Такий невеликий хронологічний відрізок не може свідчити про стійкі тенденції у зміні рівнів концентрації хімічних речовин у повітрі, проте він дозволяє узагальнено оцінити сучасні особливості динаміки стану повітря. Дані за 2022-2024 рр. є неповними, оскільки не всі пункти екологічного моніторингу відновили свою роботу під час повномасштабного вторгнення з боку РФ.

Основні забруднювачі повітря за об'ємом їх викидів можна поділити на дві категорії. Де першої належать всі речовини, обсяг надходження яких налічує тисячі тон, а у другу категорію потрапили речовини, які мають відносно незначний рівень концентрації, однак переважання у їх складі важких металів, спричиняє особливий екологічний ефект від їх динаміки, оскільки навіть незначні зміни у їх кількості мають вагомий вплив на стан здоров'я населення і на умови для зростання рослинності.

Аналіз динаміки викидів основних забруднюючих речовин та парникових газів (рис. 3.3) показав, що в цілому в атмосферне повітря Харківської області найбільше надходить аміак та діоксид сірки. Як і у більшості інших елементів, джерелом їх утворення є найбільші промислові підприємства у галузі теплової електроенергетики, нафтовидобування та нафтопереробки, а також хімічна промисловість. Найбільший скачок концентрації діоксиду сірки припав на 2019-2020 рр., що пов'язано із діяльністю Харківського коксохімічного заводу. Подібна динаміка, проте у менших абсолютних масштабах, є характерною для речовин у вигляді твердих суспензованих частинок, які також є супутніми продуктами викидів у хімічній промисловості.

Інші речовини з цієї групи (неметанові леткі органічні сполуки, сполуки азоту, метан) мають спільний характер динаміки, який характеризується максимальним рівнем у 2019 році, що спричинене частковим відновленням функціонування промислових підприємств на фон економічного зростання, проте вже з 2022 року фіксується стрімке зниження їх концентрації у повітрі, оскільки майже всі індустріальні об'єкти Харківської області припинили свою діяльність через початок бойових дій.

Результатами аналізу динаміки металів та парникових газів за 2017-2024 рр. (рис. 3.4) є спільність вектору зміни концентрації переважної кількості металів в атмосферному повітрі. До них можна віднести свинець, нікель, хром, цинк, арсен, які були продуктами хімічної промисловості та електроенергетики. Впродовж 2017-2022 рр. їх динаміка нагадувала обернену параболу і показники досягали максимальних значень у 2019 році. Подальше зменшення концентрації металів спричинене привертанням суспільної уваги до діяльності ряду промислових підприємств у регіоні і обмеженні їх негативного екологічного ефекту. Специфічний характер динаміки має мідь, яка досягла максимальних значень під час війни, що пояснюється зростанням проходження військової техніки по досліджуваній території та застосуванням різних видів озброєння, що спричинило подібне стрімке зростання. Всі інші метали також мають незначне зростання у 2023 році, проте порівняно із міддю їх концентрація залишається не

такою вагомою. Важливим фактором тут також є відсутність замірів для прифронтових територій та районів, що перебувають під тимчасовою окупацією, а тому цілком можливо, що реальні показники концентрації металів будуть набагато більшими.

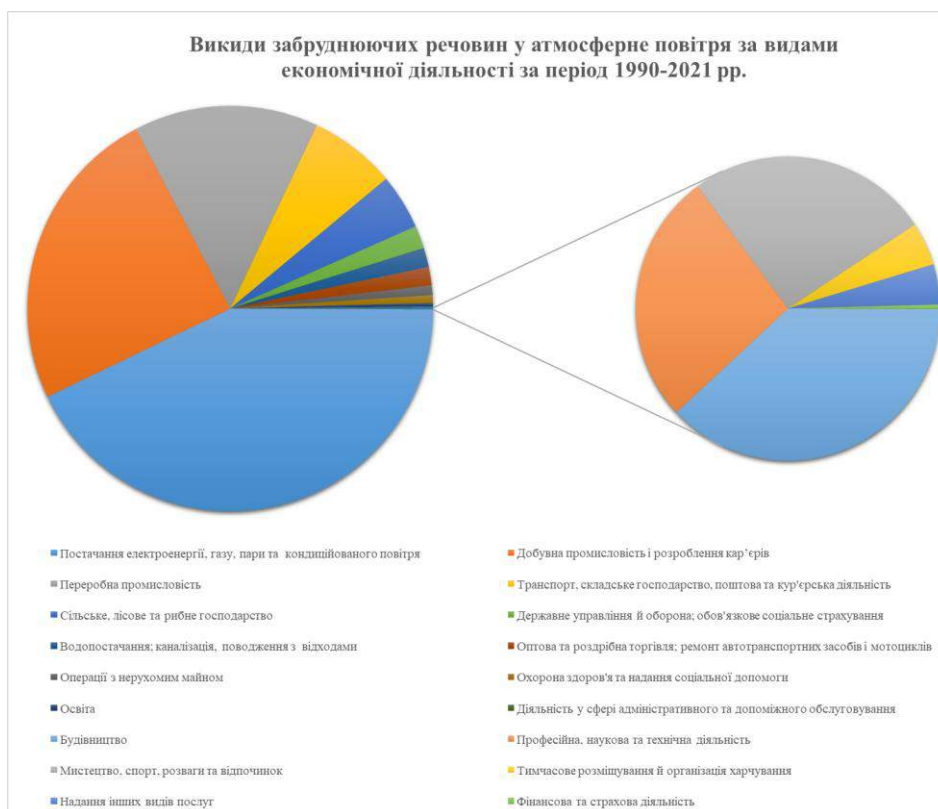


Рис. 3.5. Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря за видами економічної діяльності у Харківській області за період 1990-2021 рр. (за даними [137-153])

Важливим показником загального стану атмосферного повітря виступає роль окремих видів економічної діяльності у його забрудненні. Найвні статистичні дані дозволили оцінити, яким був характер даного розподілу у довоєнний час (рис. 3.5). Впродовж 1990-2021 рр. найбільш екологічно небезпечною галуззю була електроенергетика, яка представлена Зміївською ТЕС, що працювала на кам'яному вугіллі і забезпечувала електроенергією не лише Харківську область, а й сусідні Сумську та Полтавську області. Крім неї поблизу Харкова розташовані дві великі ТЕЦ-5 та ТЕЦ-6, що забезпечують теплом та

електроенергією Харківську міську агломерацію. Саме ці три промислові об'єкти впродовж всього періоду досліджень є незмінними лідерами за кількістю сумарних викидів забруднюючих речовин та парникових газів в атмосферне повітря. Другою за кількістю викидів є добувна промисловість, що представлена у досліджуваному регіоні газо-, нафтовидобувною галуззю (Шебелинське, Юліївське родовища), а також піщаними кар'єрами, які виділяють метан, ряд парникових газів та пил в атмосферу.

Переробна промисловість представлена дуже обмежено, і майже всі головні промислові об'єкти розташовані у Харкові. До цієї галузі відноситься хімічна промисловість, а також тракторобудування (завод «ХТЗ»), енергетичне («Турбоатом») і транспортне машинобудування (Завод імені Малишева), які є продуцентами важких металів, метану, оксиду вуглецю, діоксиду сірки та діоксиду азоту. Транспортна галузь займає четверте місце, і головним забруднювачем виступає автомобільний транспорт, роль якого є ключовою для найбільших населених пунктів та автомагістралей.



Рис. 3.6 Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря за видами економічної діяльності у Харківській області за період 2022-2024 рр. (за даними [137-153])

Аналіз розподілу викидів у атмосферне повітря за видами економічної діяльності під час повномасштабного вторгнення з боку РФ демонструє інші закономірності. Сфера електроенергетики, яка була беззаперечним лідером впродовж багатьох десятиліть за обсягами продукування забруднюючих речовин поступилася місцем сфері водопостачання, поводження із відходами та каналізації. Причиною такого дисбалансу стали удари ворожих дронів, ракет та керованих авіаційних бомб, які впродовж 2022-2025 рр., які завдавалися переважно по енергетичним об'єктам, а також по сфері газопостачання. Друга категорія була частим об'єктом атак у перші місці війни, тоді, як починаючи з вересня 2022 року і після того кожної осені та зими, саме ТЕС, ТЕЦ та локальні вузли енергетичної мережі регіону перебувають під частими обстрілами. У зв'язку із цим обсяги виробництва електроенергії стрімко скоротилися. Не дивлячись на це, за показниками забруднення атмосфери електроенергетика все ще має частку близько 15%. Добувна промисловість через значно скоротила об'єми розробки корисних копалин через погіршення безпекової ситуації, проте в цілому її частка приблизно така сама, як і у довоєнний час. Дуже значне скорочення спостерігається у переробній промисловості, яка мала частку близько 12%, а у теперішній час дає близько 5% забруднюючих речовин в атмосферу. Роль транспорту теж скоротилася через відтік населення на початку війни, переважно з міста Харкова, а також з північної та східної частин Харківської області. Не дивлячись на кілька хвиль повернення людей до обласного центру, спостерігається скорочення працюючих одиниць громадського транспорту та міжміського сполучення, а також скорочення кількості автомобілів, що перебувають у приватному користуванні. Роль інших сфер у забрудненні повітря в абсолютних величинах або майже не змінилася, або незначно скоротилася, проте через стрімке скорочення обсягів викидів речовин трьома головними галузями регіональної економіки, їх частка незначно зростає. Дана ситуація носить тимчасовий характер і демонструє безпосередні наслідки бойових дій, і тому можна спрогнозувати, що у повоєнний час, є можливість повернення до попереднього характеру розподілу основних забруднювачів повітря.



Рис. 3.7. Динаміка висадження та відновлення лісових масивів у Харківській області за період 2010-2024 рр. (за даними [137-153, 185, 189-191])

Дослідження стану лісового покриву має ключове значення при вивченні екологічного стану наземних водних екосистем, оскільки ліси впливають на газовий склад атмосфери, постачаючи кисень та поглинаючи вуглекислий газ. Природні ліси у Харківській області переважно зосереджені у прируслових частинах річкових долин та виконують захисну функцію, оскільки коренева система дерев стримує поширення водно-ерозійних процесів, які є однією із значущих проблем у досліджуваному регіоні. Також лісові масиви є потужним кліматичним регулятором, адже температурний режим у лісах є більш стабільним, ніж на відкритій місцевості. Сучасний показник лісистості Харківської області за даними Державного лісового агентства складає лише 12% [185], де переважна частина лісів є штучно насадженими. Аналіз динаміки висадження та відновлення лісів впродовж 2010-2024 рр. (рис. 3.7) показав, що характерна тенденція до зменшення площі, на яких відбувається лісонарощення. Причиною цього є економічна криза та військові дії на Донбасі, які спричинили

зменшення фінансування лісових програм. Впродовж 2016-2017 рр. площа, залучена у відновлення лісів значно зросла, проте не наблизилась до максимальних значень, що фіксувалися у 2013 році, але вже починаючи з 2018 року тенденція до скорочення площ нових лісонасаджень відновилася, і мінімальне значення було зафіксоване у 2022 році через початок повномасштабного вторгнення. У 2023-2024 рр. знову відновилися програми з лісонасадження, хоча масштаби робіт не перевищили показники 2018-2021 рр.



Рис. 3.8. Динаміка вирубок лісових масивів у Харківській області за період 2010-2024 р. (за даними [137-153, 185, 189-191])

Вирубка лісів має не менш важливе значення для даного дослідження. Варто зазначити, що існує кілька видів вирубок: санітарні вирубки, в рамках лісозаготівлі та незаконні, які не контролюються державними органами і носять хаотичний характер та є найбільш екологічно небезпечним, оскільки він не фіксується у статистичних збірниках, проте чинить помітний вплив на стан природних комплексів.

Як і лісонасадження, обсяги вирубок (рис. 3.8) мають загальну тенденцію до зменшення обсягів. Особливо помітні періоди 2014-2015 рр., що було спричинене економічною кризою, а також 2018 та 2022 рр. У першому випадку це пов'язано із специфікою графіків подібних вирубок, а у другому окупацією значної частини Харківської області та загальною дестабілізацією господарського комплексу у регіоні. У 2023-2024 рр. темпи вирубок незначно зросли, проте все ще менші, ніж були у довоєнний час.

Проблемою, яка впливає при співставленні масштабів лісонасадження та лісовирубок є те, що останні у кілька разів переважають за площею залучених масивів: різниця між насадженням та винищенням лісів у 2019 році складає 30 разів, а у інші роки кратність коливається між 11 та 18. У 2021 році поставлений рекорд, коли вирубка лісів переважала їх насадження у 50 разів. Враховуючи критично низький відсоток лісів та лісовкритих площ та той факт, що до статистики щодо вирубки лісів часто не включають об'єми незаконної вирубки, динаміка і перспективи збереження лісових масивів у Харківській області свідчать про можливе повне винищення лісів, окрім об'єктів природно-заповідного фонду та окремих паркових зон у населених пунктах.

Співвідношення між вирубкою та насадженням лісів впродовж періоду військових дій є умовним, оскільки у держаних статистичних збірниках вказується, що дані є неповними, оскільки вони не включають винищення лісів на тимчасово окупованих територіях Харківської області та у зоні, близькій до лінії фронту, де через специфічний характер бойових дій, який впродовж останніх років носить винищувальний характер, частка винищених лісів наближається до максимально можливої.

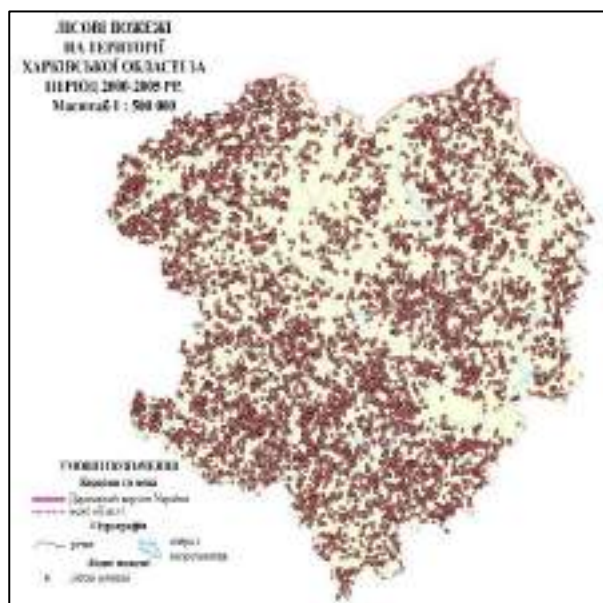


Рис. 3.9.а

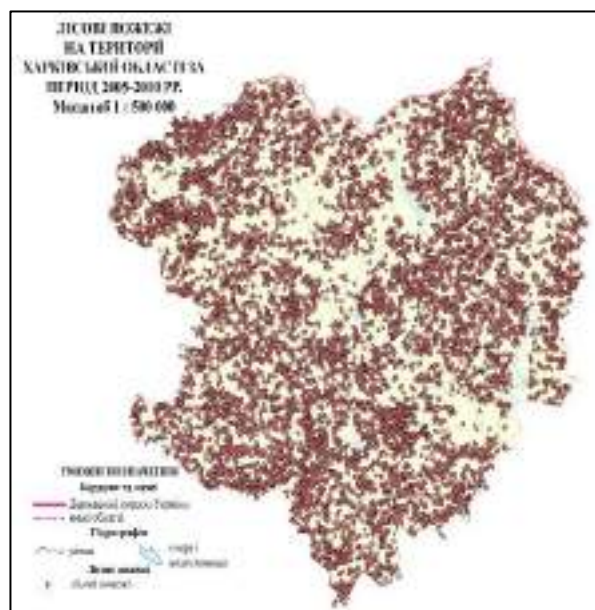


Рис. 3.9.б

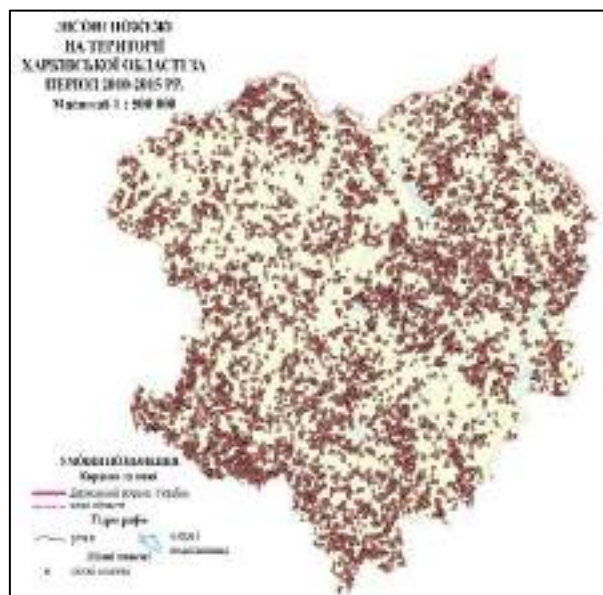


Рис. 3.9.в

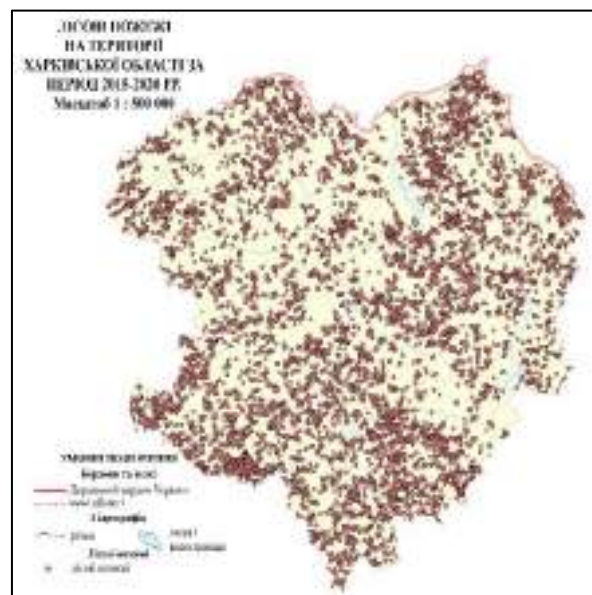


Рис. 3.9.г

Рис. 3.9. Лісові пожежі на території Харківської області за даними MODIS Terra (Earthdata Search: Global Fire Atlas) за періоди: а) 01.11.2000-31.10.2005, б) 01.11.2005-31.10.2010), в) 01.11.2010-31.10.2015, г) 01.11.2015-31.10.2020 (за даними [216-217])

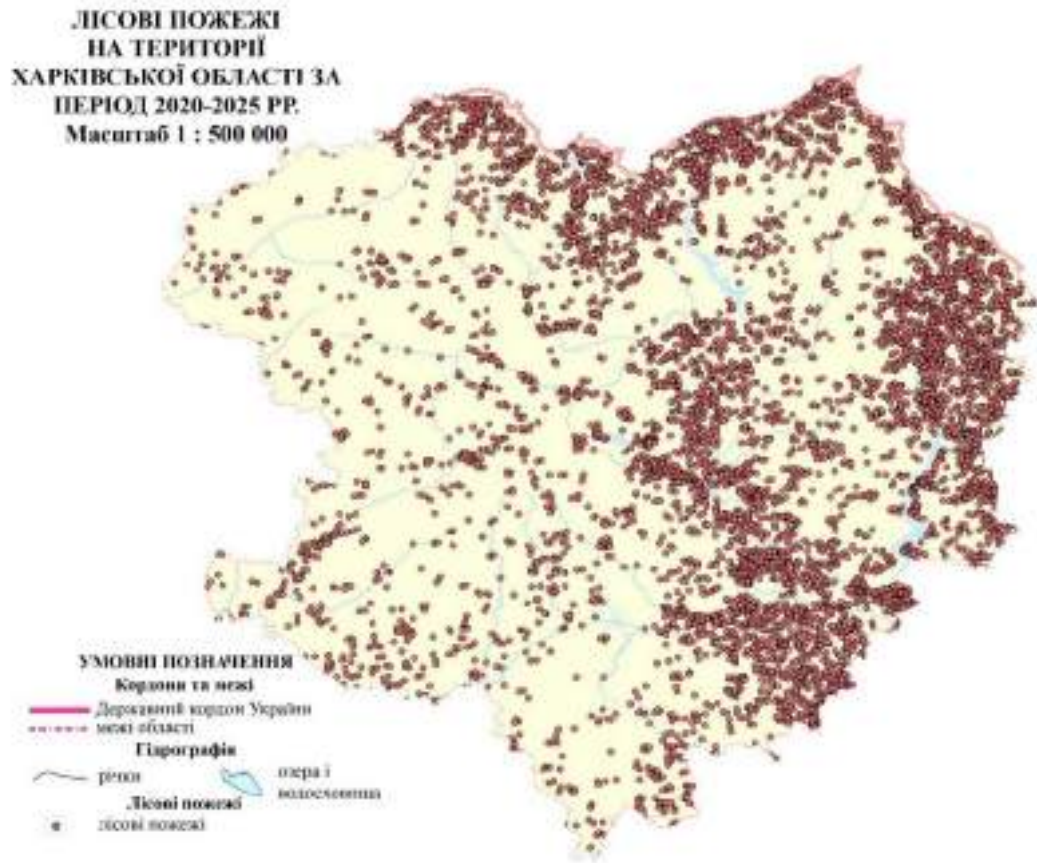


Рис. 3.10. Лісові пожежі на території Харківської області за даними MODIS Terra (Earthdata Search: Global Fire Atlas) за період 01.11.2020-31.10.2025 (за даними [216-217])

Додатковим чинником, який змінює площу земель, вкритих лісовими масивами є лісові пожежі. Вони мають важливе роль у забрудненні атмосферного повітря, оскільки при горінні виділяються майже всі парникові гази. Проблемою у дослідженні динаміки лісових пожеж є відсутність регіональних даних щодо площ, постраждалих від них. З метою більш точної просторової ідентифікації лісових пожеж на території Харківської області були використані дані американського супутника MODIS Terra (Moderate Resolution Imaging Spectrodiometer), який був запущений на орбіту у 1999 році. На веб-ресурсі Earthdata Search, що керується Північноамериканським Космічним агентством (НАСА) були вивантажені точкові дані щодо лісових пожеж, згруповані у 5 п'ятирічних періодів, кожен з яких починається 1 листопада (оскільки дата початку спостережень 1 листопада 2000 року). Ці дані не дозволяють оцінити

розміри територій, на які вплинули пожежі, проте вони дають змогу провести географічний аналіз характеру поширення цих негативних явищ.

Враховуючи точковий характер отриманих даних, неможливо виділити чітких закономірностей у їх розміщенні чи кількісній динаміці, проте помітно виділяється період 2005-2010 рр., який характеризується зростанням загальної кількості зафіксованих пожеж на території області. У довоєнний період лісові пожежі переважно приурочені до вітрозахисних лісосмуг на сільськогосподарських угіддях. Серед найбільш поширених причин їх виникнення можна назвати людську недбалість, що проявляється у розведенні вогнищ та палінні у лісових масивах, а також суху погоду у літній період, особливо впродовж останнього десятиліття. При цьому видно, що прируслова частина басейну Сіверського Дінця та район міста Харкова виділяються відсутністю лісових пожеж. Причиною такого розподілу є те, що навколо Сіверського Дінця, особливо у заплавної частині долини, підземні води залягають близько до поверхні землі, а також там знаходиться багато заплавної озер-стариць. Як наслідок, загальна вологість як ґрунту, так і повітря є відносно більшими за навколишні території, а тому навіть у спекотну та суху погоду вогонь не буде поширюватися так само активно, як поблизу сільськогосподарських угідь. У випадку Харкова це пояснюється високою концентрацією житлової забудови та розвиненої системи контролю за станом зелених насаджень, які не дозволяють поширюватися лісовим пожежам.

Зовсім інший характер поширення лісових пожеж спостерігається у період 2022-2024 рр. (рис. 3.10). Окрім пожеж у лісосмугах, яких зафіксовано набагато менше, ніж у попередні роки, масовий характер отримали возгорання у прифронтовій зоні. Так, чітко виділяються райони на північ від Харкова, вздовж усього державного кордону, правого берега Сіверського Дінця та навколо міста Ізюма. Все це райони, де у 2022 році проходила лінія фронту, де фіксувалися численні обстріли із застосуванням артилерії, ракет, авіації та бомб. Це спричиняло займання у лісових масивах, а враховуючи небезпечність прифронтових районів, рятувальні служби далеко не завжди могли дістатися

туди. У 2024-2025 рр. до районів підвищеної концентрації лісових пожеж додалися райони Липців, Вовчанська та у басейні річки Оскіл. Все це зона активних бойових дій, що тривають тут з травня 2024 року.

Таким чином, аналіз динаміки забруднення атмосферного повітря у Харківській області дозволив прийти до підсумку, що починаючи з 1990-х рр. регіон пройшов значну трансформацію через процеси деіндустріалізації, що сприяла стрімкому зменшенню загального об'єму викидів забруднюючих речовин та парникових газів, проте водночас спостерігається дестабілізація у характері забруднення, спричинена зростанням кількості автотранспорту, і особливо після початку повномасштабного вторгнення з боку РФ.

Речовинний склад забруднення демонструє зменшення концентрації всіх елементів, які надходили в атмосферу, проте після початку бойових дій зросли об'єми важких металів у повітрі. Враховуючи неповноту вимірів після 2022 року, можна припустити, що реальна концентрація важких металів, а також наслідків горіння палива та військової техніки значно перевищує ті обсяги, які вміщені у статистичних довідниках.

Проблема збереження лісових масивів на досліджуваній території постала особливо гостро, оскільки темпи вирубки лісів у багато разів перевищують темпи їх висадження та відновлення. До них додається загроза, спричинена лісовими пожежами, які кількісно зменшилися, починаючи з 2000 року, проте їх поширення стало носити більш концентрований характер і впродовж останніх років має чітку прив'язку до районів ведення бойових дій.

Крім того, у дослідження залучені суто дані щодо кількості пожеж, а не площі, які вони охоплюють, а тому вірогідним сценарієм є загальне збільшення площ, знищених внаслідок лісових пожеж, оскільки ліквідація їх наслідків у прифронтних районах є ускладненою, що сприяє більш активному поширенню вогню на більшій території.

3.2. Антропогенне навантаження на поверхневі води Харківської області

Використання водних ресурсів відіграє помітну роль у господарському комплексі Харківської області, оскільки слугує основою для цілої низки виробничих процесів, таких, як теплова електроенергетика, де вода використовується для охолодження енергоустановок. У сільському господарстві вода використовується для потреб зрошення угідь та для забезпечення меліорації ґрунтів. Для місцевого населення вода є основою побуту, оскільки вона слугує для забезпечення питних потреб, а також для підтримки діяльності систем каналізації та водовідведення і для потреб опалення.



Рис. 3.11. Використання свіжої води у Харківській області (за видами господарських потреб) за період 1995-2020 рр. (за даними [30, 137-153])

Аналіз використання водних ресурсів за основними господарськими потребами (рис. 3.11) показав, що найбільшу роль вони відіграють для забезпечення виробничих процесів (близько 55%) у сферах теплової електроенергетики, машинобудування та видобувній промисловості. Близько 35% води використовується для господарсько-питних потреб, зокрема для комунального господарства. Набагато меншу частку займають рибогосподарські потреби, зрошення та інші сільськогосподарські потреби.

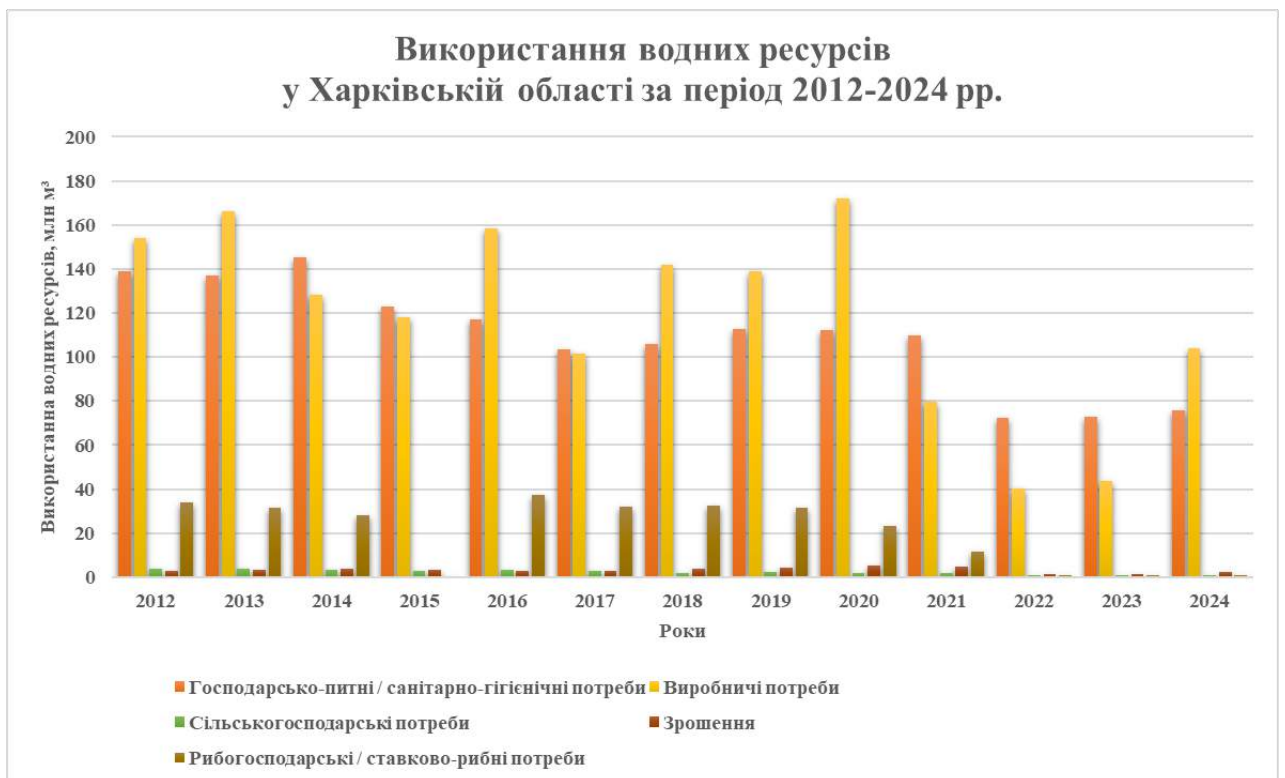


Рис. 3.12. Використання водних ресурсів у Харківській області за період 2012-2024 рр. (за даними [30, 137-153])

Структура проведення водозабору на території Харківської області впродовж останніх років змінюється (рис. 3.12). У зв'язку зі зменшенням промислового виробництва у сфері електроенергетики після початку повномасштабного вторгнення, а також у постковідний період, господарсько-питні потреби стали основними за об'ємами забору чистої води з природних джерел. У 2024 році промислові потреби знову перевищили господарсько-питні

потреби, оскільки у цьому році фіксувалося поступове відновлення регіональної енергосистеми. До цього внаслідок зменшення надходження сировини для теплової енергетики у 2014-2015 рр. також фіксувалося незначне перевищення господарсько-питних потреб над виробничими.

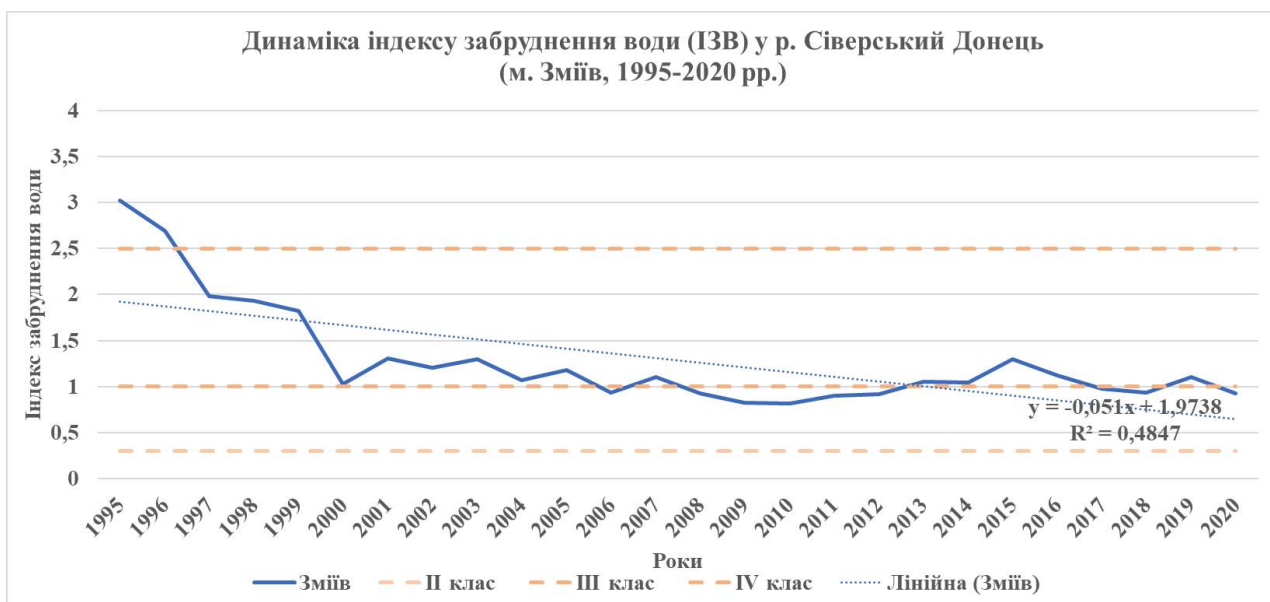


Рис. 3.13. Динаміка індексу забруднення води (ІЗВ) на гідропості м. Зміїв (р. Сіверський Донець за період 1995-2020 рр. (за даними [30, 137-153])

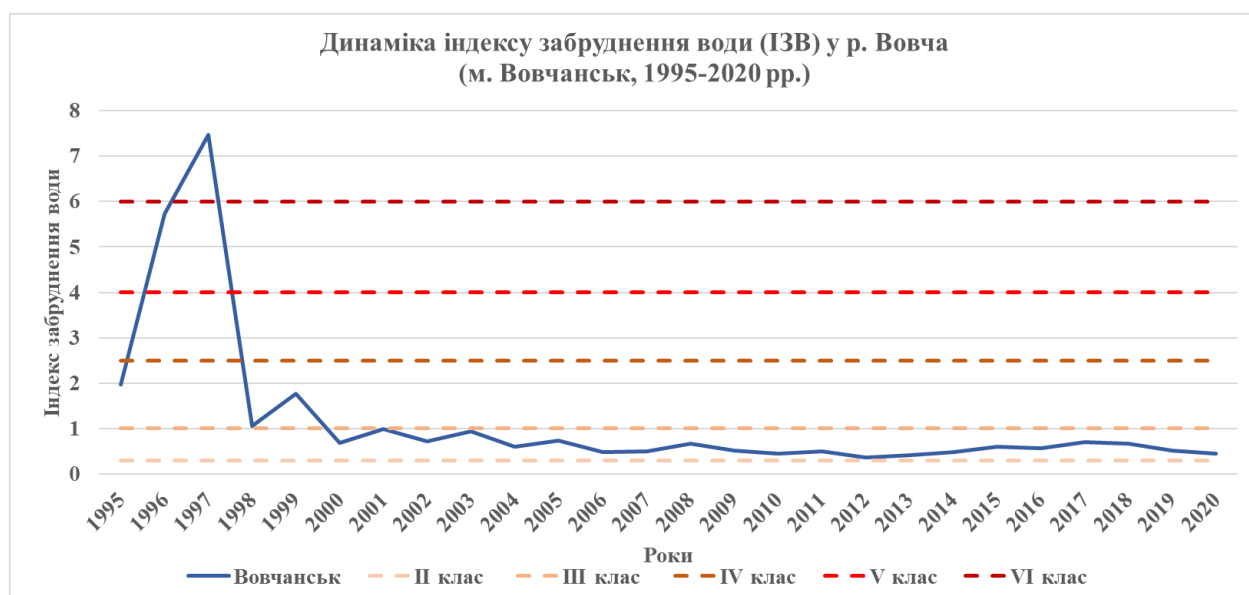


Рис. 3.14. Динаміка індексу забруднення води (ІЗВ) на гідропості м. Вовчанськ (р. Вовча) за період 1995-2020 рр. (за даними [30, 137-153])

Використання поверхневих вод для господарських потреб спричиняє надходження численних викидів, що характеризуються високим вмістом завислих речовин. Завдяки процесу деіндустріалізації, для всіх гідропостів на досліджуваній території характерне стрімке зменшення індексу забруднення води, яке для великих річок є менш помітним, оскільки вони мають більшу загальну водність (рис. 3.13). Для ряду малих річок (рис. 3.14) мінімальні коливання концентрації металів, БСК та азоту є більш чутливими через менші показники витрат води.

У речовинному складі забруднювачів поверхневих вод переважають мідь, феноли, цинк та нафтопродукти, що свідчить про переважаючу роль транспорту та промисловості (машинобудування, хімічної галузі та електроенергетики) у забрудненні водотоків Харківської області.

Таблиця 3.1

Розподіл індексу забруднення води (ІЗВ) у річках

Харківської області за період 1995-2020 рр. (за даними [30, 137-153])

Річка	Пункт спостереження	Середня величина ІЗВ (1995-2020 рр.)	Клас якості води
Сіверський Донець	Огірцеве	4,00	V. Брудна
Сіверський Донець	Чугуїв (вище міста)	0,99	II. Чиста
Сіверський Донець	Чугуїв	2,24	III. Помірно забруднена
Сіверський Донець	Зміїв	1,75	III. Помірно забруднена
Сіверський Донець	Ізюм	3,72	IV. Забруднена
Харків	Циркуни	4,18	V. Брудна
Лопань	Харків	5,53	V. Брудна
Лопань	Козача Лопань	3,36	IV. Забруднена
Уди	1 км	7,00	VI. Дуже брудна
Уди	10 км	3,70	IV. Забруднена
Оскіл	Куп'янськ	3,61	IV. Забруднена
Вовча	Вовчанськ	1,17	III. Помірно забруднена

Проведений аналіз територіального характеру забруднення (табл. 3.1) дозволив виявити закономірність: найбільш забрудненими є прикордонні ділянки річок Сіверський Донець, Уди, Оскіл, Харків та Лопань. Найбільші показники ІЗВ фіксуються у верхній частині русла річки Уди та Харків. Більшість

забруднюючих елементів потрапляють у річки Харківської області з території сусідньої держави. У нижній течії Сіверського Дінця та Уд показник ІЗВ помітно зменшується, досягаючи найменших значень у районі Чугуєва та Змієва.

Таким чином, проведений аналіз сучасного використання наземних водних ресурсів у Харківській області за багаторічний період показав, що переважає водозабір для виробничих потреб, який змінюється у бік господарського-питного використання у роки зменшення промислового виробництва (2014-2015, 2022-2023 рр.). Антропогенне втручання у стан водних екосистем спричиняє забруднення річок, переважно міддю, фенолами, цинком та нафтопродуктами. Найбільш забрудненими є ділянки Сіверського Дінця, Осколу поблизу кордону із РФ, а також у районі Харкова. Найнижчі показники ІЗВ фіксуються у середній течії Сіверського Дінця між Чугуєвом та Змієвом.

3.3. Вплив температурно-вологісних змін на водний режим річок

Математичне обґрунтування взаємозв'язку між зміною кліматологічних та гідрологічних показників у наземних водних системах Харківської області за багаторічний період реалізоване за допомогою методу *кореляційного аналізу*. Аналіз багаторічної динаміки коефіцієнта кореляції (рис. 3.15) показав, що у часовому розрізі він є відносно стабільним і високим (в межах 0,90-0,95). У загальній закономірності виділяється лише кінець 1990-х рр., коли температура води знизилася швидше за ріст температури повітря, що спричинило зменшення показника коефіцієнта кореляції.

Розподіл значень коефіцієнта впродовж року має більш складний характер (рис. 3.16), оскільки темпи зміни температури повітря і води часто не співпадають, особливо навесні, коли повітря прогрівається значно швидше за воду через її специфічні теплофізичні властивості. Восени спостерігається схоже явище, коли повітря починає швидко охолоджуватися через зменшення

надходження сонячної радіації, а вода у річках має більш стабільний температурний режим.

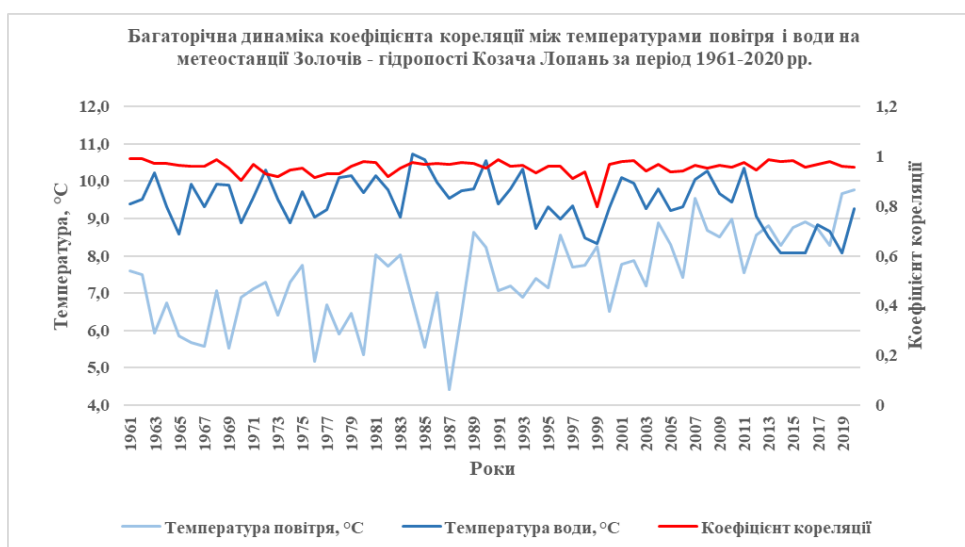


Рис. 3.15. Динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води, метеостанція Золочів – гідропост Козача Лопань, період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. 3.16. Динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Куп'янськ за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. 3.17. Динаміка коефіцієнта кореляції між атмосферними опадами та витратами води на метеостанції Слобожанське та гідропості Зміїв за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Аналіз внутрішньорічного розподілу коефіцієнта кореляції між динамікою атмосферних опадів та витрат води показав більш неоднозначний характер його коливання. Причиною є особливості формування річкового стоку, які окрім опадів у рідкому стані включають сніг та підземні води.

Найвищі значення коефіцієнту фіксуються всередині літа, а також у жовтні, тобто коли фіксуються максимальні суми атмосферних опадів. У періоди весняної повені та завершення літньої межени коефіцієнт кореляції є мінімальним, оскільки характер спрямування динаміки опадів та витрат води є різновекторними.

Для перевірки статистичної значущості отриманих результатів застосований критерій Стюдента (табл. 3.2), який підтвердив валідність коефіцієнтів кореляції, і відповідно аналіз є репрезентативним.

Таблиця 3.2

Критерій Стюдента для коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Куп'янськ (за даними [12, 19-24, 45-52])

Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
r	0,45	0,55	0,90	0,38	0,81	0,85	0,82	0,60	0,83	0,54	0,55	0,53
t	1,89	2,63	16,50	1,46	7,67	10,50	8,15	3,13	8,63	2,54	2,57	2,45
σ	0,24	0,21	0,05	0,26	0,11	0,08	0,10	0,19	0,10	0,21	0,21	0,22
α	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Таким чином, проведення кореляційного аналізу дозволило підтвердити наявність сильного ступеня взаємозв'язку між температурами повітря і води, як за багаторічний період, так і за усередненими даними впродовж року, тоді як характер взаємодії сум атмосферних опадів та витрат води є різновекторним у періоди весняної повені та на початку осені, але і максимальні значення коефіцієнта кореляції для цих показників вказують на середній ступінь статистичного зв'язку між ними, оскільки на формування річкового стоку впливають ще ряд факторів, окрім атмосферних опадів. Статистична значущість отриманих результатів була підтверджена за допомогою критерія Стюдента.

3.4. Вплив змін клімату на гідрохімічні показники річок

Кореляційний аналіз в рамках даного дослідження також застосований для виявлення ступеня взаємозв'язку між температурами повітря та ІЗВ, а також для атмосферних опадів та ІЗВ за період 1995-2020 рр. (табл. 3.3, 3.4). Загальний ступінь взаємозв'язку є незначним між наведеними парами показників. Причиною невідповідності є те, що температури повітря мають загальну тенденцію до підвищення, тоді як показник ІЗВ в цілому зменшується із незначними коливаннями. Кількість опадів також загалом зменшується, проте швидкість цього процесу відрізняється від темпів зміни ІЗВ.

Таблиця 3.3

Коефіцієнти кореляції (r) та критерії Стьюдента (t) для температур повітря та індексу забруднення води за 1995-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 137-153])

Метеостанція-пост	r	t	σ	α
Золочів-Козача Лопань	-0,444	-4,254	0,104	26
Харків-Безлюдівка	-0,399	-3,642	0,109	26
Куп'янськ	-0,324	-2,777	0,117	26
Слобожанське-Зміїв	-0,523	-5,527	0,095	26
Ізюм	-0,432	-4,078	0,106	26

Таблиця 3.4

Коефіцієнти кореляції (r) та критерії Стьюдента (t) для атмосферних опадів та індексу забруднення води за 1995-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 137-153])

Метеостанція-пост	r	t	σ	α
Золочів-Козача Лопань	0,139	1,090	0,128	26
Харків-Безлюдівка	0,221	1,781	0,124	26
Куп'янськ	-0,020	-0,155	0,130	26
Слобожанське-Зміїв	0,017	0,133	0,130	26
Ізюм	0,000	0,004	0,130	26

Таблиця 3.5

Коефіцієнти кореляції (r) та критерії Стьюдента (t) для температури повітря та концентрацій діоксиду азоту, міді та нітратів за 1995-2020 рр.
(за даними [12, 19-24, 137-153])

Метеостанція-пост	Показники	r	t	σ	α
Харків - Лопань	Температура повітря - концентрація діоксиду азоту	0,330	2,848	0,116	26
Харків - Лопань	Температура повітря - концентрація міді	-0,082	-0,630	0,129	26
Харків - Лопань	Температура повітря - концентрація нітратів	-0,145	-1,137	0,127	26
Харків - Уди (10 км)	Температура повітря - концентрація діоксиду азоту	-0,277	-2,307	0,120	26
Харків - Уди (10 км)	Температура повітря - концентрація міді	0,028	0,213	0,130	26
Харків - Уди (10 км)	Температура повітря - концентрація нітратів	-0,181	-1,439	0,126	26

Перевірка отриманих результатів кореляційного аналізу (табл. 3.3, 3.4) методом критерію Стьюдента дозволила підтвердити статистичну значущість коефіцієнтів, що були обраховані.



Рис. 3.18. Динаміка температур

повітря та концентрацій нітратів у р. Лопань (Харків – Лопань-Харків) впродовж 2006-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 137-153])



Рис. 3.19. Динаміка температур

повітря та концентрації міді у р. Лопань (Харків – Лопань-Харків) впродовж 1995-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 137-153])

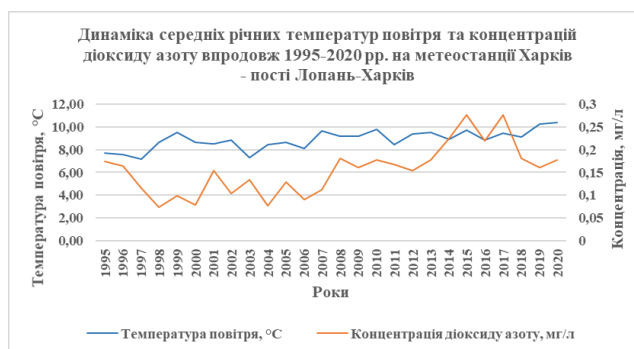


Рис. 3.20. Динаміка температур повітря та концентрації діоксиду азоту у

р. Лопань (Харків – Лопань-Харків) впродовж 1995-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 137-153])

Отже, не дивлячись на загальне зменшення як ІЗВ, так і ГДК за більшістю забруднюючих речовин, за окремими складовими, характер динаміки змінювався впродовж досліджуваного періоду (табл. 3.5, рис. 3.18-3.20). Кореляційний аналіз показав незначний характер зв'язку між динамікою температур повітря та вмістом нітратів, міді та діоксиду азоту, оскільки температури безперервно зростають, а вміст речовин у річковій воді знижувався, і лише впродовж окремих років, фіксується незначне зростання їх концентрацій.

3.5. Геосистемні наслідки військових дій у регіоні

Крім кліматологічних, гідрологічних та екологічних факторів на загальний стан наземних водних систем Харківської області має вагомий вплив нова група чинників, спричинених активними бойовими діями. Військовий конфлікт з Росією, який почався 20.02.2014 [207], майже не відобразився на екологічному стані Харківської області, оскільки проходив поза її межами. Серед проявів того часу можна навести лише окремі сутички в обласному центрі та кількох районних центрах (наприклад, у Чугуєві). Єдиним винятком є місто Ізюм, де навесні 2014 р. відбувалися нетривалі бойові дії в рамках Антитерористичної операції.

Ситуація кардинально змінилася вночі на 24 лютого 2022 р., де область однією з перших зазнала масованого комбінованого ракетного та авіаудару із артилерійською підготовкою, а через кілька годин почалися наземні бойові дії. Військовий конфлікт на досліджуваній території можна поділити на декілька етапів. *Перша фаза* тривала з 24.02.2022 до 05.09.2022. Вона є найбільш руйнівною як для екосистем регіону, так і для цивільної інфраструктури. Вже наприкінці лютого – на початку березня 2022 р. під окупацію потрапили північні та східні передмістя Харкова, були зафіксовані прориви державного кордону з боку РФ на північ від Богодухова та Золочева. Другим напрямом ворожого наступу став Куп'янський, і вже 27 лютого це місто опинилося у зоні окупації.

Найзапеклішим театром бойових дій в цей час став Харківський напрям. З першого дня війни сутички тривали вздовж окружної дороги навколо міста. Для цього періоду найбільш характерним стало масоване застосування ворогом артилерії, яке носило хаотичний характер і спричиняло численні руйнування великих житлових районів Харкова (Салтівка, Рогань та Холодна гора).

Другою особливістю було активне використання методів ракетних атак по найважливіших об'єктах інфраструктури. За перші три тижні війни були зруйновані всі великі аедродроми, а 1 березня 2022 р. було завдано ракетних ударів по центру Харкова. Внаслідок застосування цього виду зброї були зруйновані численні пам'ятки архітектури та налічувалися значні жертви серед

населення. На місці влучань виникали масивні пожежі і виділялися сотні тон попелу та забруднюючих речовин.

Третій вид озброєння, який застосовувався на першому етапі конфлікту – авіація. Застосування винищувачів має колосальний екологічний ефект, оскільки літаки виділяють велику кількість парникових газів через необхідність розвивати надвисоку швидкість. Крім того, бомбардування, які виконуються ними, мають потужнішу силу вибуху і виділяють в повітря метан, тринітротолуол та нітроалкани.

Впродовж березня 2022 р. площа територій, охоплених наземними бойовими діями у Харківській області, постійно розширювалася. Під окупацією опинилися Великий Бурлук, Вовчанськ, Балаклія. Найбільш екологічно небезпечний район в цей період був не лише у Харкові, а й навколо міста Ізюм. За даними українського уряду [189] лише за один місяць 2022 р. на місто було здійснено близько 500 ударів включно із артилерійськими, що спричинило різкий сплеск забруднення повітря.

Впродовж квітня-вересня 2022 р. на досліджуваній території точилися позиційні бої, і характерним було застосування таких видів озброєнь, як артилерія, ракети та вперше частково дрони. Найбільше екологічний ефект цього періоду спричиняється розширенням мережі окопних ліній та тимчасових вогньових точок. Серед найбільших екологічних катастроф весни 2022 р. можна навести майже повне знищення соснового лісу в Ізюмській луці, де до цього планувалося створити національний природний парк.

Друга фаза війни тривала з 6 вересня до 2 жовтня 2022 р. і у сучасній літературі він вже отримав назву «Харківський (Слобожанський) контрнаступ». Він почався із успішної атаки Сил Оборони України поблизу Балаклії, і вже через тиждень більша частина Харківської області була звільнена від ворога, за винятком лівого берега Осколу. Даний етап війни характеризується використанням маневреності українських військ і фактору неочікуваності, а тому такого вагомого екологічного впливу, як попередній етап війни, він не мав.

Єдиним виключенням є катастрофа Оскільського водосховища, яка датується приблизно останніми днями вересня 2022 р., коли російські війська при відступі підірвали дамбу Червонооскільської ГЕС, що спричинило масштабні затоплення у нижній течії Осколу та Сіверського Дінця. Різке підняття рівнів води фіксувалося в Ізюмі та Слов'янську. Разом підривом дамби була зруйнована регіональна екосистема, адже Оскільське водосховище було одним із найбільших в Україні за винятком Дніпровського каскаду. Воно існувало близько 70 років, і за цей час навколо акваторії сформувалися унікальні ландшафтні комплекси зі значним рослинним та орнітологічним різноманіттям. Крім того, водосховище стало місцем проживання для десятків видів водної біоти.

Третя фаза бойових дій на території Харківської області проходила з 3 жовтня 2022 р. до 9 травня 2024 р.. Це період характеризується концентрацією наземних бойових дій вздовж ліній державного кордону та на північний схід від м. Куп'янськ. Новою тактикою, що була застосована ворогом і спричинила масштабні технологічні та екологічні негаразди стала енергетична війна, коли основним об'єктом атак з боку РФ стали об'єкти енергетичної інфраструктури. Переважно удари завдавалися ракетами типу С-300, а впродовж 2023-2024 рр. до них доєдналися кілька серій дронів («Шахед-36» та інші). Найбільша кількість вибухів зафіксована у Харкові, Пісочині та с. Слобожанське, де знаходяться ТЕЦ-5, ТЕЦ-6 та Зміївська ТЕС, що становили основу енергосистеми не лише Харківської області, а також сусідніх Сумської та Полтавської.

Четверта фаза війни розпочалася 10 травня 2024 р. і триває дотепер. Вона характеризується повторним розширенням зони ведення наземних бойових, проте зі значно меншою швидкістю, ніж у 2022 р. Тип зіткнень, які відбуваються наразі, можна віднести до позиційної війни. Головними особливостями даного періоду є тотальне винищення екосистем та інфраструктури вздовж лінії зіткнення. Основними районами бойових дій стали північ Харківської області (район с. Липці та м. Вовчанськ із околицями) та басейн річки Оскіл (рис. 3.21).

Даний етап війни є найбільш екологічно руйнівним, оскільки характеризується застосуванням нових видів озброєння, таких, як керовані

авіаційні бомби (КАБ), модифікацій дронів та мобільних вогневих груп противника. Саме у цей період до руйнувань енергетичної інфраструктури додається часте та методичне винищення житлових будинків, особливо у Харкові, Куп'янську та Вовчанську, а також ряд помітних екологічних лих.

Серед прикладів можна назвати удар по нафтобазі у Харкові у 2024 р., який спричинив масштабну пожежу у районі приватної житлової забудови і вилив нафти, яка повністю вкрила русло річки Немишля, і далі через річки Харків, Лопань та Уди потрапила в річку Сіверський Донець [124].

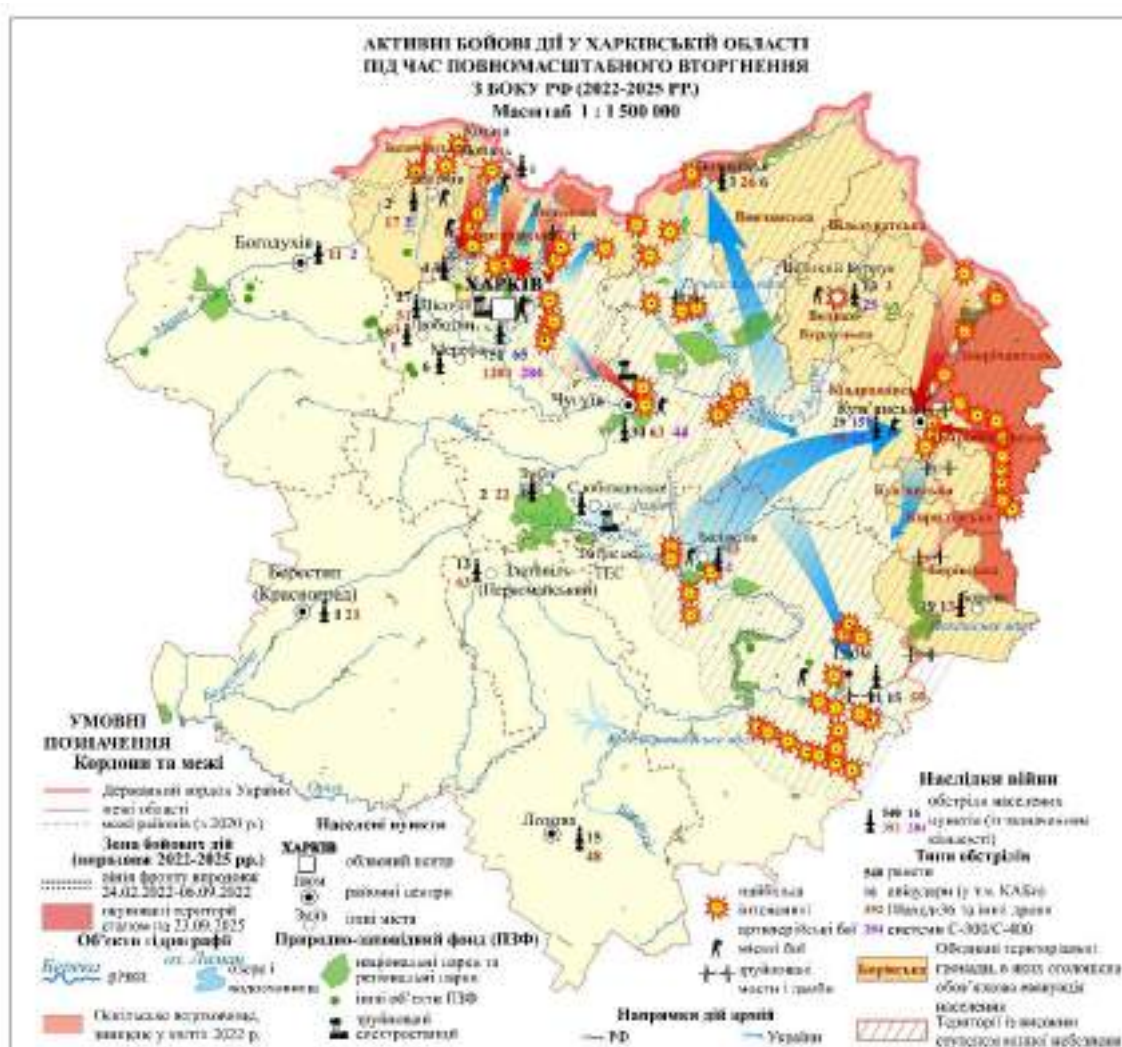


Рис. 3.21. Проходження бойових дій впродовж 24.02.2022-01.10.2025 на території Харківської області (за даними[34, 123-125, 154-157, 186, 207, 210, 250])

Окрім удару по нафтобазі, впродовж 2024 р. досліджувану територію охопили ще дві масштабні екологічні катастрофи. 25 травня 2024 р. стався авіаційний удар по ТЦ «Епіцентр», який спричинив пожежу. Особливістю цього лиха є те, що на території ТЦ зберігалися численні вироби із резини, а також лако-фарбові матеріали. При горінні вони виділили у повітря сотні тон вуглеводнів, оксидів вуглецю, оксидів азоту та сажі.

У серпні-вересні 2024 р. Харківський район був охоплений серією потужних лісових пожеж, спричинених аномальною спекою та сухим літом, а також побутовою недбалістю і навмисними підпалами. Внаслідок цього було винищено близько 500 га лісових масивів. Паралельно поблизу Ізюма та Борової вигоріло майже 1200 га лісу внаслідок російських атак. Руйнація лісових комплексів має надзвичайно важливе значення для стану регіональної екосистеми, адже лісистість Харківської області навіть до війни була нижче за середньоукраїнський рівень. Ліси є важливими з точки зору вироблення кисню та зменшення концентрації CO₂ в атмосфері. Вони регулюють температурний режим навколишньої території, виступаючи у ролі кліматичних стабілізаторів, оскільки у період спеки температура повітря у лісі приблизно на 10°C нижча, ніж на відкритій місцевості, а взимку лісиста місцевість зберігає вищу температуру, оскільки в межах лісу майже не формуються сильні вітри.

Таким чином, прямими наслідками проходження активних бойових дій на території Харківської області впродовж 2022-2025 рр. є деградація регіональної екосистеми на тлі застосування різних видів озброєння, створення оборонних споруд, руйнування виробничої та цивільної інфраструктури, випалення лісових масивів, забруднення повітря внаслідок вибухів тринітротолуолом, нітроалканами, сажею, замінованість, а також численні залишки військової техніки у районах ведення наземних бойових дій та вздовж транспортних шляхів, внаслідок чого повітря, ґрунтовий покрив та підземні води забруднюються нафтопродуктами та сполуками кадмію, хрому, свинцю, міді і цинку.

Впродовж війни близько третини Харківської області перебувало під тимчасовою окупацією, і найважливіша проблема не лише екологічного, а й безпекового характеру – це *замінованість* території. Через особливості сучасної методики мінування, в першу чергу, завдяки застосуванню дистанційних методів, час, необхідний для знаходження і знешкодження мін різних типів може зайняти десятиліття. На сільськогосподарських угіддях розмінування проходить поетапно, але оскільки це відкрита місцевість, завдяки застосуванню сучасної техніки, зробити це можна відносно швидко. Особливу категорію складності становлять ліси та лісопосадки, водні об'єкти, яружно-балкові системи та житлова і виробнича забудова. Світовий досвід розмінування доводить, що лише завдяки застосуванню комплексного підходу і детального картографування знайдених мін можливо більш-менш надійно убезпечитися від ризиків для місцевого населення. Найбільш близький військовий конфлікт у Європі – Югославські війни – яскравий тому приклад. Активні бойові дії на території сучасної Боснії та Герцеговини завершилися фактично ще у 1995 році, тобто ще 30 років тому, проте і досі процес знешкодження мінних полів у цій країні незавершений, хоча її розміри співставні із Харківською областю.

Друга важлива проблема, спричинена військовими діями, яка має життєво важливе значення для населення регіону – дефіцит ресурсів питної води. В першу чергу, даний виклик торкнувся жителів південних громад Харківської області, де через незначну кількість атмосферних опадів при високих показниках випаровування, ще до війни була нестача водних запасів. Проте під час військових дій дана проблема поширилася і на місто Харків – друге за чисельністю населення в Україні, яке навіть в умовах війни зберегло статус «міста-мільйонника». Від початку бойових дій Харків опинився на лінії фронту із усіма супутніми наслідками: вибухами, залишками великої кількості військової техніки, виливами нафтопродуктів. Все це спричинило значний сплеск забрудненості не лише поверхневих, а й підземних вод, які не є предметом даного дослідження, але вони мають фундаментальне значення для забезпечення харків'ян питною водою.

Вже у 2022 р. було проведене дослідження якості джерел питної води (рис. 3.22) у м. Харкові. За його результатами з 11 стаціонарних джерел, що знаходилися на території міської громади, лише 1 було придатне до використання (у Саржиному яру).

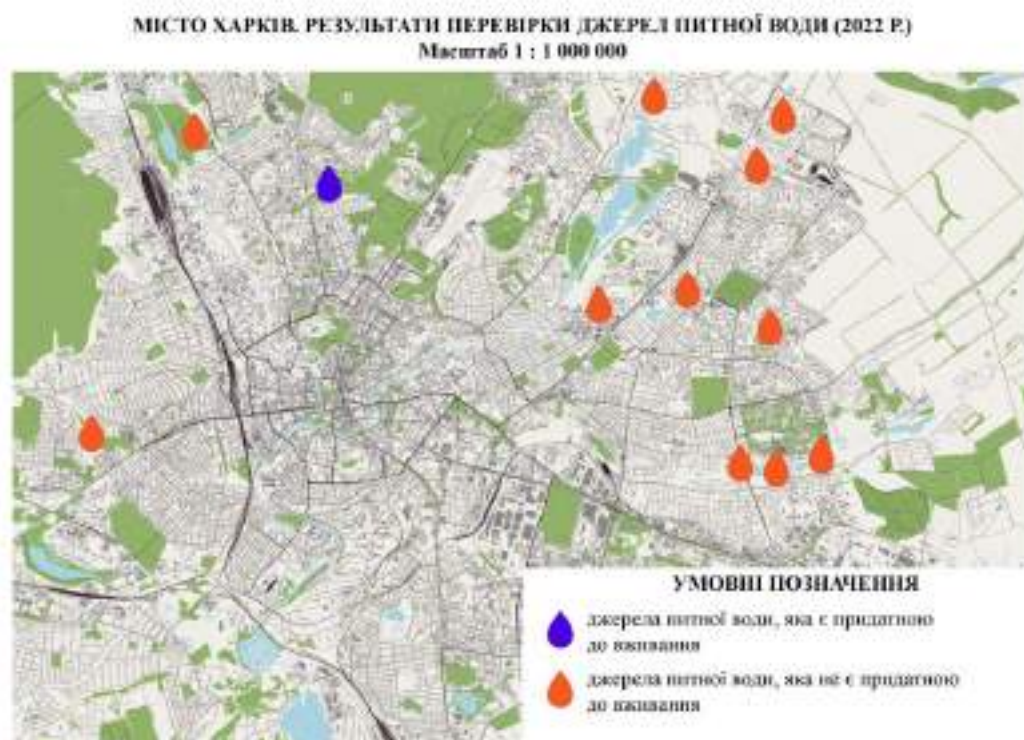


Рис. 3.22. Результати перевірки джерел питної води у м. Харкові у 2022 р. (за даними [219, 234, 250])

Третім наслідком війни для екосистем Харківської області стало винищення об'єктів природно-заповідного фонду. Окрім вже названих раніше лісових масивів на території Харкова разом із ботанічними пам'ятками природи та Ізюмської луки, під ударами опинився НПП «Дворічанський», який був відомий своїми крейдяними скелями та лучно-трав'янистими ландшафтами із домішками дібров. З 2023 р. він опинився на лінії зіткнення, і перебуває під постійними обстрілами. Сіверськодонецький заказник поблизу Вовчанська з 2024 р. майже повністю винищений, оскільки став ареною військового протистояння, і на його місці зараз вщент випалені поля із траншеями.

У 2022 р. так чи інакше постраждали регіональний парк «Ольхова балка», заказник «Печенізький», регіональний ландшафтний парк «Печенізьке поле», ландшафтний парк «Малинівський», і повністю винищені регіональні парки «Ізюмська лука» та «Червонооскільський».

Крім вищенаведених наслідків, самі по собі обстріли з будь-якого виду озброєння є стресовим фактором, як для живих організмів, так і для екосистеми в цілому. Вони підіймають в повітря сотні тон пилу, важких металів, сажі та парникових газів, руйнують будинки, оглушують тварин і риб. Наразі неможливо точно порахувати загальну кількість обстрілів, які відбулися за період війни, проте приблизно можна оцінити їх по основних населених пунктах для ракет, дронів, КАБ та авіанальотів.

Таким чином, враховуючи всеохоплюючий характер безпосередніх геосистемних наслідків проходження активних бойових дій, можна зробити висновок, що за майже 3 роки конфлікту його форма і територія охоплення для досліджуваного регіону змінювалися. Доцільно виділити 4 основних фази для Харківської області: перша – стрімкий наступ ворога із інтенсивними обстрілами, друга – швидке звільнення майже всієї території області Силами Оборони України, третя – перехід військового конфлікту у формат дистанційних обстрілів та сутичок біля північно-східних меж регіону, четверта – повторний наступ росіян поблизу Куп'янська та на північ від Харкова (у районі Вовчанська).

Найголовнішими наслідками для досліджуваного регіону стали масовий характер замінованості, деградація стану джерел питної води, масштабні лісові пожежі, знищення Оскільського водосховища, забруднення атмосферного повітря внаслідок численних обстрілів, забруднення поверхневих вод та ґрунтового покриву нафтопродуктами і важкими металами, винищення або сильні пошкодження цілої низки об'єктів природно-заповідного фонду, переважно навколо Харкова та у басейні річки Оскіл.

У зв'язку із ключовою роллю військових дій на моментальні зміни у стані навколишнього середовища, починаючи з 24.02.2022, важливою теоретико-методологічною задачею для прояснення характеру геосистемних наслідків

військових дій для Харківської області, є їх виділення в окрему групи чинників, які мають вплив на кліматичні умови та стан водних об'єктів.

Перший термін, запропонований автором в рамках даного дослідження **«мілітарно спровоковані зміни клімату»** - зміни показників стану приземного шару атмосфери (температура і вологість повітря, кількість опадів, хмарність, наявність забруднюючих речовин у повітрі), які мають тимчасовий чи тривалий період фіксації та є наслідком ведення активних бойових дій, застосування різних видів зброї (переважно артилерії, ракетних установок, бомб, авіації, дронів) і акумуляції залишків боєприпасів і військової техніки.

Другий термін, що пропонується автором присвячений впливу на гідрологічну складову: **«мілітарно-індуковані загрози для водних екосистем»** - зміни показників стану водних об'єктів, спричинені активними військовими діями, які мають тимчасовий чи тривалий характер дії і проявляються у деформації водних об'єктів, забрудненні їх важкими металами, нафтопродуктами, речовинами біогенного походження, які спричиняють деградацію водних екосистем.

3.6. Сучасні зміни геоєкологічного стану регіону

Дослідження впливу активних бойових дій на території Харківської області на стан наземних водних екосистем, які займають значну частину регіону, ускладнене через руйнівну дію мілітарного фактора на стан моніторингової мережі для фіксації кліматологічних, гідрологічних та екологічних показників. Починаючи з 2022 року, на ряді метеостанцій (Балаклія, Куп'янськ. Ізюм, Великий Бурлук) впродовж майже 9 місяців майже не проводилися вимірювання. Після деокупації значної частини регіону деякі метеостанції відновили свою роботу, і у 2022-2024 рр. за виключенням Куп'янська метеорологічна система спостережень функціонувала майже повноцінно. Проте, починаючи з травня 2024 р. окрім Куп'янська, робота Золочівської метеостанції була значно ускладнена через близькість лінії фронту та інтенсивних артилерійських

обстрілів. Хоча більшість метеостанцій продовжувала функціонувати весь час, проте наявність «пробілів» у ряді спостережень, викликає перервність вибірки, що порушує загальні принципи математико-статистичного аналізу.

Єдиним можливим шляхом проведення досліджень через нестачу даних із стаціонарних пунктів спостережень є застосування дистанційних методів та геоінформаційних систем. Для макрорівня досліджень доцільно застосовувати супутникові знімки, які мають таку саму роздільну здатність, як і знімки, що були використані для вивчення ерозійної небезпеки, тобто 30 м. З доступних до використання джерел, для даної роботи були обрані знімки HLS-2 Landsat Operational Land Imager Surface Reflectance, які існують для території Харківської області, починаючи з 2013 року [212]. Дані космознімки дозволяють оцінити загальний стан земельного покриву та особливо стану рослинності і водних об'єктів. Враховуючи це, важливою задачею вибірки був підбір знімків, коли максимальна частка рослинного покриву перебуває у періоді активної вегетації із зеленим листям та визріваючими культурами на сільськогосподарських полях. Для помірних широт ідеальним часом для подібних досліджень слугує перша-друга декада червня. Другим критерієм для підбору знімків є хмарність, яка у цей період року періодично значно зростає. Для цього була обрана межа допустимості для космічних знімків до 10%. Єдиним виключенням для даного дослідження стали знімки червня 2022 року, коли майже весь місяць панувала хмарні погода, а тому для центральної і західної частин регіону хмарність коливається в межах 25-30%. Не дивлячись на дану проблему, зоною особливого наукового інтересу складають східна та північна частини області, які впродовж всього періоду мають майже нульові показники хмарності.

Обробка космічних знімків включає кілька основних етапів. Перший полягає в обмеженні звантажених космознімків у 3 каналах по досліджуваній території в програмному продукті ArcGIS Pro за допомогою інструменту *Data Frame Properties – Clip to shape*. Після цього знімки необхідно згрупувати у композити з декількох каналів. Для досліджень стану рослинного покриву

необхідними є зелений канал (Band 3), червоний (Band 4), та ближній інфрачервоний (Band 5). Далі утворені композити для однорідності групуються у мозаїку за допомогою однойменного інструменту. Третім кроком є проведення некерованої класифікації, яка представляє собою автоматизовану вибірку пікселів за їх відтінком із групуванням їх у задану кількість класів.

Після цього з метою уточнення результатів необхідно провести керовану класифікацію, яка є напівавтоматизованою. Враховуючи великі розміри досліджуваної території при обраному методі для забезпечення максимально можливої точності класифікації необхідно створити для кожної мозаїки знімків близько 300 кластерних точок, які є еталонними для виділення класів. Останнім кроком для обробки космічних знімків є надання забарвлення виділеним класам, створеним під час керованої класифікації, яке було би близьким до природного вигляду і легше сприймалося для проведення картографічного аналізу. Оскільки некерована класифікація є лише проміжним етапом даного дослідження, і її результати у макромасштабі майже співпадають із керованою класифікацією, то для них не були створені окремі картографічні зображення.

Аналіз композитів космічних знімків дозволив оцінити загальний стан рослинного покриву, найбільших водних об'єктів і контури найважливіших населених пунктів. У 2021 році (рис. 3.23.а), який для даного дослідження виступає базовим, оскільки це останній часовий проміжок, що передував повномасштабному вторгненню з боку РФ, встановлено, що найбільші лісові масиви на території області переважно складаються з двох порід дерев. Це діброви, утворені дубами, а також бори, які утворені сосною. Перша категорія приурочена переважно до плакорних ділянок річкових долин та для правих берегів річок. Другий вид переважно характерний для лівих терасованих берегів, якщо говорити про природні насадження, оскільки значна частина лісових масивів є або відновленою, або повністю штучно створеною. Найбільші лісові масиви знаходяться у кількох районах. Першим з таких прикладів можна навести приуслову частину долини Сіверського Дінця, Оскола, Берестової, Мерли.

Другим районом зосередження лісів є північні та західні околиці міста Харкова, значна частина яких є штучно насадженою (рис. 3.23.а).

Третім видом лісових насаджень є вітрозахисні смуги, які створені впродовж ХХ ст. навколо більшості сільськогосподарських угідь.

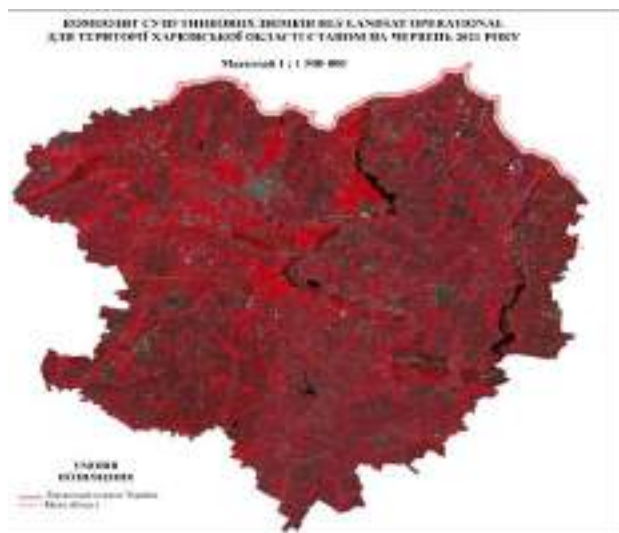


Рис. 3.23.а

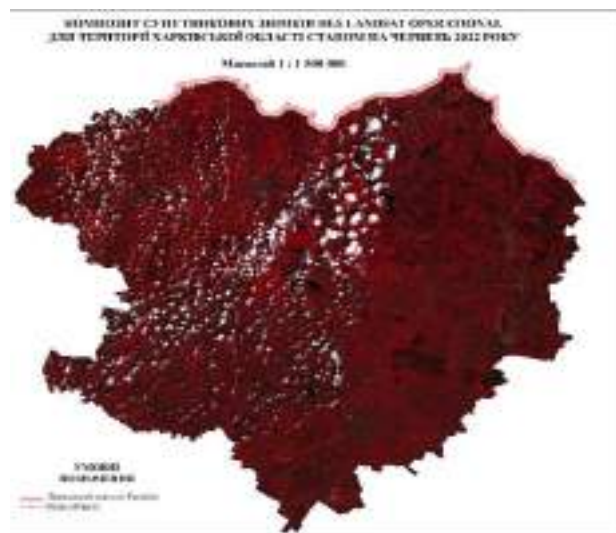


Рис. 3.23.б.



Рис. 3.23.в

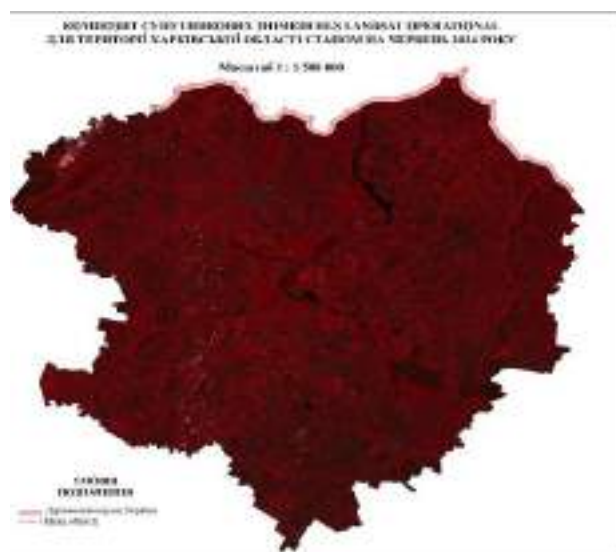


Рис. 3.23.г

Рис. 3.23. Композити супутникових знімків HLS Landsat Operational для території Харківської області станом на: а) червень 2021 року, б) червень 2022 року, в) червень 2023 року, г) червень 2024 року (за даними [212])

За даними композита знімків 2022 року (рис. 3.23.б) загальна конфігурація основних лісових масивів не змінилася, і на макромасштабі спостерігаються

фрагментарні зміни на північних околицях Харкова, в районі західного берега Печенізького водосховища. Композит, створений для 2023 року, відрізняється від попередніх років загальним менш інтенсивним червоним забарвленням, що не свідчить про стрімке зменшення лісистості досліджуваної території, оскільки причиною таких відмінностей є вихідні дані самого знімку, а тому необхідно аналізувати відносний характер забарвлення на самому зображенні. Проведений аналіз свідчить, що до порушень у стані рослинного покриву, які були виділені у 2022 році, додався район на схід від міста Куп'янська, де фіксувалися більш інтенсивні наземні бойові зіткнення (рис. 3.23.в). Знімки 2024 року за загальними особливостями є майже тотожними до 2023 року, проте в районі Трав'янського водосховища поблизу села Липці та міста Вовчанська спостерігається стрімке локальне зменшення інтенсивності рослинного покриву, спричинене пожежами та вибухами внаслідок розширення лінії фронту у цьому напрямку.

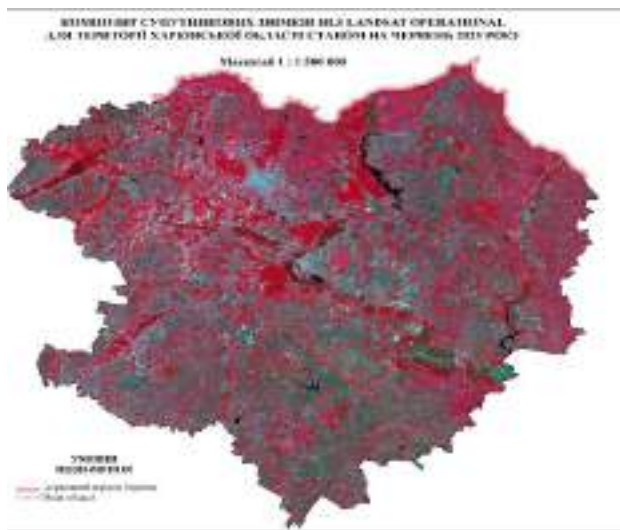


Рис. 3.23. Композит супутникового знімку HLS Landsat Operational для території Харківської області станом на червень 2025 року (за даними [212])



Рис. 3.25. Керована класифікація для території Харківської області станом на червень 2021 року (за даними [212])

Композит 2025 року (рис. 3.23) демонструє стрімку деградацію рослинних угруповань в районі верхньої течії річки Оскіл, а також на північ від Харкова та

у районі Вовчанська, що спричинено інтенсифікацією бойових дій у досліджуваних районах. Загальне зменшення частки червоного кольору на цьому космоснімку спричинене часом вибірки, оскільки враховуючи поступовий характер появи знімків для завантаження, для 2025 року були доступні зображення лише для перших чисел червня, коли сільськогосподарські культури ще визрівають і не мають інтенсивного зеленого забарвлення.



Рис. 3.26.а



Рис. 3.26.б



Рис. 3.26.в



Рис. 3.26.г

Рис. 3.26. Керована класифікація для території Харківської області станом на: а) червень 2022 року, б) червень 2023 року, в) червень 2024 року, г) червень 2025 року (за даними [212])

Результати керованої класифікації, проведеної для знімків 2021-2025 рр. (рис. 3.25, 3.26), представлені на окремих картографічних зображеннях. Аналіз отриманих творів дозволив підтвердити тенденцію до деградації лісових масивів в районах активних бойових дій, однак на відміну від композитів, які недостатньо чітко дозволяють оцінити стан соснових лісів, оскільки вони мають меншу зімкнутість крон деревостою, а тому не виділяються так само яскраво, як листяні ліси. Серед постраждалих за час війни масивів є ліс у районі Ізюмської луки, який значно постраждав, однак для більш детальної оцінки масштабів руйнувань необхідно проаналізувати меншу за площею ділянку Харківської області.

Другою важливою особливістю є зміна площі лісових насаджень поблизу Старого Салтова у 2023 та 2024 рр. (рис. 3.26.в, 3.26.г), які скоротилися за даними картографічної геометрії приблизно 20%. Крім того, загальний стан покриву області характеризується висушенням рослинності не лише для лісових масивів, а і для сільськогосподарських полів. Особливо помітно це у 2024 році, який характеризувався значною тривалістю посух, починаючи з кінця червня. Хоча кількість опадів на початку місяця лишалася звичною для цієї пори року [51], вже на початку літа стовпчики термометра майже щоденно показували відмітку у +30 °C і навіть +35°C, що спричинило висихання сільськогосподарських культур.



Рис. 3.27. Розподіл індексу NDVI на території Харківської області станом на червень 2021 року (за даними [212])



Рис. 3.28.а



Рис. 3.28.б



Рис. 3.28.в



Рис. 3.28.г

Рис. 3.28. Розподіл індексу NDVI на території Харківської області станом на: а) червень 2022 року, б) червень 2023 року, в) червень 2024 року, г) червень 2025 року (за даними [212])

Наступним етапом узагальненого картографічного аналізу для досліджуваної території став вегетаційний індекс NDVI. Він обраховується як результат ділення різниці значень ближнього інфрачервоного та червоного каналів на їх суму. Значення індекси варіюється від -1 до 1. Якщо індекс має

від'ємні значення чи значення, наближені до нуля, це говорить про незадовільний стан рослинного покриву на досліджуваній території або про його відсутність. Застосування даного вегетаційного показника дозволило більш чітко виділити межі водних об'єктів Харківської області, таким, як Печенізьке та Оскільське водосховища, озеро Лиман та інші (рис. 3.27, 3.28).

Найважливішими об'єктами аналізу є прируслові ділянки річкових долин та найбільші об'єкти природно-заповідного фонду. В цілому, починаючи з 2021 року для всієї території Харківської області спостерігається поступове зниження загальних значень індексу NDVI, переважно у північній та східній частинах регіону. Для 2022 року (рис. 3.28.а) значення показника зміщені через порівняно високий ступінь хмарності, особливо в районі Харкова та навколишніх населених пунктів. Також помітні зміни відбулися у районі Ізюма, де були масштабні лісові пожежі і майже не велася активна сільськогосподарська діяльність через значну замінованість. У 2023 році (рис. 3.28.б) загальні значення індексу на всій території області зросли, що пояснюється загальною стабілізацією військової обстановки. Єдиним виключенням є прикордонні ділянки області, особливо на північ від Харкова та Золочева, а також правий берег річки Оскіл. Нижчі значення індексу у північно-західній частині області спричинені залученням на дане картографічне зображення знімків, які датуються першими числами червня, коли сільськогосподарські культури мають інший ступінь стиглості, а тому не виражаються у знімку, як рослинний покрив. 2024 рік (рис. 3.28.в) був дуже посушливим і жарким, що відобразилося і на характері розподілу індексу NDVI. Характерною особливістю знімку є відсутність критично низьких значень індексу для неводних об'єктів, проте водночас за винятком лісових масивів, для більшості сільськогосподарських угідь характерні низькі значення індексу, що наближені до нуля. Це свідчить про те, що рослини на полях мали незадовільний стан і є прямим наслідком посушливої погоди, яка панувала у той період часу. 2025 рік (рис. 3.28.г) характеризується мінімальними значеннями індексу NDVI, що спричинене зменшенням площі оброблюваних сільськогосподарських угідь у східній частині Куп'янського та Ізюмського районів та у північній частині

Чугуївського та Харківського районів. На інших територіях такі разючі відмінності спричинені періодом вибірки даного знімку, який припадає на час, коли рослинний покрив на полях ще не визріває достатньо для утворення сукупностей зелених насаджень. Проте на знімках 2024 та 2025 років є спільна риса, яка проявляється у стрімкому зменшенні значень індексу у прикордонних ділянках та у Куп'янському районі, проте для більш детального вивчення просторових особливостей даних змін доцільно створити більш крупномасштабні картографічні твори.

Оскільки найбільші зміни як у результатах керованої класифікації, так і розподілу індексу NDVI відбулися на північний схід від Куп'янська, поблизу Ізюма та на північ від Харкова та Вовчанська, то саме для цих районів створені окремі серії картографічних творів, які включають результати перекласифікації, оскільки вона базується на вивченні території із меншою площею, де можливо більш точно ідентифікувати окремі класи. Це впливає і на NDVI, а тому для даного рівня дослідження, він теж був перерахований для обраної території.



Рис. 3.29. Керована класифікація для південно-східної частини Харківської області за період 2021-2025 рр. (за даними [212])



Рис. 3.30. Керована класифікація для північних околиць Харкова та Вовчанська за 2021, 2024, 2025 рр. (за даними [212])

Південно-східна частина Харківської області зазнала помітних змін у стані природного покриття, починаючи з 2022 року (рис. 3.29). У 2022 та 2023 рр.

помітно, як був винищений ліс у районі Ізюмської луки. Засоби картографічної геометрії дозволили встановити, що 85% лісового масиву вигоріло під час ведення бойових дій.

Загальний рослинний покрив сільськогосподарських угідь також змінився. Поля на досліджуваній території, особливо в районі на схід від річки Оскіл мають тенденцію до зменшення частки зелених вегетуючих рослин на ріллі впродовж 2022-2023 рр., проте у 2024 та 2025 рр. можна побачити, що на знімках ця місцевість вирізняється переважанням рослинності, що перебуває у спектрі, наближеному до деревної листяної рослинності, проте із меншими значеннями відбивання хвиль. Це свідчить про розріджений характер такого покриття, і вочевидь на місцевості він відповідає густій трав'янистій рослинності із домішками кущів. Це є прямим наслідком припинення активної господарської діяльності у регіоні і поширення інвазивних видів та різних форм бур'яну.

Для північної частини Харківської області спостерігаються подібні процеси. У 2021 році переважна частина полів була засіяна зеленими рослинами, які чергувалися із повністю пустими угіддями, що спричинене поширенням практики сівозміни, коли кожного року використовуються різні ділянки для висадження культурних рослин, а інші землі залишаються «під паром» з метою відновлення їх родючості.

У 2024 році (рис. 3.30) помітне змішування цих угідь, оскільки межі полів на знімку виокремлюються менш чітко, що свідчить про порушення у характері розподілу рослинності. Більшого поширення набувають закинуті землі або землі із чагарниковим чи густим трав'янистим покривом. Крім того, враховуючи посушливий характер літа цього року, цілком очевидним є факт посушливості значної частини рослинності. У 2025 році період вибірки знімків був зміщений на 2 тижні назад, а тому на полях спостерігається більше поширення зелених угруповань трав'янистого і чагарникового типу при збереженні розмитості меж сільськогосподарських угідь.

Окрему зону інтересу становлять лісові угіддя. На знімку 2021 року чітко виділяються лісовий масив, що тягнеться вздовж лівого краю знімка від села

Великі Проходи до Лісопарку в межах Харкова (рис. 3.24), дубові ліси на правому березі Печенізького водосховища та соснові ліси поблизу Вовчанська і у лівобережній частині водосховища.

На знімку 2021 року межі лісових масивів ускладнені прямокутними ділянками на околицях та всередині цих угідь. На відміну від інших інтрузій, що мають різну форму, прямокутні ділянки явно виступають маркером антропогенного втручання і були ідентифіковані як місця лісовирубок. У 2024 та 2025 рр. на знімках фіксується значне зменшення площі лісовкритих земель, спричинене як веденням бойових дій, так і переходом до більш посушливого режиму зволоження.

Найбільш незмінною частиною знімку є правий берег Печенізького водосховища поблизу його нижньої частини, де зберігається чітке виділення контурів сільськогосподарських угідь та лісопосадок, що свідчить про продовження ведення активної господарської діяльності на цій території.



Рис. 3.31. Розподіл індексу NDVI у південно-східній частині Харківської області за період 2021-2025 рр. (за даними [212])

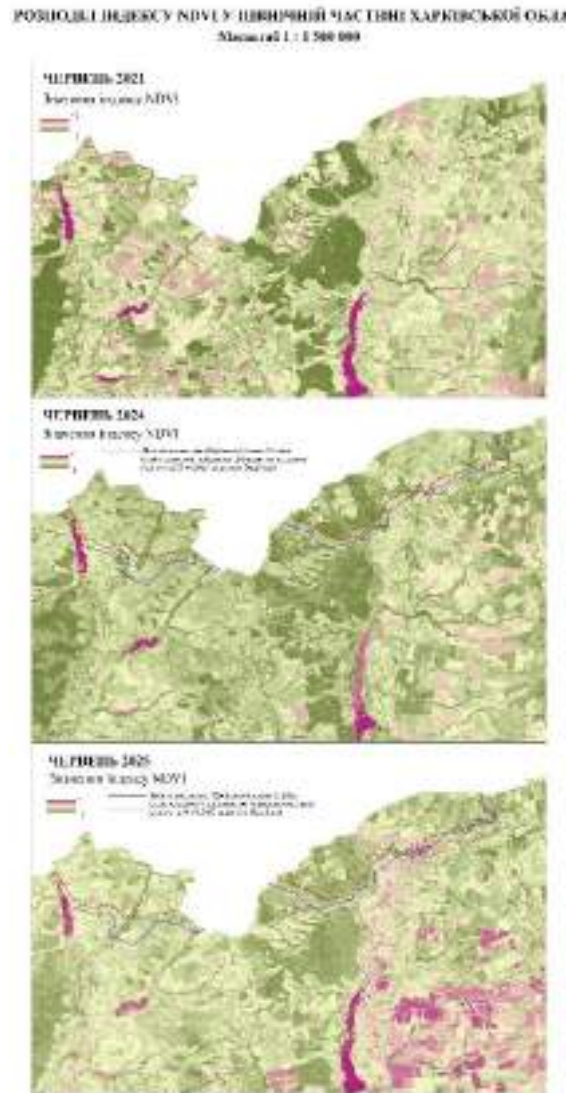


Рис. 3.32. Розподіл індексу NDVI у північній частині Харківської області у 2021, 2024, 2025 рр. (за даними [212])

Аналіз розподілу індексу NDVI у південно-східній частині Харківської області (рис. 3.31) дозволив оцінити як військові дії змінили характер водних ресурсів. Найбільшою екологічною катастрофою, яка була зафіксована тут, було знищення Оскільського водосховища у 2022 році. Воно відбулося у два етапи, оскільки вже за даними початку літа 2022 року помітне стрімке обміління основної частини водосховища, що проявляється у збільшенні показників індексу NDVI. При цьому нижня частина водосховища, що є найглибшою, лишилася майже без змін. У 2023 році майже все водосховище зникає з карти, і на його місці утворюється обширна ділянка із розрідженим рослинним

покривом. Вже у 2024-2025 рр. помітне поступове відносне зростання значень індексу NDVI для цієї території, що є свідченням заростання колишньої акваторії Оскільського водосховища.

Другою помітною зміною, яка була ідентифікована саме за допомогою індексу NDVI є знищення лісових масивів у басейні Осколу. На більш дрібномасштабній карті для всієї території Харківської області ця територія не настільки детально представлена, а тому лише зменшення площі досліджуваної ділянки дозволяє провести її більш детальний аналіз. У 2024 році помітне різке зниження значень індексу на північ та схід від Куп'янська, а у 2025 році ділянки колишнього лісу вже мають значення індексу, майже такі самі, як і для води, що свідчить про наявність на їх місці темного випаленого ґрунту, який для супутникових лінз потрапляє у спектр відбиття, схожий на поверхню глибоких водойм. Такі ж процеси спостерігаються і у південно-східному краї знімку, де окрім Ізюмської луки, значення індексу різко знижуються і на схід від міста Ізюм. Ця територія знаходиться відносно неподалік від Серебрянського лісництва, яке стало ареною запеклих боїв в околицях міста Лиман сусідньої Донецької області. Не дивлячись на те, що бойові дії станом на 2024-2025 рр. не ведуться безпосередньо на цій ділянці області, лісові пожежі внаслідок обстрілів швидко поширюються, а складність доставлення туди пожежних служб, спричиняє зростання площі згорянь.

У північній частині Харківської області завдяки проведенню аналізу методом NDVI були виявлені зміни у стані наземних водних екосистем. Так, окрім зміни стану лісового покриву поблизу Печенізького водосховища, навколо Харкова набули більшого поширення ділянки лісів, що мають низький показник індексу. Причиною цього є масштабні лісові пожежі, які охопили дану територію у серпні-вересні 2024 р. Крім того, 2024 р. на фоні зниження кількості опадів та зростання показників випаровуваності, північна та центральна частини Печенізького водосховища характеризуються зростанням значень індексу NDVI, що свідчить як про зниження рівня води у цьому гідрологічному об'єкті, так і про поширення явища «цвітіння води». Навіть у найглибшій південній частині

водосховища індекс помітно виріс, хоча і не настільки суттєво як поблизу верхнього б'єфу.

Таким чином, застосування геоінформаційного методу дослідження на основі мозаїк супутникових знімків HLS Landsat Operational за період 2021-2025 рр. разом із аналізом їх композитів та сформованих на їх основі керованої класифікації та обрахуванні індексу NDVI, дозволили оцінити загальні особливості просторового розподілу ступеню деградації наземних водних екосистем. Найбільше постраждали сільськогосподарські угіддя на північ від Харкова, у прикордонній зоні та у східній частині басейну річки Оскіл. Крім того, фіксується порушення меж угідь із винищенням вітрозахисних лісосмуг у районі с. Липці та м. Вовчанська, внаслідок чого колишні угіддя перетворюються на пусті землі, які поступово заростають чагарниками. Подібні тенденції спостерігаються і на правому березі річки Оскіл, проте лише з 2023 р. Лісові масиви Ізюмської луки були винищені навесні та влітку 2022 р. на 85%. Впродовж 2023-2025 рр. фіксуються значні випалення лісових ділянок на схід від Ізюма. У 2024-2025 рр. внаслідок лісових пожеж на масованих обстрілів були значно винищені лісові масиви між Трав'янським водосховищем та окружною дорогою міста Харкова, дубові ліси на правому березі і бори лісового берега Печенізького водосховища. Найбільш катастрофічний ступінь деградації лісів зафіксований за даними знімку 2025 року на лівому березі Осколу, де масив був винищений майже на 100%. Серед водних об'єктів найбільші зміни торкнулися Оскільського водосховища, яке впродовж 2022-2023 р. майже повністю зневоднилося, і на його місці утворилися великі відкриті території з розрідженим лісовим покривом, проте вже у 2024-2025 рр. фіксується поступове заростання вивільнених земель, і дана територія стала прикладом дії саморегуляції та самовідновлення природних систем. Печенізьке водосховище, не дивлячись на відсутність настільки кардинальних змін, теж має деградаційні тенденції, оскільки у 2024 р. через суху і спекотну погоду воно значно обміліло і внаслідок прогрівання почав фіксуватися процес «цвітіння», який зазвичай не є характерним для середини червня.

3.7. Оцінка динаміки стану водних басейнів

Кліматичні коливання, негативні процеси у сучасній гідрологічній динаміці, зміщення показників екологічного стану річок та ерозійні процеси у річкових долинах під помітним впливом активних військових дій на досліджуваній території спричинили активні процеси змін. З метою більш точної фіксації їх, що відбулися у стані природних компонентів актуальною науковою задачею постає математичне обґрунтування їх оцінки. Враховуючи різний характер проходження, агрегатний стан та одиниці вимірювання показників, що включені у дане дослідження, необхідно провести їх стандартизацію у вигляді створення математичної формули.

В рамках виконання поставлених дослідницьких задач був виведений *Індекс динаміки стану (ІДС)*:

$$ІДС = \sum_f \frac{f \in \{\Delta T_{\text{пов}}, \Delta T_{\text{вод}}, \Delta P, \Delta Q, \Delta ІЗВ, \Delta А, \Delta E, \Delta W_{\text{війна}}\}}{n}, \text{ де}$$

- $\Delta T_{\text{пов}}$ - зміна середньорічної температури повітря;
- $\Delta T_{\text{вод}}$ - зміна середньорічної температури води;
- ΔP - зміна опадів;
- ΔQ - зміна витрат води;
- $\Delta ІЗВ$ - зміна індексу забруднення вод;
- $\Delta А$ - зміна загального забруднення атмосфери/викидів;
- ΔE - рівень ерозійної небезпеки;
- $\Delta W_{\text{війна}}$ - індикатор мілітарного впливу на навколишнє середовище;
- n – кількість показників стану.

Даний показник є комплексним, бо до нього включаються дуже різні за характером складові стану навколишнього середовища. Кожен показник оцінюється у балах від -5 до +5 балів та має свої специфічні риси, а тому доцільно створити систему оцінювання окремо для кожного із них. Оскільки показник є сукупною результуючою осередненою функцією кількох індикаторів, то і

загальна динаміка має ті самі межі поливання у балах. Наведена система оцінювання наведена в табл. 3.6, де зазначено текстовий опис отриманих балів, змін і їх інтенсивність.

Таблиця 3.6

Система оцінювання індексу динаміки стану (ІДС)

Бали	Характер динаміки стану	Характеристика процесів
< +5	Надзвичайно сприятлива	Стале покращення більшості показників, негативні тренди відсутні або статистично незначущі. Ймовірність деградаційних процесів мінімальна. Рекомендуються підтримувальні заходи
< +4	Дуже сприятлива	Переважає поліпшення екологічного стану, окремі відхилення локального та короткочасного характеру. Рекомендується базовий моніторинг і збереження практик адаптивного керування
< +3	Сприятлива	Позитивна динаміка з помірною змінністю. Ризики погіршення екологічного стану низькі, виділяються окремі «кризові» ділянки або відрізки часу. Рекомендується проведення превентивних дій, посилення моніторингу у потенційно вразливих ділянках
< +2	Переважно сприятлива	Баланс екологічної динаміки в цілому позитивний, однак фіксуються поодинокі проблемні показники чи коливання в окремі роки. Рекомендуються коригувальні заходи у кризових ділянках та посилення моніторингу
< +1	Помірно сприятлива	Екологічний стан території повільно покращується, проте кілька показників мають переважаючі негативні тенденції. Рекомендуються локальні природоохоронні дії та оптимізація природокористування
> -1	Помірно несприятлива	Незначне погіршення екологічного стану території, фіксується нерізка, проте стійка негативна динаміка за рядом показників. Рекомендується впровадження адресних екологічно орієнтованих заходів на постійній основі із посиленням моніторингу
> -2	Несприятлива	Більшість індикаторів мають тенденції до погіршення стану, зростає частота порушень гранично допустимих концентрацій. Рекомендуються планові рекультиваційні дії, перегляд екологічних ліцензій та посилення моніторингу
> -3	Дуже несприятлива	Виражені деградаційні процеси у екологічному стані території. Рекомендуються термінові комплексні заходи рекультиваційного характеру та посилення моніторингу
> -4	Кризова	Системне погіршення екологічного стану, високий рівень екологічних ризиків та збитків. Висока ймовірність незворотних змін стану екосистем. Рекомендується проведення системних антикризових дій із введенням екологічних мораторіїв та посилення моніторингу
> -5	Катастрофічна	Критична деградація екологічного стану із загрозою для населення та біоти, множинні екологічні порушення. Рекомендується тимчасове припинення господарської діяльності, проведення невідкладних антикризових заходів та посилення моніторингу

Першим показником, включеним до даного індексу є вплив ерозійних процесів. Досліджувана територія характеризується значним поширенням яружно-балкових систем, які створюють численні проблеми площинного та схилового змиву ґрунтів, а також ускладнюють ведення сільського господарства і будівництва. За наявними науковими публікаціями і стандартами [29], критичними вважаються значення ухилів схилів, більші за 15°, отже приймаємо це значення, а значить і всі більші за мінімальний бал у обраній методиці. На перших етапах дослідження була створена картографічна модель, яка демонструє поширення ухилів схилів по всій території області. Оскільки дані ерозійної небезпеки неможливо адекватно передати у табличному вигляді, то доцільніше буде адаптувати результати оцінки динаміки ІДС до представлення у вигляді геозображення. Для цього необхідно рекласифікувати значення ухилів схилів згідно із отриманої системи (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Система оцінювання ерозійної небезпеки за методом ІДС

Ухил схилів, градуси	Кількість балів (ІДС)
0,0-3,0	0,0-1,0
3,1-6,0	1,1-2,0
6,1-9,0	2,1-3,0
9,1-12,0	3,1-4,0
12,0-15,0 і більше	4,1-5,0

Для картографічного представлення отриманих результатів використаний інструмент Reclassify в АркГІС Про (рис. 3.33), який дозволяє перезадати значення растру у прийнятих межах. Результатом обробки є растрове зображення із розбаловкою відповідно до індексу ІДС. Наступним рядом показників є температурні значення для повітря і води. Оскільки за Паризькими угодами 2015 року критичними вважаються значення приросту середніх річних температур 1,5°C [192]: даний показник буде прийнятий за максимально допустимий із

присвоєнням йому 5 балів. Для динаміки сум атмосферних опадів, зміни показників забруднення атмосферного повітря, індексу забруднення води (ІЗВ), витрат води всі зміни значень переводяться у відсотки від попереднього періоду (для ІЗВ відсоток загальної зміни за методом комплексної лінійної регресії) із присвоєнням значень від -5 до +5 балів (рис. 3.34).

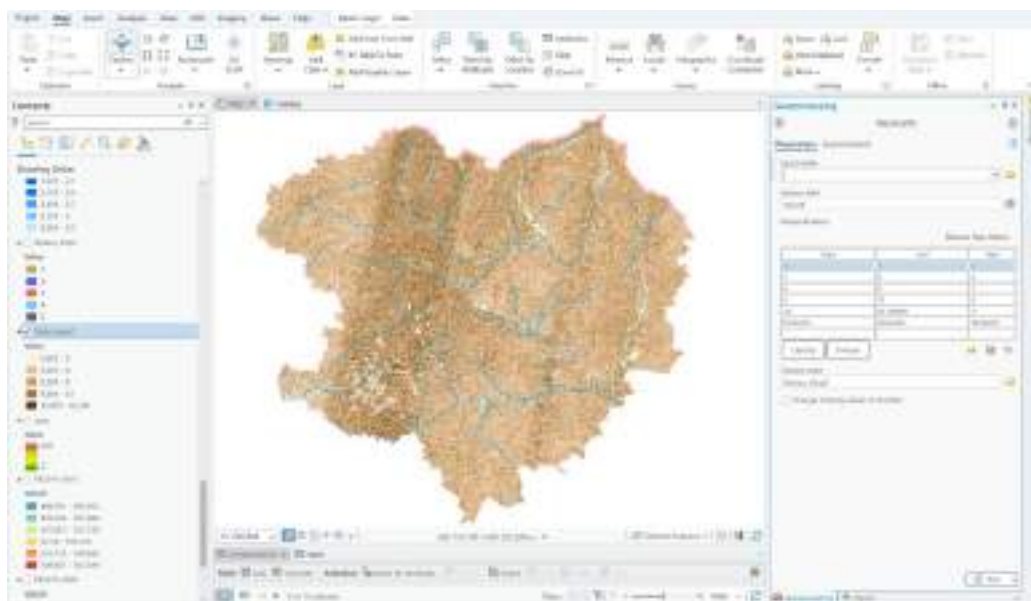


Рис. 3.33.а

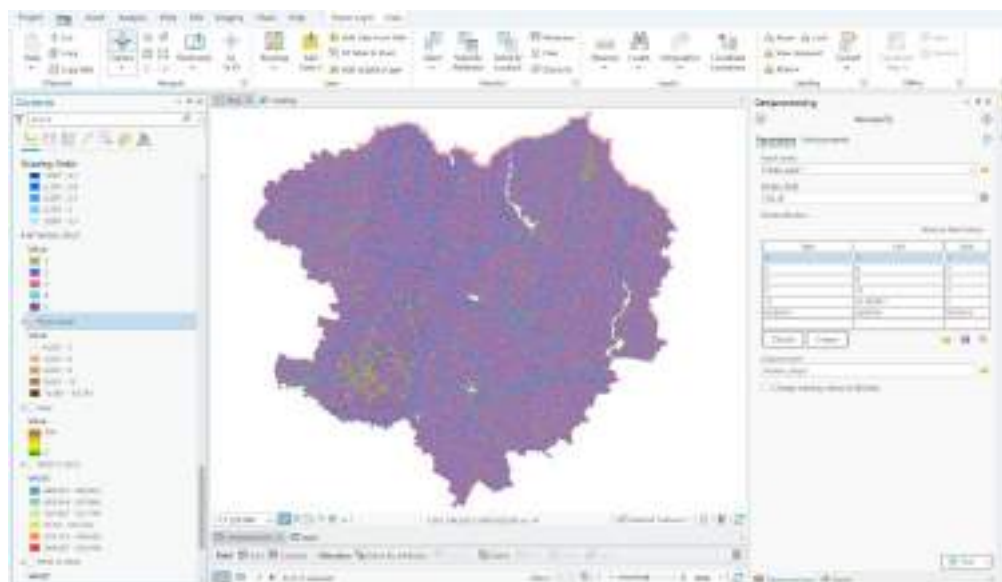


Рис. 3.33.б

Рис. 3.33. Застосування інструменту Reclassify для зміни значень растру ухилів схилів на території Харківської області (за даними [212]): а) інтерфейс інструменту, б) результуюче зображення

Таблиця 3.8

Система оцінювання кліматологічних, гідрологічних
та екологічних показників за методом ІДС

Бали (за ІЕД)	Зміна сум атмосферних опадів, витрат води	Зміна ІЗВ, забруднення атмосферного повітря	Зміна температур повітря і води
+5	+50%	-100%	-1,5°C і більше
+4	+40%	-80%	-1,2°C
+3	+30%	-60%	-0,9°C
+2	+20%	-40%	-0,6°C
+1	+10%	-20%	-0,3°C
0	+0	+0	0,0°C
-1	-10%	+20%	+0,3°C
-2	-20%	+40%	+0,6°C
-3	-30%	+60%	+0,9°C
-4	-40%	+80%	+1,2°C
-5	-50% / +50,1%	+100%	+1,5°C і більше

Особливістю присвоєння значень показника ІДС є врахування екологічного ефекту від вектору змін різних показників. Для атмосферних опадів та витрат води зменшення їх кількісних показників є негативним для стану наземних водних екосистем, а ось зменшення показників забруднення повітря та індексу забруднення води мають позитивний вплив, а тому їх зміна має діаметрально протилежне значення за показниками ІДС, проте у випадку водності річок та режиму вологості, критичним може бути і надмірне збільшення сум атмосферних опадів та витрат води, а тому розбіжність із середньою багаторічною нормою, більше, ніж на 50%, за рекомендаціями Європейського Водного агентства, прирівнюється до максимально негативної динаміки стану. Особливості впливу військових дій на стан навколишнього середовища наразі неможливо оцінити достатньо детально, однак враховуючи всеохоплюючий характер впливу цих дій на стан природних екосистем, для території, окупованих станом на 2025 рік прийняте значення ІДС -5 балів. Для територій, що перебували під окупацією у 2022 році значення індексу пропорційне тривалості їх окупації по відношенню до загальної тривалості бойових дій станом на 01.11.2025. Відповідно, для

територій, що були звільнені першими у вересні 2022 р., значення ІДС прийняте за -0,79. Окремо виділяються район Оскільського водосховища, міста Ізюм із околицями та північних околиць міста Харкова. У 2022 році вони стали ареною бойових дій із особливо активним застосуванням різних видів зброї та поширенням масштабних пожеж, тому їм також присвоєне значення ІДС -5. Оскільки водосховище отримало таку оцінку через повне зневоднення його акваторії. Наступною задачею стало представлення отриманих результатів ІДС (табл. 3.9) у картографічному вигляді. Для цього до отриманого шару із балами для показників ерозії додаються нові шари із метеостанціями, гідропостами, даними по забрудненню повітря та мілітарним впливом на навколишнє середовище. На основі перших двох векторних шарів створюються нові шари із ізолініями, розрахованими у межах Харківської області для показників змін температур повітря і води, атмосферних опадів, витрат води та показників ІЗВ.

Для інших маркерів стану території створюються векторні шари із присвоєнням значень, які за допомогою інструментів Арк ГІС Про перетворюються у растри, аналогічні до попередніх шарів. Наступною операцією є сполучення даних всіх утворених растрів за допомогою інструменту *Weighted Sum* (рис. 3.34), який обраховує усереднений показник значень пікселів для всіх растрів у проєкті.



Рис. 3.34. Застосування інструменту *Weighted Sum* у програмі Арк ГІС Про

Таблиця 3.9

Оцінка кліматологічних, гідрологічних та екологічних показників динаміки стану басейнів поверхневих вод Харківської області

Гідропост, метеостанція, пункт екологічного моніторингу	Зміни показників протягом 1991-2020 рр.						Бальна оцінка					
	Середня річна температура повітря, °С	Середня річна температура води, °С	Кількість атмосферних опадів, %	Витрати води, %	Індекс забруднення води, %	Об'єм викидів в атмосферу (загальна для області), %	Середня річна температура повітря, °С	Середня річна температура води, °С	Кількість атмосферних опадів, %	Витрати води, %	Індекс забруднення води, %	Об'єм викидів в атмосферу (загальна для області), %
Золочів	1,47		-5,17			-28	-4,91		-0,52			1,4
Великий Бурлук	1,19		-11,1			-28	-3,95		-1,11			1,4
Харків	1,26		-2,79		-2,62	-28	-4,19		-0,28		-1,31	1,4
Куп'янськ	1,15	0,71	0,16	-10,85	-2,30	-28	-3,82	-2,37	0,02	-0,54	-1,15	1,4
Слобожанське	1,27		8,2			-28	-4,24		0,82			1,4
Ізюм	1,12	0,23	-2,52	-15,88	-3,84	-28	-3,73	-0,77	-0,25	-0,80	-1,92	1,4
Лозова	1,12		-4,92			-28	-3,72		-0,49			1,4
Богодухів	1,28		-8,06			-28	-4,28		-0,81			1,4
Коломак	1,2		-8,16			-28	-4,00		-0,82			1,4
Берестин	1,15		-6,49			-28	-3,84		-0,65			1,4
Огірцеве		0,23		-33,15	-2,56			-0,77		-1,66	-1,28	
Печеніги		0,79		-5,96	-1,28			-2,63		-0,30	-0,64	
Чугуїв				-16,41	-0,77					-0,82	-0,38	
Зміїв		0,05		-15,9	-1,28			-0,17		-0,80	-0,64	
Протопоівка				-16,6						-0,83		
Червонооскільська ГЕС				-15,06						-0,75		
Вовчанськ				-45,75	-2,82					-2,29	-1,41	
Козача Лопань		-0,5		-12,12	-0,51			1,67		-0,61	-0,26	
Пересічна				-41,79						-2,09		
Безлюдівка		2,27		-15,5				-5,00		-0,78		
Циркуни				-22,97						-1,15		

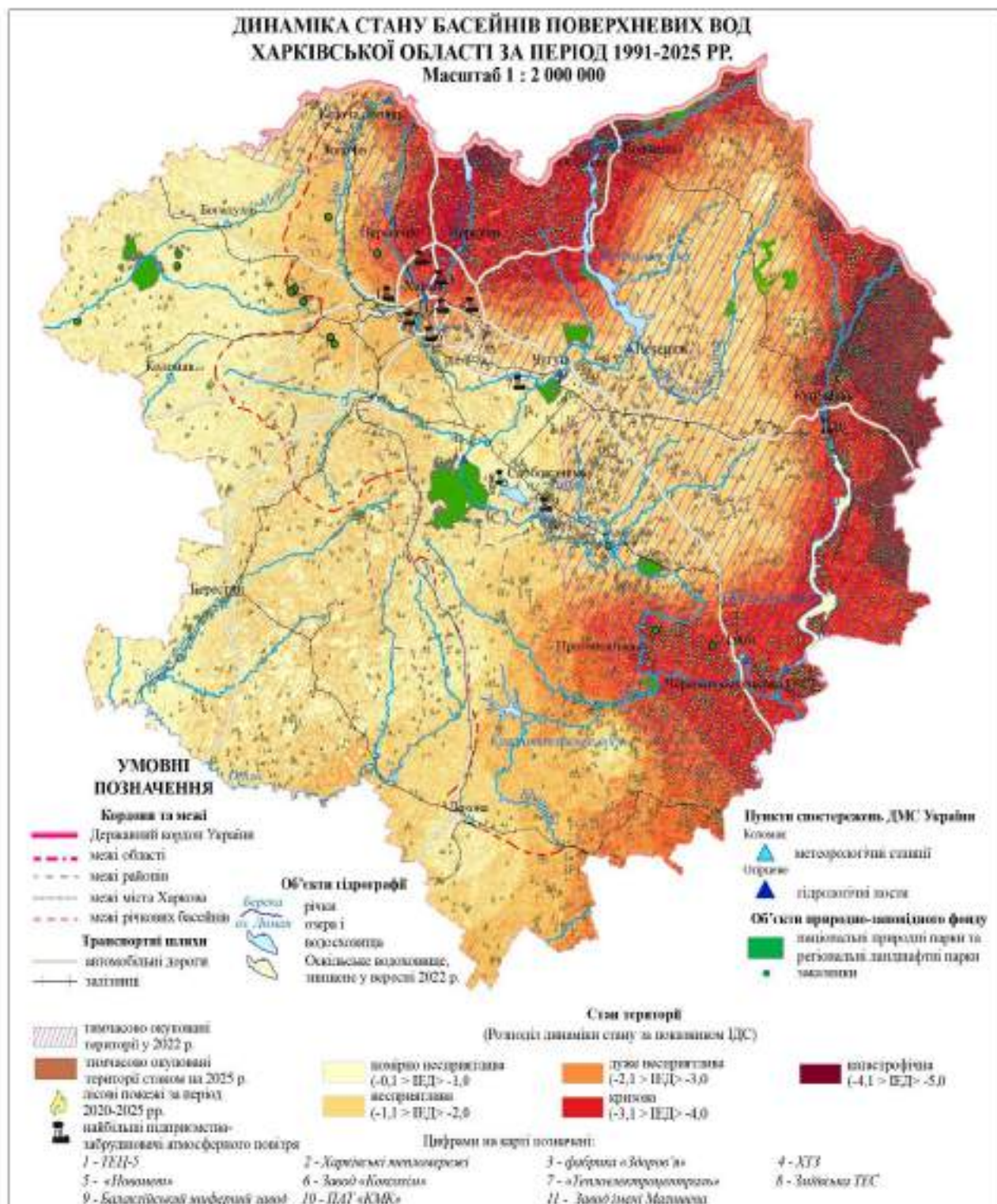


Рис. 3.35. Динаміка екологічного стану Харківської області за період 1991-2025 рр. за методом Індексу екологічної динаміки (за даними [207, 212, 216-217])

До отриманого картографічного зображення додані відомості про адміністративні та державний кордони на досліджуваній території, межа між басейнами Сіверського Дінця та Дніпра, основні об'єкти гідрографії, транспортні шляхи, як вісі потенційних екологічних ризиків, об'єкти природно-заповідного фонду, пункти кліматичного та гідрологічного моніторингу, основні підприємства-забруднювачі атмосферного повітря та лісові пожежі впродовж останнього періоду у статистичній вибірці дослідження (2020-2025 рр.), тимчасово окуповані території станом на 2022 та 2025 рр.

Таким чином, за даними підсумкового геозображення (рис. 3.35) встановлено, що катастрофічна динаміка процесів характерна для північної та східної околиць Харківської області, переважно за рахунок ролі мілітарного фактору, який спричинив катастрофічні та незворотні зміни у стані наземних водних екосистем. Кризова динаміка характерна для околиць міста Харкова та південно-східної частини приустьової частини басейну Сіверського Дінця. Причиною такого стану так само є в першу чергу мілітарний фактор, а у випадку Харкова та Золочева ще й кліматологічний, оскільки найбільше зростання температур повітря і води зафіксоване у цих районах.

Дуже несприятлива ситуація характерна для суміжних території із прифронтовою зоною, що пояснюється статистичними та картографічними особливостями обрахованого індексу ІДС. Несприятлива динаміка характерна для більшої частини Харківської області, переважно за рахунок значень приросту температур повітря і води та зменшення витрат води у річках. Помірно несприятлива динаміка поширена у західній частині області, яка є найменш постраждалою від військових дій і де немає великих водотоків, а відповідно і зміна кількості водних ресурсів та ІЗВ там мінімальна, тоді як зміна якості атмосферного повітря у даному дослідженні має фоновий характер, осереднений для території всього регіону. Зміни, спричинені ерозійними процесами, також не настільки яскраво виражені у цих районах через відсутність великих водотоків, вздовж правих берегів яких поширені найбільші значення ухилів схилів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

Дослідження особливостей формування сучасного геоекологічного стану поверхневих вод та їх екосистем на території Харківської області дозволило зробити наступні висновки:

1. Сучасні особливості динаміки рівня забрудненості атмосферного повітря впродовж 1990-2020 рр. показують, що деіндустріалізація в цілому позитивно вплинула на екологічний стан досліджуваної території: загальний об'єм викидів зменшився у кілька десятків разів. За окремими речовинами динаміка відрізняється, і навіть у період 2019-2020 рр. спостерігається різке підвищення викидів парникових газів, зокрема діоксиду сірки та діоксиду азоту. Додатково досліджені зміни концентрації парникових газів та забруднюючих речовин за період 2017-2024 рр. Отримані загальні закономірності, які показали, що початок активних військових дій спричинив незначне зростання за показниками більшості важких металів, особливо міді. Враховуючи неповний характер сучасних статистичних даних через нестабільну безпекову ситуацію, реальні обсяги забруднення можуть бути значно більшими.

2. Динаміка забруднення поверхневих вод має схожий характер із кліматичними показниками, оскільки стоки з промислових підприємств у 1990-2000-х рр. стрімко знизилися, проте в останні роки через деградацію систем очищення поверхневих вод концентрація забруднюючих речовин зростає за даними окремих гідрологічних постів. Проведена оцінка (ІЗВ) показала, що найбільший рівень забруднення характерний для верхньої течії Сіверського Дінця та Осколу, а також для річок у районі Харкова. Встановлено, що найбільші обсяги забруднень приурочені до прикордонних ділянок річкових русел, що свідчить про транскордонний характер забруднення річок в області. Помірний характер забруднення зафіксований поблизу міста Ізюм та вздовж нижньої течії річки Оскіл. Найменші показники ІЗВ фіксуються у середній течії Сіверського Дінця між Змієвом та Чугуєвом, що спричинено відсутністю у цьому районі

великих промислових підприємств та впливом антропогенно модифікованих гідравлічних споруд у нижньому б'єфі Печенізького водосховища.

3. Взаємозв'язок між кліматичними та гідрологічними, а також між кліматичними та гідроекологічними показниками виявив суттєвий ступінь зв'язку між температурами повітря і води. Зв'язок між атмосферними опадами та витратами води характерний значними коливаннями впродовж року, що спричинене переважанням різних джерел живлення річкового стоку у різні місяці. Концентрація завислих речовин у річках Харківської області відносно мало залежить від кліматичних показників.

4. Військові дії на досліджуваній території спричинили масштабні екологічні деградаційні процеси, які охопили майже третину області, що перебувала під тимчасовою окупацією впродовж 7 місяців. Особливо руйнівний характер бойових дій фіксувався на північ від Харкова, навколо Ізюма. Станом на 2025 рік територіями із найбільш катастрофічними наслідками мілітарного впливу є північні околиці Харкова та Вовчанська, а також правобережна частина басейну річки Оскіл. Вплив військових дій має настільки велике значення для зміни екологічного стану, що постала необхідність введення дефініцій, що дозволять науково їх охарактеризувати: «мілітарно-спровоковані зміни клімату» та «мілітарно-індуковані загрози для водних екосистем».

5. Створена методика оцінки змін у стані басейнів поверхневих вод за Індексом динаміки стану (ІДС) дозволила встановити, що катастрофічна динаміка характерна для прикордонних північної та східної частин області, для району Харкова та Ізюма. Помірно несприятлива та несприятлива динаміка спостерігається на більшій частині досліджуваній території.

Наукові положення, викладені у розділі 3 опубліковані у таких працях автора [25-29, 91-92, 210-211].

РОЗДІЛ 4

СЦЕНАРІЙ СТАНУ БАСЕЙНІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

4.1. Проекція змін клімату у Харківській області

Проведений аналіз багаторічної динаміки кліматичних показників геоecологічного стану наземних водних систем Харківської області на прикладі температур повітря та атмосферних опадів дозволив створити математико-статистичний базис для прогнозу змін, що відбудуться із кліматичними умовами на досліджуваній території. Враховуючи, що у попередніх етапах даної роботи були використані два багаторічних періоди: 1961-1990 та 1991-2020 рр., то доцільно проектувати отримані тенденції змін показників температурного режиму та режиму вологості на наступний період із такою самою тривалістю. У даному випадку це період 2021-2050 рр.

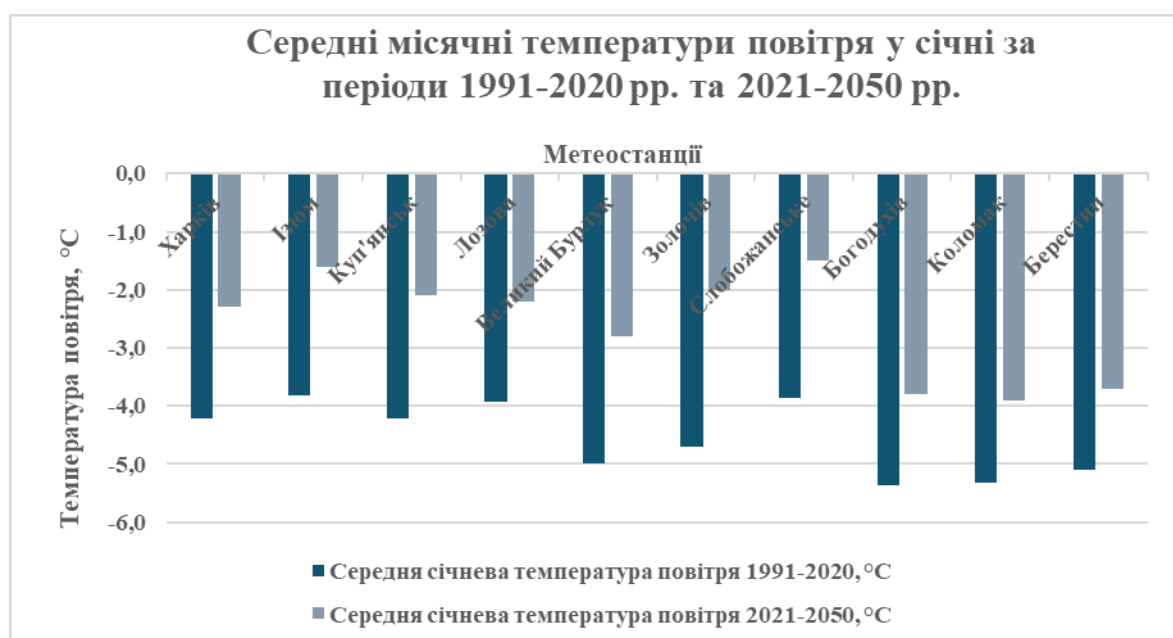


Рис. 4.1. Середні місячні температури повітря у січні за періоди 1991-2020 рр. та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Першим показником, що аналізувався, були *середні місячні температури повітря у січні* (рис. 4.1). За даними всіх метеостанцій Харківської області вони значно зросли (на 2-2,5°C), оскільки тенденції, що були встановлені для періодів 1961-1990 та 1991-2020 рр. демонстрували той самий вектор. Тому немає математичних підстав для прогнозування припинення температурного зростання у найближчому майбутньому. При цьому можливість зміни напряму температурної динаміки неможливо виключити повністю. Вона є вірогідною за кардинальної зміни у сучасному характері використання природних ресурсів та взаємодії людини і природи, але не лише на досліджуваній території, а й на великій відстані від неї.

Кліматична система є глобальною і відкритою, навіть на регіональному рівні вона відчуває вплив сторонніх факторів, які формуються за тисячі кілометрів. Так, на умови випадіння опадів у Харківській області частково впливають Ісландський мінімум та Сибірський максимум, які виникають далеко за її межами. До того ж, навіть за умови швидкої і кардинальної зміни ролі людства у глобальному потеплінні, швидкість зміни концентрації парникових газів є меншою, і ефект інертності відтягне зміну вектору температурної динаміки. Таким чином, сценарій зміни температурного потепління на похолодання не відкидається повністю, проте його вірогідність на основі наявних статистичних даних є надзвичайно низькою, а тому математичне обґрунтування подібного варіанту є неможливим.

У територіальному вимірі середні температури січня зростуть найбільше у Золочеві і Слобожанському (рис. 4.2). У північній та східній частинах регіону приріст розподілений майже рівномірно і складає в середньому +2°C. Найменші зміни, як і для попередніх періодів, зберігаються у південно-західній частині області і складають +1,6-1,8°C. В цілому, межі коливання температур по досліджуваній території є незначними, що пояснюється осередненим характером обраних величин, і на прикладі окремих років (особливо для екстремальних

значень температур), потепління буде ще більш відчутним, що й фіксується впродовж останніх років.

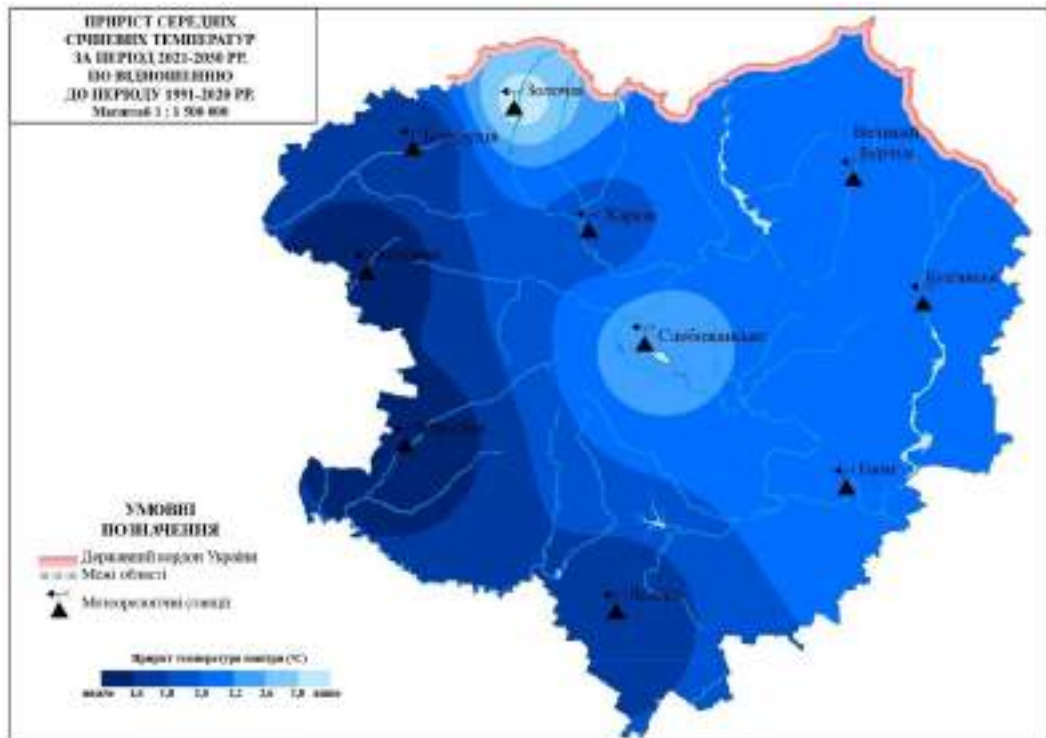


Рис. 4.2. Територіальний розподіл прогнозних змін середніх температур повітря у січні на період 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

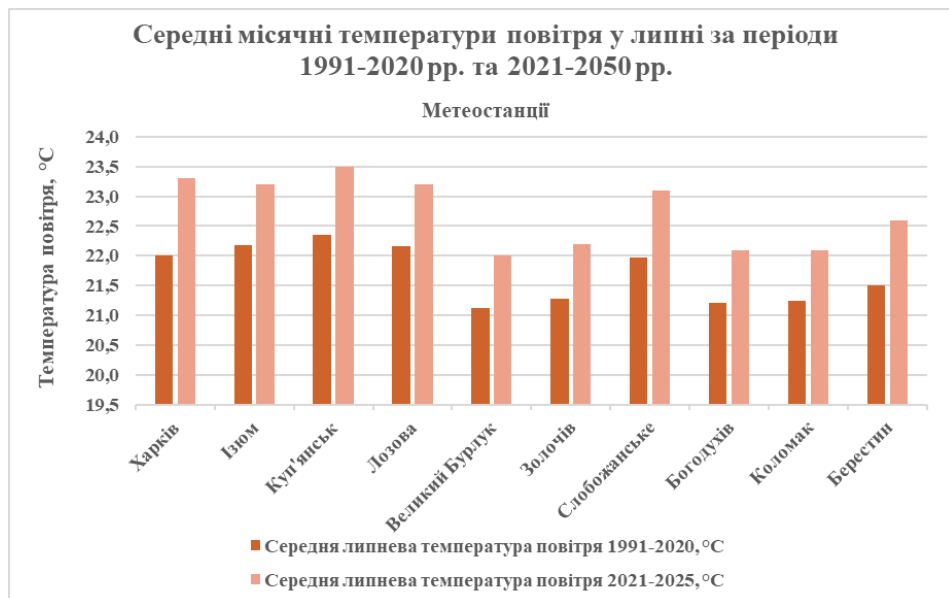


Рис. 4.3. Середні місячні температури повітря у липні за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

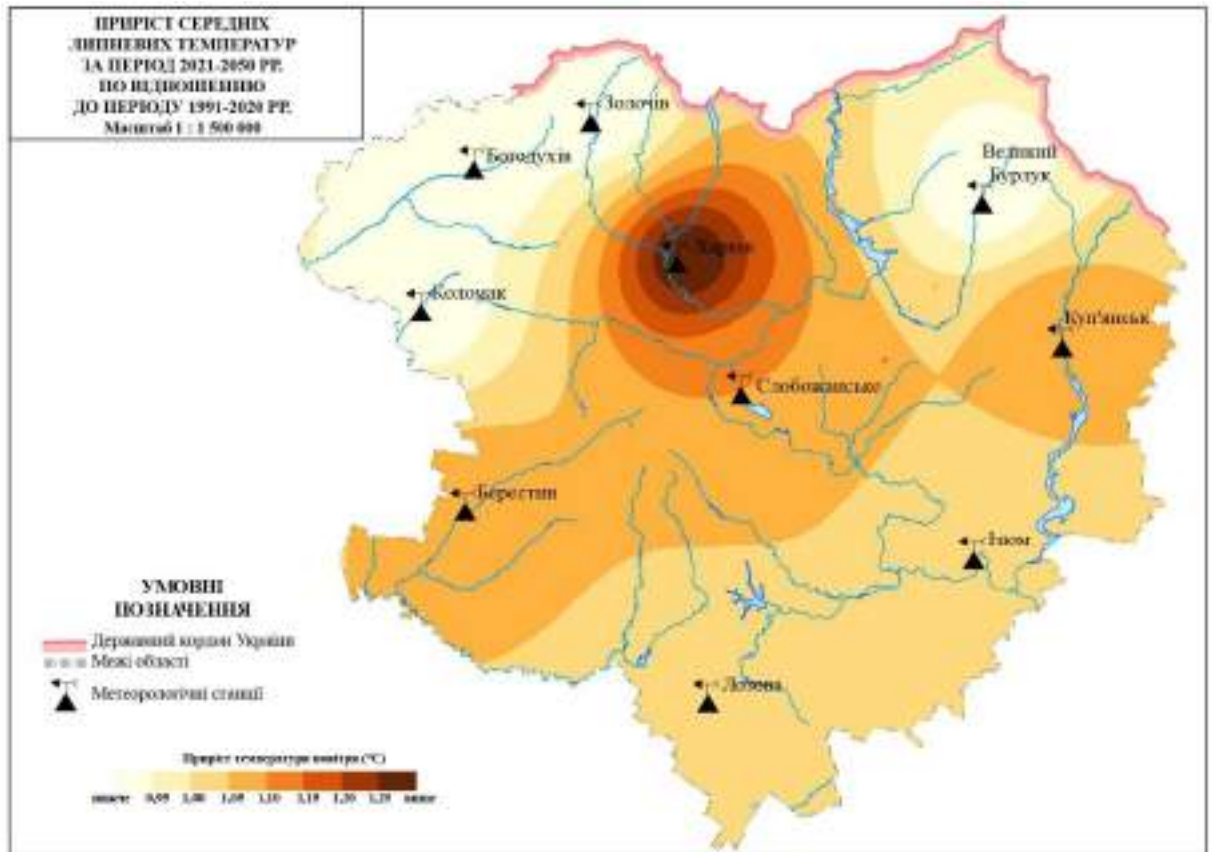


Рис. 4.4. Територіальний розподіл прогнозних змін температур повітря у липні на період 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Спрямованість зміни *температур повітря у липні* (рис. 4.3) збігається із січневими показниками, проте швидкість цих змін менша. Так, найбільші зміни прогноуються у Харкові (на $1,3^{\circ}\text{C}$), Куп'янську, Слобожанському та Берестині (на $1,1^{\circ}\text{C}$).

Територіальний розподіл приросту значно відрізняється від січневих температур, проте характеризується більшим ступенем однорідності (рис. 4.4): найменші значення приросту липневих температур, що фіксуються у Золочеві, Коломаку, Богодухові та Великому Бурлуці і складають менше 1°C .

Південна частина Харківської області у липні стане теплішою на $1-1,1^{\circ}\text{C}$. Таким чином, загальна різниця між найбільшим і найменшим приростом липневих температур складає лише $0,3^{\circ}\text{C}$, тоді, як амплітуда приросту січневих температур була $1,2^{\circ}\text{C}$.

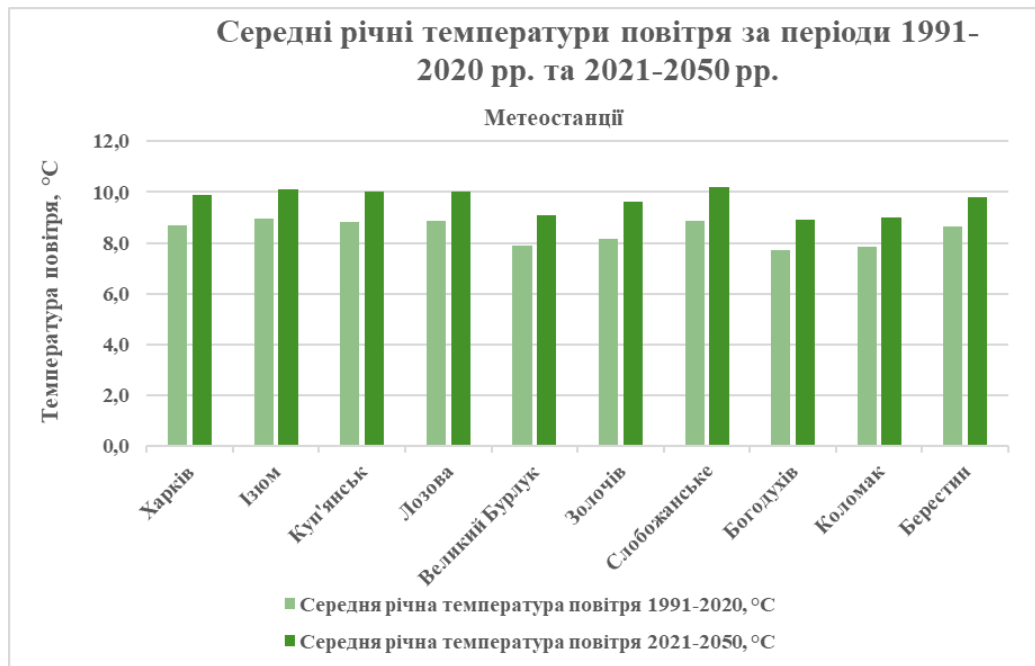


Рис. 4.5. Середні річні температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Динаміка *середніх річних температур повітря* на прогностичний багаторічний період виступає ключовою кліматичною характеристикою, оскільки вона характеризує осереднений стан теплового стану атмосфери і є ключовим при визначенні маркерів сучасних змін клімату у ряді міжнародних угод, у тому числі у Паризьких угодах [192].

Найбільший приріст фіксується у Золочеві та Слобожанському (+1,3°C), а у територіальному аспекті характер коливання майбутньої температурної динаміки має ще менші межі, ніж середні липневі температури. Так, найменший приріст зафіксований у Лозовій та Берестині (+1,1°C). Більша частина території Харківської області має приріст +1,2°C (рис. 4.6). Таким чином, амплітуда коливання приросту річних температур за період 2021-2050 рр. складає лише 0,2°C, що свідчить про рівномірний характер загального потепління клімату на досліджуваній території.

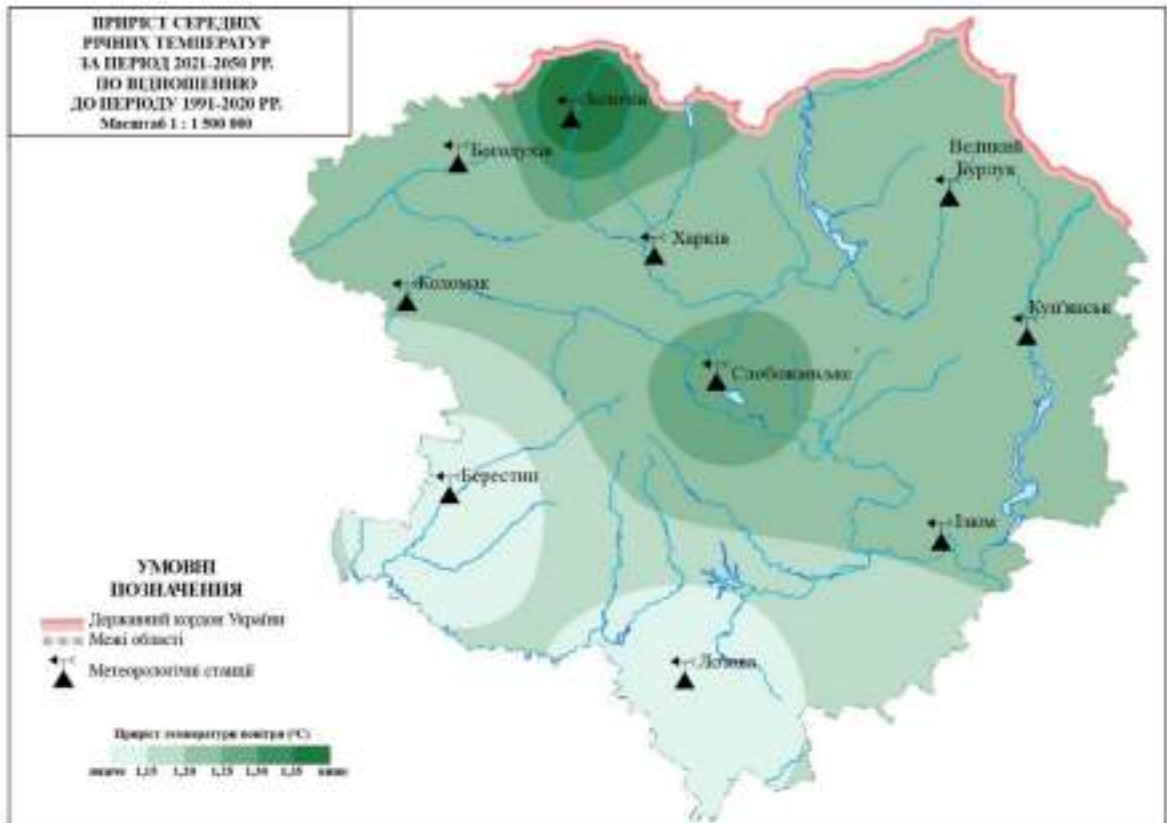


Рис. 4.6. Територіальний розподіл прогнозних змін приросту середніх річних температур повітря на період 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Екстремальні температури повітря навіть за осередненими показниками демонструють значно швидші темпи приросту: мінімальні температури повітря (рис. 4.7) зростуть найбільше у Великому Бурлуці (на 4°C), Лозовій та Коломаку (на 3°C). Найменший приріст фіксуватиметься у Слобожанському (на 0,8°C). Переважна частина досліджуваної території матиме зростання на 2,5°C і більше. Максимальні значення температур повітря найбільше зростуть у Великому Бурлуці (на 4,8°C), Харкові (на 4°C), а найменше – на 1,7°C прогнозується для Слобожанського та Коломака (рис. 4.8). Таким чином, найбільші зміни екстремальних температур прогноуються у Великому Бурлуці, який характеризується більшим ступенем континентальності клімату, майже на рівні Куп'янська. Проте точність прогнозного сценарію для осереднених значень цієї категорії температур повітря є меншою, ніж для середніх місячних чи річних значень, оскільки максимальні та мінімальні температури мають більш

стохастичний характер, характеризуються значними межами коливань, як між окремими роками, так і впродовж всього багаторічного періоду загалом.

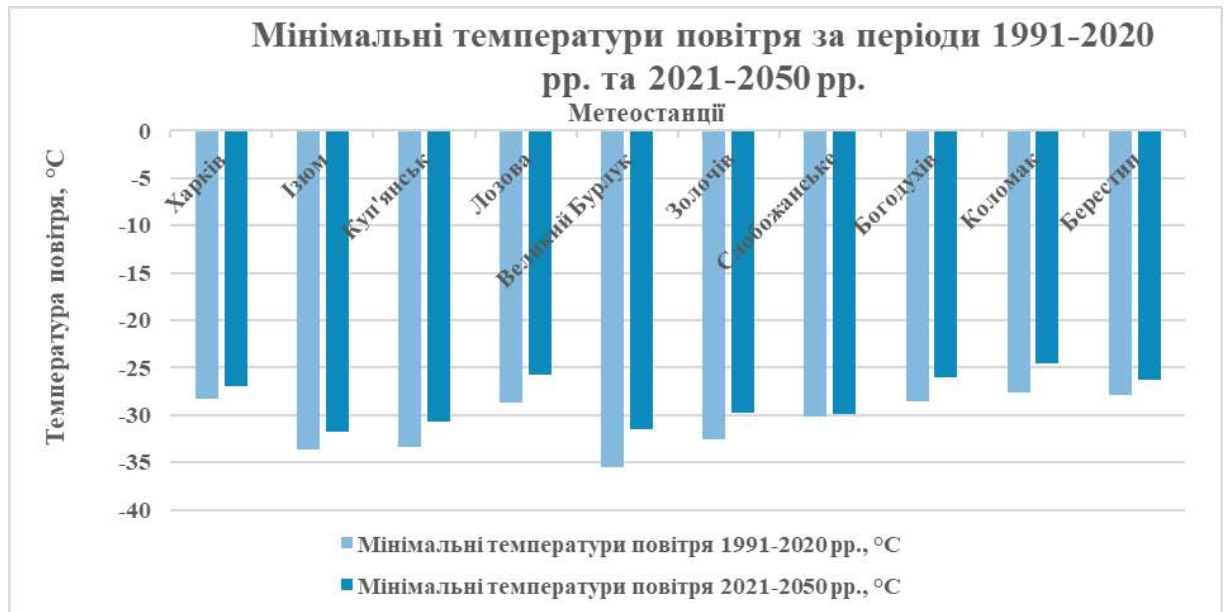


Рис. 4.7. Мінімальні температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

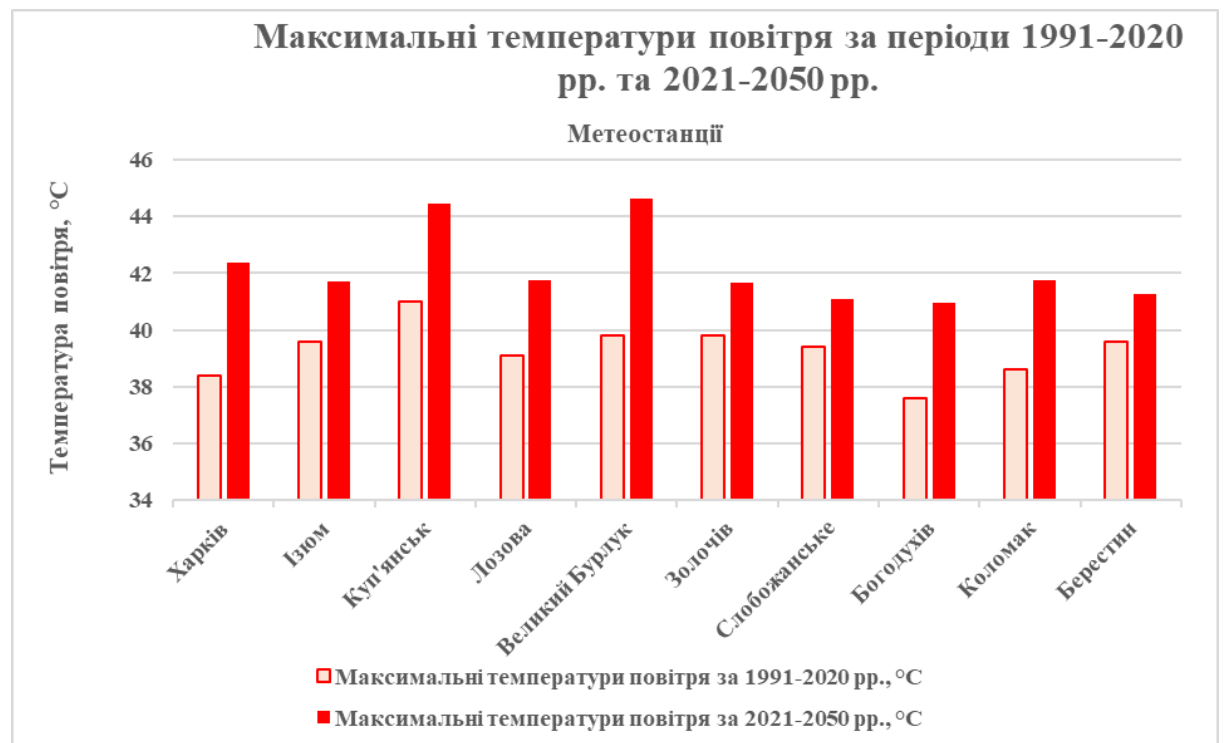


Рис. 4.8. Максимальні температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Середні сезонні температури повітря також матимуть тенденцію до зростання у прогностичний період 2021-2050 рр. за даними всіх метеостанцій. Так, зимові температури найбільше зростуть на 1,3-1,4°C у Золочеві та Великому Бурлуці, найменші темпи – фіксуватимуться у Лозовій та Берестині (1 і 0,9°C відповідно). Основна частина досліджуваної території матиме зростання у межах 1,1-1,2°C (рис. 4.9).

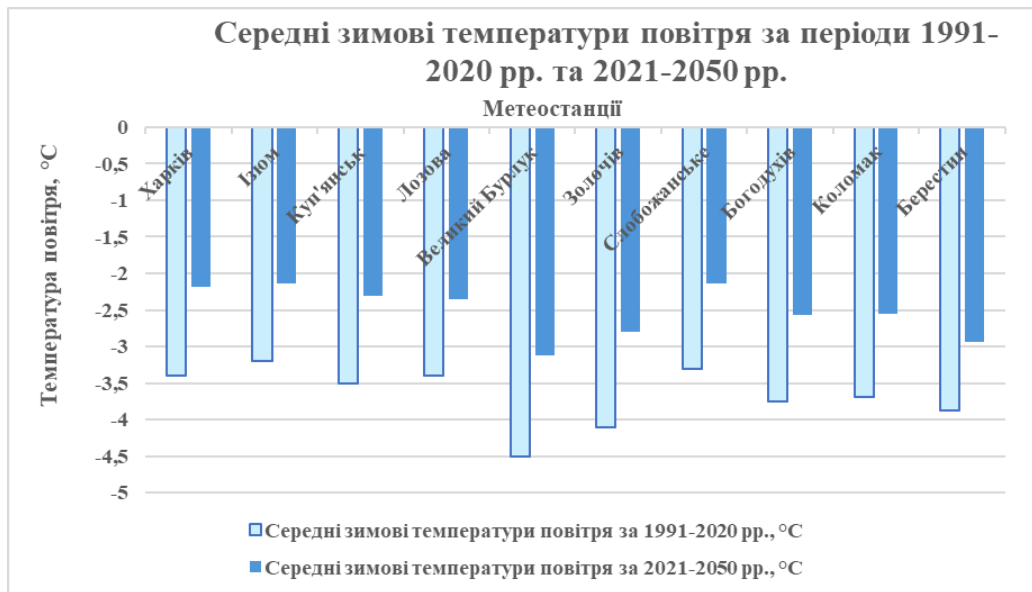


Рис. 4.9. Середні зимові температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Середні температури повітря навесні (рис. 4.10) зростуть найбільше за даними Золочева та Слобожанського (1,5-1,7°C), переважна частина території Харківської області матиме зростання у межах 1,1-1,3°C. Мінімальне потепління для весняного сезону буде у Коломаку та Ізюмі (0,8 та 1°C відповідно). Характерною особливістю динаміки температур у перехідний сезон є більші межі коливання у прогностичний період. Різниця у середніх значеннях температур повітря для березня і травня відрізняється від амплітуди для літа чи зими. Це означає, що зростання матиме потенційно значний діапазон зміни даних, що і підтверджується отриманою прогностичною моделлю.

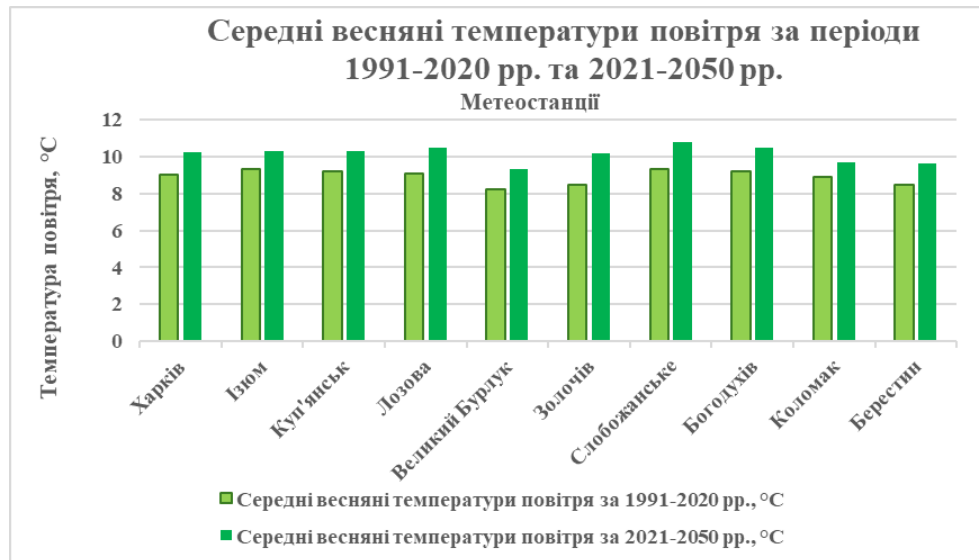


Рис. 4.10. Середні весняні температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Середні температури повітря у літній сезон матимуть найбільші значення у Харкові та Золочеві (на 1,6 та 1,7°C відповідно), мінімальні – фіксуватимуться за даними Богодухова і Коломака (0,9°C). На більшій частині Харківської області межі температурного потепління влітку коливаються між 1 та 1,4°C. Таким чином, загальна амплітуда приросту температур повітря для літа у 2021-2050 рр. складає 0,7°C (рис. 4.11).

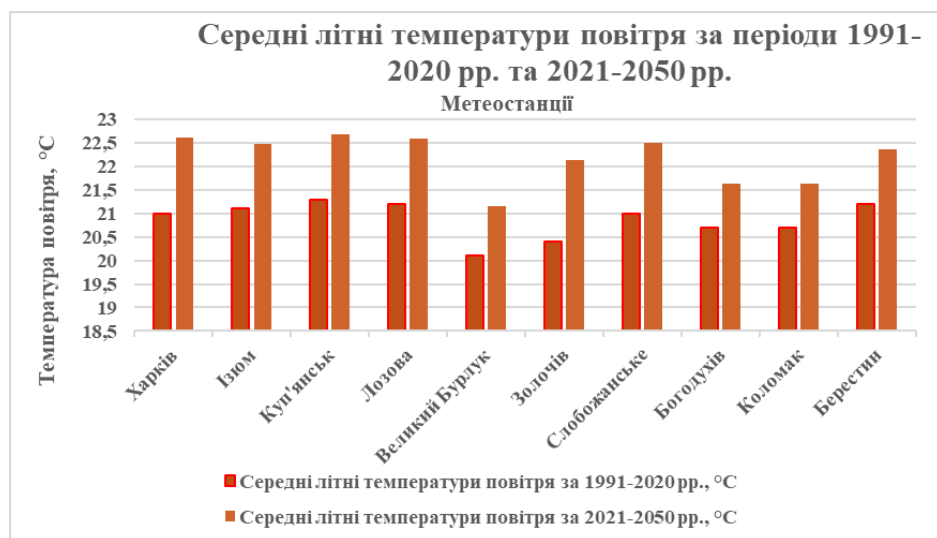


Рис. 4.11. Середні літні температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

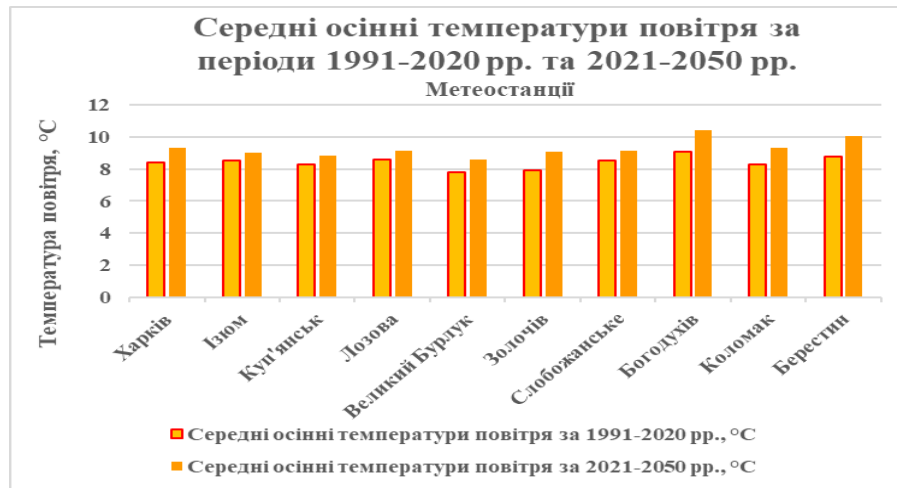


Рис. 4.12. Середні осінні температури повітря за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Прогнозна динаміка осінніх температур повітря на період 2021-2050 рр. по відношенню до 1991-2020 рр. (рис. 4.12) характеризується максимальним приростом для Богодухова та Берестина (приблизно на $1,3^{\circ}\text{C}$). Мінімальні значення динаміки спостерігатимуть в Ізюмі, Куп'янську та Лозовій (на $0,5^{\circ}\text{C}$).

Для більшої частини території темпи змін температур повітря восени коливатимуться у межах $0,7-1,1^{\circ}\text{C}$, а загальна амплітуда осінніх коливань температури складатиме $0,8^{\circ}\text{C}$.

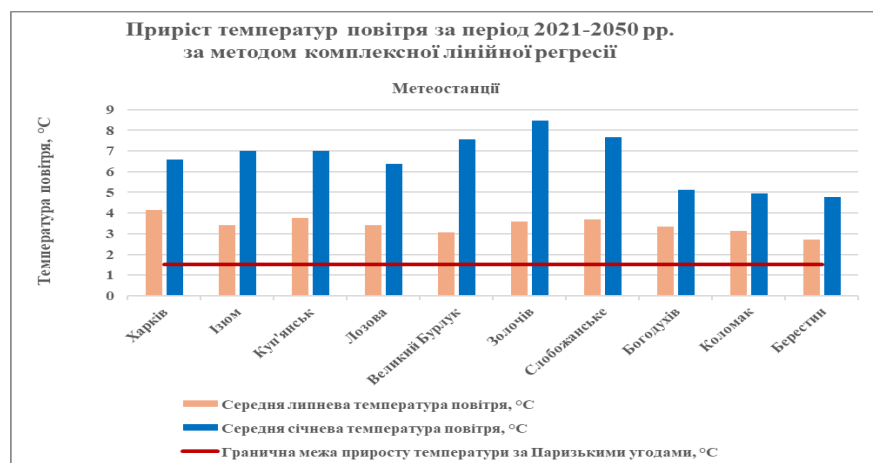


Рис. 4.13. Приріст середніх січневих та липневих температур повітря за період 2021-2050 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

Для оцінки загального зростання температур повітря у період 2021-2050 рр. з урахуванням даних за весь досліджуваний період (1961-2020 рр.) був використаний метод комплексної лінійної регресії, що описує принцип побудови тренду і дозволяє оцінити темпи потепління за період 10 років, спроектувати його на подальший період.

Для середніх температур повітря у січні найбільший приріст за 90-річний період прогнозується для Золочева та Слобожанського (на 8,5 та 7,5°C відповідно). Мінімальні значення зростання фіксуватимуться у Берестині – на 4,8°C, а більша частина Харківської області у січні стане теплішою на 6,3-7,0°C. Всі прогнозовані значення динаміки січневих температур повітря за 90-річний період у кілька разів перевищують ліміти, встановлені за Паризькими угодами.

Середні температури повітря у липні за період 1960-2050 рр. зростуть найбільше Харкові та Куп'янську (на 4,1 та 3,8°C відповідно), що в кілька разів перевищує допустимі норми за Паризькими угодами. На більшій частині досліджуваної території потепління складатиме для січневих показників теплового стану прилеглому шару атмосфери 3,0-3,4°C (рис. 4.13).

Середні річні температури повітря зростуть у межах 3,6-3,9°C, найбільше у Золочеві (на 4,3°C). Мінімальні очікують у Ізюмі, Лозовій та Берестині і складатиме 3,5°C (рис. 4.14). Максимальні та мінімальні температури повітря зростуть у межах 0,9-8,2°C. Така розбіжність пояснюється великою амплітудою щорічних показників екстремальних температур. Найменші зростання характерне для Великого Бурлука, Богодухова та Коломака. Сезонні температури повітря також зростуть в рази більше, ніж це передбачається Паризькими угодами (рис. 4.15), найшвидше взимку (на 5,1°C), найменше восени (на 2,5°C).

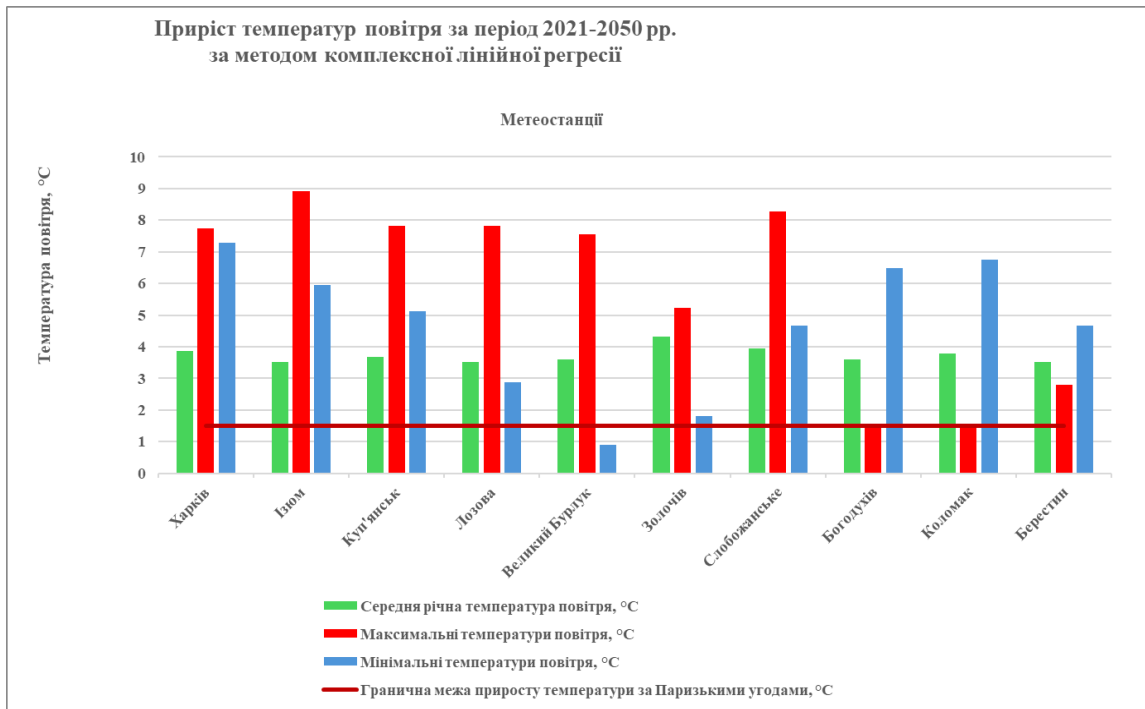


Рис. 4.14. Приріст середні річних та екстремальних температур повітря за період 2021-2050 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

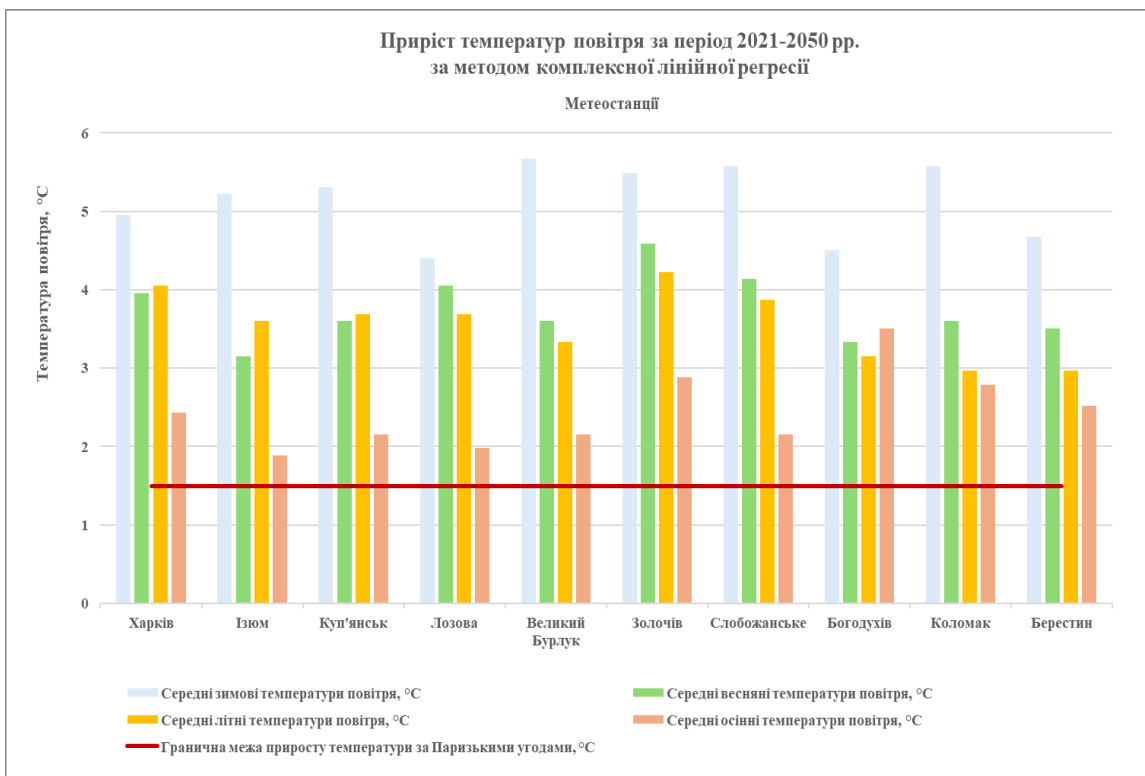


Рис. 4.15. Приріст сезонних температур повітря за період 2021-2050 рр. за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

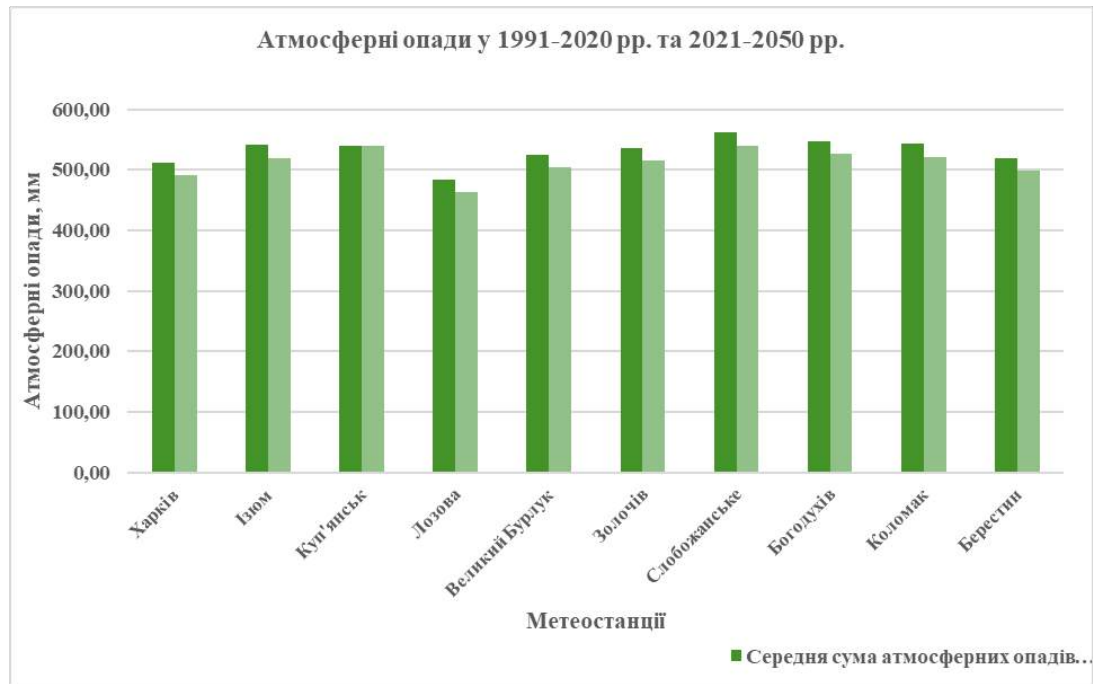


Рис. 4.16. Атмосферні опади за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Прогнозна динаміка зміни *кількості атмосферних опадів* характеризується невідповідністю загальним трендам, встановленим для періоду 1961-2020 рр., оскільки при обрахуванні сценарію важливо було врахувати не лише загальний тренд, що виділяється на основі статистичної інформації, а й зміни у його спрямованості. Так, для Слобожанського та Куп'янська при загальному тренді на підвищення кількості атмосферних опадів, останні десятиліття характеризувалися переходом до зменшення надходження атмосферної вологи.

Тому хоча зменшення для Куп'янська є мінімальним (-1,9 мм), проте тенденція до зростання посушливості клімату, характерна для більшості досліджуваної території, перейде на всі пункти спостереження у прогнозний багаторічний період. Найбільші темпи зменшення сум атмосферних опадів фіксуватимуться у Богодухові, Коломаку та Ізюмі (на 21,6-21,7 мм). На більшій частині досліджуваної території прогнозне зменшення показника атмосферних опадів коливається в межах між 19 та 21 мм.

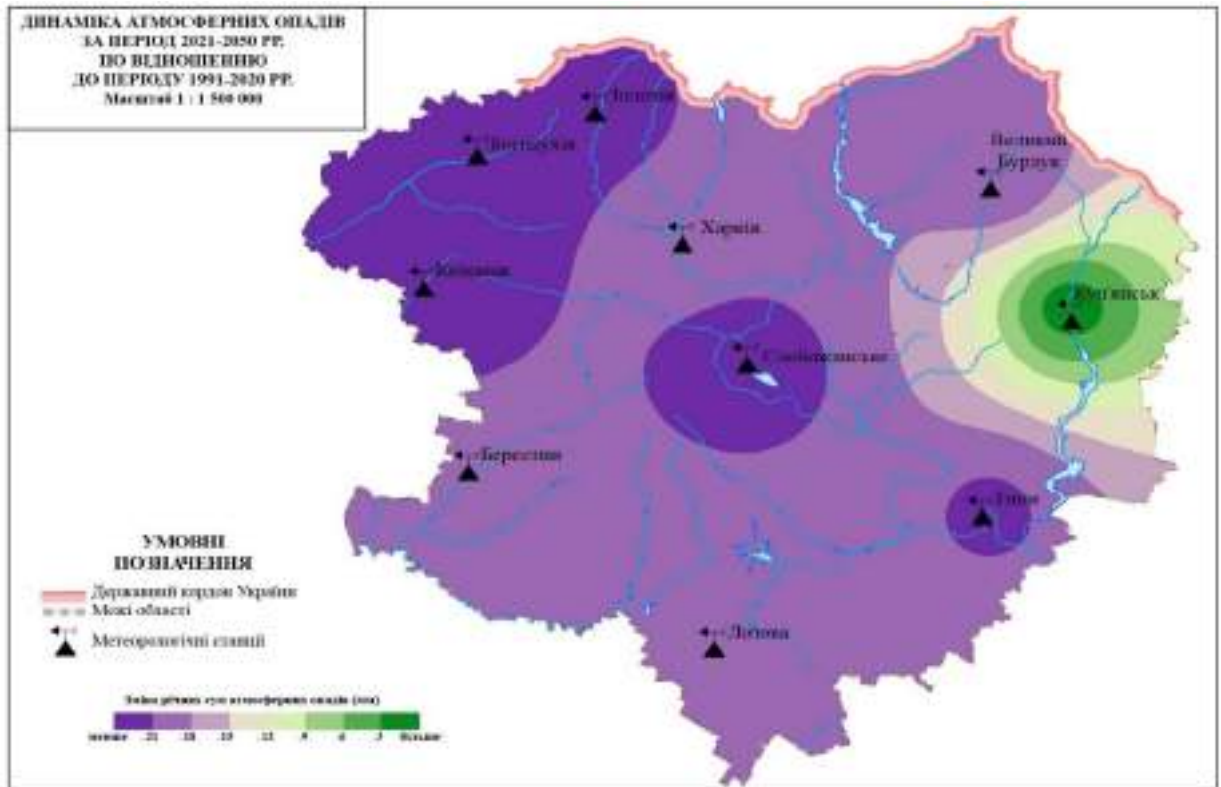


Рис. 4.17. Територіальний розподіл прогнозованої динаміки атмосферних опадів на період 2021-2050 рр. для території Харківської області (за даними [45-52, 156, 170])

Таким чином, прогнозна оцінка температурного режиму та режиму зволоження для території Харківської області на період 2021-2050 рр. дозволила встановити, що потепління клімату продовжиться за даними на всіх метеостанціях. Загальні темпи приросту за прогнозний період включно із періодом досліджень (1961-2020 рр.) у кілька разів перевищуватимуть норми, встановлені Паризькими угодами 2015 року ($1,5^{\circ}\text{C}$), що вважається незворотною точкою для екологічного стану природних екосистем. Кількість атмосферних опадів зменшиться по всій території області, найбільше у північно-західній частині, а найменше – у Куп'янську. Отримані закономірності мають високий ступінь ризиків для Харківської області, оскільки зменшення кількості опадів при зростанні температур повітря загрожує поширенням посух, збільшенням випаровуваності з поверхні наземних водних об'єктів.

4.2. Прогнозні сценарії температурного та водного режимів об'єктів гідрографії регіону

Прогнозна оцінка стану гідрологічних показників для наземних водних систем Харківської області створена на період 2021-2050 рр. на основі динаміки, встановленої для 1961-1990 та 1991-2020 рр. та трендів, що фіксувалися впродовж вказаних часових проміжків. Характер температурної динаміки для водних об'єктів відрізнявся від стану повітря у нижньому шарі атмосфери, оскільки у Козачій Лопані фіксувалася тенденція до зниження температур. Навіть з урахуванням температурних коливань впродовж останніх років та десятиліть, математично не існує аргументів для зміни характеру такого вектору у майбутньому, хоча сценарій, при якому на всіх гідропостах фіксуватиметься потепління води є вірогідним, враховуючи динаміку температур повітря, але домінуючим є збереження поточних тенденцій.

Середні січневі температури води для прогнозного сценарію не аналізувалися, оскільки наявний статистичний ряд за період 1961-2020 рр. через наявність льодоставу у більшій частині першого 30-річного проміжку має цілу низку років із відсутньою інформацією, що порушує цілісність статистичної вибірки.

Середні липневі температури води (рис. 4.18) характеризуються меншими темпами приросту порівняно із кліматичними показниками через специфічні теплофізичні властивості води. Найбільший приріст фіксуватиметься у Печенігах та Безлюдівці (на $2,1^{\circ}\text{C}$), на переважній частині гідропостів температури зростатимуть на $0,3-0,7^{\circ}\text{C}$. За даними гідропостів у Змієві та Козачої Лопані прогнозується незначне зменшення температур води на $0,1$ та $0,9^{\circ}\text{C}$ відповідно.

Середні річні температури води (рис. 4.19) зростатимуть на всіх пунктах гідрологічного моніторингу, крім Козачої Лопані, де прогнозується зниження температур на $0,5^{\circ}\text{C}$. Найбільші темпи приросту фіксуватимуться у Безлюдівці (на $2,8^{\circ}\text{C}$), а в середньому вода стане теплішою на $0,2-0,8^{\circ}\text{C}$.



Рис. 4.18. Середні липневі температури води за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])



Рис. 4.19. Середні річні температури води за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

Прогностичний аналіз екстремальних температур води включає лише максимальні значення, оскільки мінімальні температури, що вимірюються за даними гідропостів ніколи не опускаються нижче 0°C, і за даними фактичних рядів 1961-2020 рр. не фіксувалося років, коли температура води не доходила би до значення 0°C. Тому динаміка мінімальних температур майже відсутня. Максимальні значення для води зростатимуть за даними всіх гідропостів у межах 0,8-1,8°C, найбільше для Безлюдівки та Печенігів. Зменшення максимальних температур прогнозується для Козачої Лопані, однак враховуючи стохастичний характер даного показника, ймовірно, що тенденція зміниться і на всій території Харківської області максимальні температури води зростатимуть, проте на даному етапі відсутня достатня база для математичного обґрунтування даного варіанту.



Рис. 4.20. Максимальні температури води за періоди 1991-2020 та 2021-2050 рр. (за даними [45-52, 156, 170])

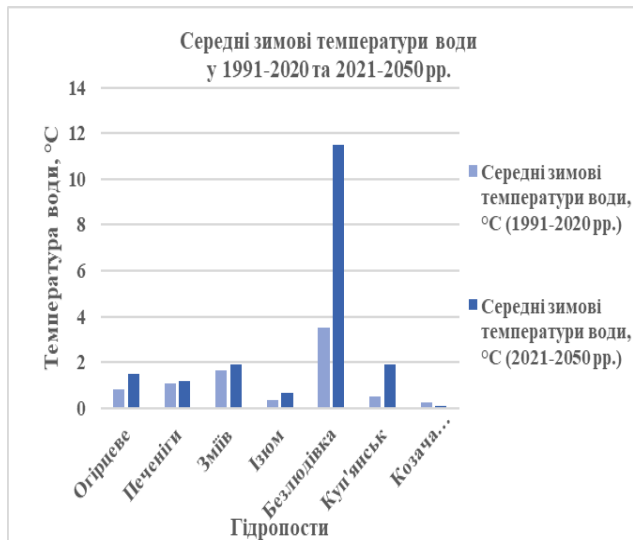


Рис. 4.21.а

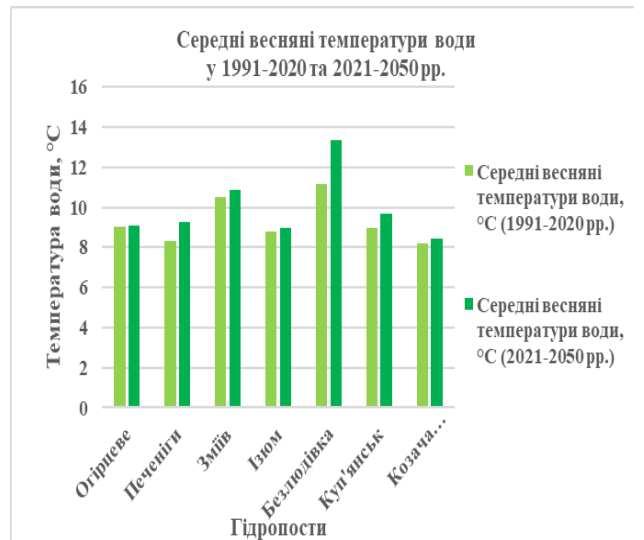


Рис. 4.21.б

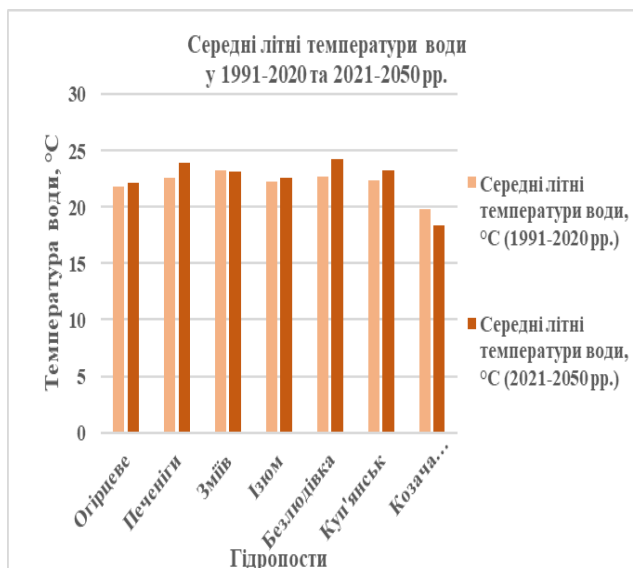


Рис. 4.21.в

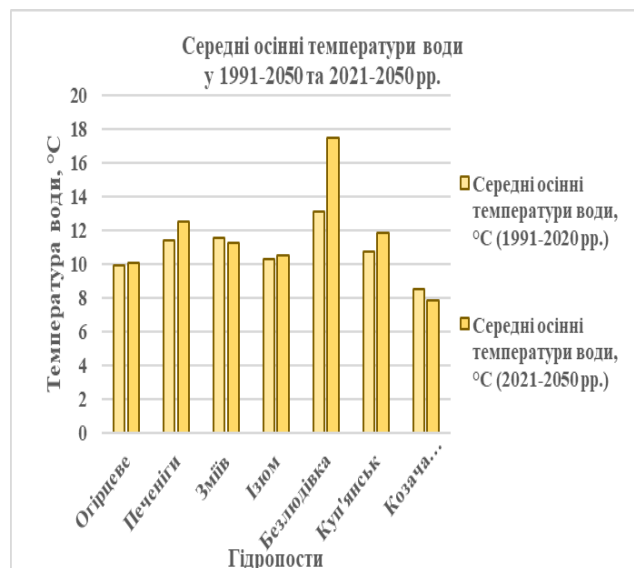


Рис. 4.21.г

Рис. 4.21. Прогнозна динаміка сезонних температур води для періоду 2021-2050 рр. для гідропостів у межах Харківської області (за даними [45-52, 156, 170]): а) зимових температур, б) весняних температур, в) літніх температур, г) осінніх температур

Сценарії зміни сезонних температур води на період 2021-2050 рр., створені на основі тенденції для періоду 1991-2020 рр. по відношенню до 1961-1990 рр. демонструють, що *середні зимові температури води* зростатимуть на всіх гідропостах, крім Козачої Лопані, де фіксується зниження показників на $0,2^{\circ}\text{C}$.

Найбільше температури зростуть за даними Безлюдівки (на $7,9^{\circ}\text{C}$), проте даний показник є унікальним і сильно відрізняється від загальної картини потепління. Причиною такого явища є роль антропогенного фактору, оскільки даний гідропост знаходиться поблизу Харкова та великих очисних споруд, які у тому числі приймають промислові та побутові стоки, які особливо у зимовий період, мають набагато вищу температуру, ніж та, яка є характерною для води у природному стані у цей період.

У Куп'янську очікується приріст зимових температур води на $1,7^{\circ}\text{C}$, тоді як для більшості пунктів спостереження ця величина коливається у межах між $0,2^{\circ}\text{C}$ та $0,7^{\circ}\text{C}$. Найменші темпи приросту прогнозуються в Ізюмі та Змієві, де вони складають $0,2^{\circ}\text{C}$ (рис. 4.21.а).

Середні весняні температури води (рис. 4.22.б) за прогнозом зростуть найбільше так само у Безлюдівці (на $2,2^{\circ}\text{C}$), тоді як для інших гідропостів потепління коливається в межах $0,1-0,9^{\circ}\text{C}$, причому найнижчі показники фіксуються на гідропості Огірцеве. За даними пункту у Козачій Лопані температури води зростуть на $0,2^{\circ}\text{C}$, що відрізняється від загальної динаміки для цього гідропосту.

Середні літні температури води характеризуються зниженням за даними гідропостів у Змієві та Козачої Лопані. Показник похолодання води для цих пунктів складає $0,1$ та $1,4^{\circ}\text{C}$ відповідно (рис. 4.21.в). Для більшості гідропостів все ще фіксується зростання температур води із найбільшими значеннями у Печенігах та Безлюдівці ($1,6$ і $1,8^{\circ}\text{C}$ відповідно). Для інших частин водних екосистем Харківської області темпи приросту складатимуть $0,3-0,8^{\circ}\text{C}$, а найменше зростання зафіксоване у Ізюмі.

Середні осінні температури води (рис. 4.21.г) зростуть найбільше у Безлюдівці (на $4,4^{\circ}\text{C}$). Найнижчі темпи приросту фіксуються на гідропостах Огірцеве та Ізюм (по $0,2^{\circ}\text{C}$). Для більшої частини водних об'єктів межі коливання температур у 2021-2050 рр. складатимуть $0,8-1,1^{\circ}\text{C}$. Водночас фіксується

можливість зниження температур води для цього сезону на гідропостах Зміїв та Козача Лопань (на 0,3 та 0,7°C відповідно).



Рис. 4.22. Приріст середніх липневих, річних та максимальних температур води за період 2021-2050 рр. на гідропостах в межах Харківської області за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

Метод комплексної лінійної регресії дозволив оцінити загальні прогнози зміни температур води за період 1961-2050 рр. Так, аналіз середніх липневих, річних та максимальних температур води за означений період (рис. 4.22) показав, що для всіх гідропостів, включених у дане дослідження фіксується зростання всіх показників із максимальними значеннями у Безлюдівці. Найменші темпи спостерігаються у Змієві, Ізюмі та Огірцевому. Причиною цього є більша водність річки на цих пунктах спостережень, і відповідно темпи динаміки зменшуються за рахунок води як фактора стабілізації теплового режиму. Максимальні температури мають інший характер динаміки, і найбільше вони

зросли у Печенігах, Змієві та Безлюдівці. За даними Козачої Лопані прогнозується зниження показників температури води на 0,3-0,5°C

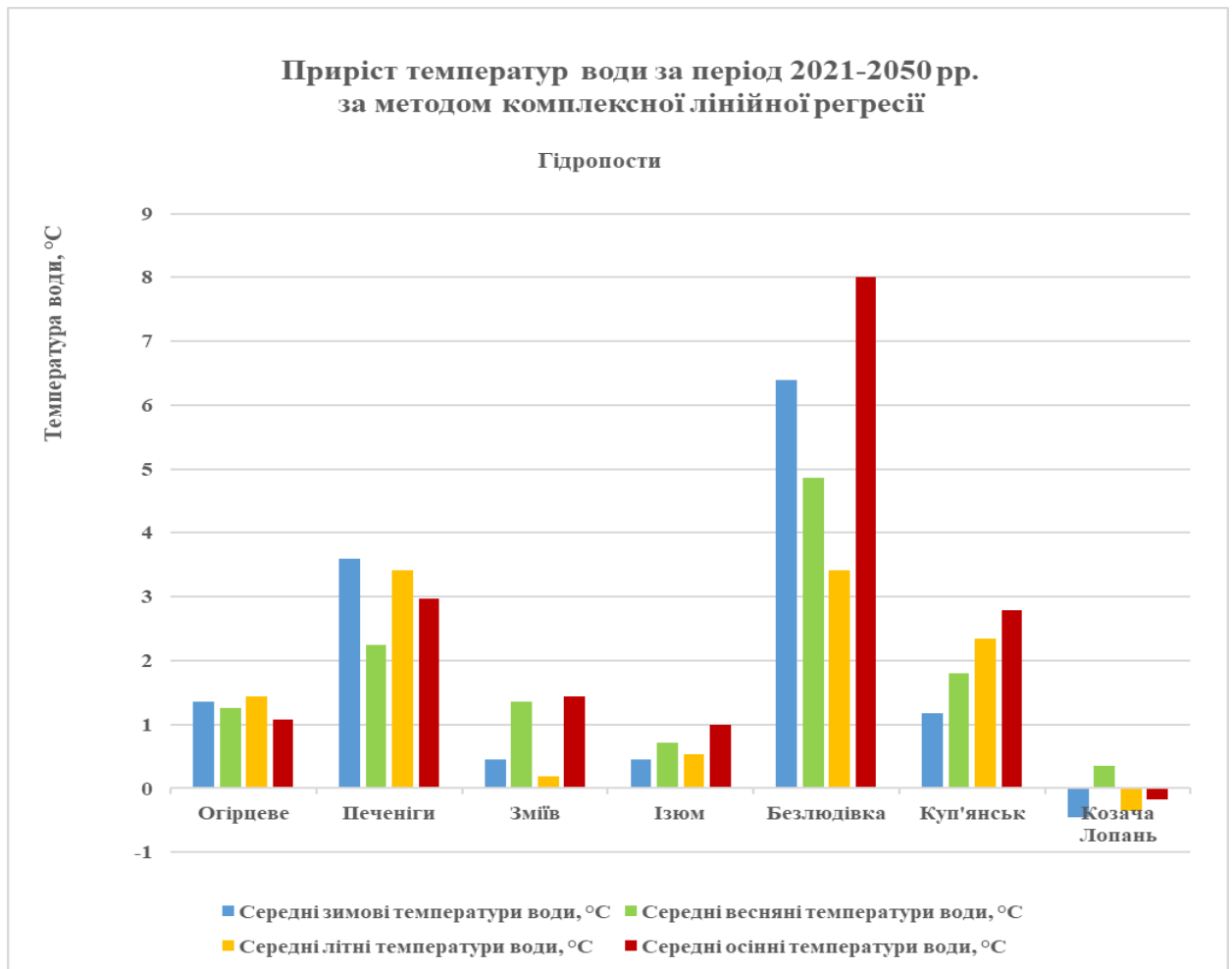


Рис. 4.23. Приріст сезонних температур води за період 2021-2050 рр. на гідропостах в межах Харківської області за методом комплексної лінійної регресії (за даними [45-52, 156, 170])

Приріст сезонних температур води на період 2021-2050 рр. за методом комплексної лінійної регресії (рис. 4.23) має схожий характер динаміки, і для всіх сезонів найбільший приріст фіксується у Безлюдівці, що спричинене антропогенним фактором. Найнижчі темпи температурного зростання спостерігаються у Змієві та Ізюмі, де Сіверський Донець має максимальні показники витрат води. Загалом, температури за періоди 1961-2050 рр. зростуть на 1,2-2,8°C. Температури води у Козачій Лопані зменшаться в середньому на 0,4-0,5°C, крім весняного періоду, коли прогнозується незначне зростання на 0,3°C.



Рис. 4.24. Прогнозна динаміка витрат води за період 2021-2050 рр. по відношенню до періоду 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

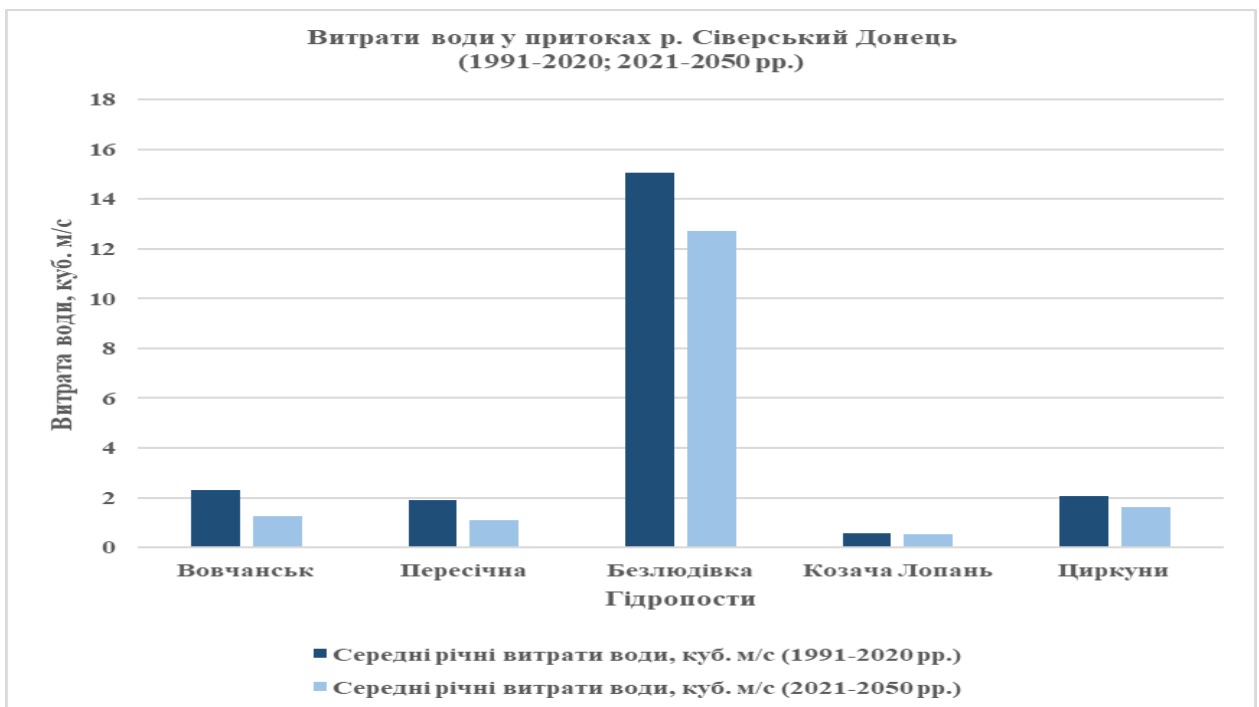


Рис. 4.25. Прогнозна динаміка витрат води за період 2021-2050 рр. по відношенню до періоду 1991-2020 рр. (за даними [12, 19-24])

Прогнозний аналіз витрат води на період 2021-2050 рр. (рис. 4.24-4.25) демонструє однаковий вектор їх змін із продовженням стійкої тенденції до поступового зневоднення річок Харківської області. Найбільшими водотоками на досліджуваній території є Сіверський Донець та Оскіл (рис. 4.24). Для Сіверського Дінця найбільші темпи скорочення водних ресурсів фіксуються за даними гідропосту Огірцеве, де показник скоротиться на 33%. Найменше водність річки зміниться у Печенігах (на 6%), оскільки головну роль у динаміці витрат води у цьому пунктів відіграє антропогенний фактор через близькість дамби Печенізького водосховища, що спричиняє деформацію природної динаміки витрат води як впродовж року, так і за багаторічні періоди. Для більшої частини русла Сіверського Дінця водність скоротиться в межах 15-17%.

Річка Оскіл також характеризується доволі значним ступенем зарегульованості русла, і обрахований прогнозний сценарій враховує довоєнні тенденції у змінах витрат води, а тому наразі виступає альтернативним сценарієм, який мав би відбутися. Причиною такої невідповідності є зникнення Оскільського водосховища у вересні 2022 р., яке спричинили стрімке зневоднення річки Оскіл, особливо на гідропості Червонооскільська ГЕС, проте через відсутність рядів спостережень на сучасному етапі через погіршення безпекової ситуації, наразі неможливо точно оцінити частку водних ресурсів, яка була втрачена. Однак зникнення антропогенного фактору у формуванні водного режиму річки Оскіл дає можливість у майбутньому досліджувати її у природному стані і оцінювати роль саме кліматичних факторів у зміні об'єму стоку річки.

Основні річки басейну Сіверського Дінця мають схожі тенденції у змінах водного режиму, проте через менші абсолютні одиниці їх водності, темпи скорочення об'єму водних ресурсів у них є вищими, досягаючи 42-46% у Пересічній та Вовчанську, тоді як у річках, що протікають поблизу Харкова, темпи скорочення водних ресурсів за прогнозом варіюються у межах 15-23%. Причиною такої різниці є значний ступінь зарегульованості річок Харківської агломерації, який виник внаслідок реалізації плану заводнення міста, що був реалізований у 1930-х рр..

Таким чином, прогнозна оцінка температурного режиму річок Харківської області довела продовження тенденцій, отриманих для періоду 1961-2020 рр. і дозволила встановити, що найбільше зростання значень температури води спостерігатиметься у Безлюдівці. Характер просторового розподілу зміни температур води доводить роль водних мас як терморегулятора, оскільки існує пряма залежність між водністю річки у пункті спостереження та темпами її прогрівання. Так, найменші значення зростання температур води фіксуються у Ізюмі та Змієві, де Сіверський Донець має максимальні показники витрат води. Козача Лопань відрізняється від загальної встановленої динаміки і характеризуватиметься продовженням зниження температур води через зменшення транскордонного забруднення русла річки Уди, проте враховуючи загальну динаміку на інших гідропостах, вірогідною є зміна цього сценарію.

Встановлено, що за даними всіх пунктів гідрологічного моніторингу витрати води поступово скорочуються, і найшвидше це відбувається на малих річках, де прогнозується зневоднення майже на 50%. Для Сіверського Дінця та Осколу темпи скорочення водних ресурсів коливаються в межах 15-17%, і лише у верхній течії, водність скоротиться на третину, оскільки там роль антропогенного чинника у регулюванні водності річки є мінімальною.

4.3. Прогнозна оцінка забруднення об'єктів гідросфери Харківської області

Аналіз майбутнього хімічного стану основних водотоків досліджуваної території виступає складовою частиною обрахунку ІДС для періоду 2021-2050 рр. Оскільки отримані тенденції для ІЗВ були обраховані в межах лише 30-річного періоду на відміну від інших, то з метою прогнозу тренди екстраполюються.

Таблиця 4.1

Прогнозна оцінка кліматологічних, гідрологічних та екологічних показників динаміки стану басейнів поверхневих вод Харківської області

Гідропост, метеостанція, пункт екологічного моніторингу	Зміни показників протягом 1991-2020 рр.						Бальна оцінка					
	Середня річна температура повітря, °С	Середня річна температура води, °С	Кількість атмосферних опадів, %	Витрати води, %	Індекс забруднення води, %	Об'єм викидів в атмосферу (загальна для області), %	Середня річна температура повітря, °С	Середня річна температура води, °С	Кількість атмосферних опадів, %	Витрати води, %	Індекс забруднення води, %	Об'єм викидів в атмосферу (загальна для області), %
Золочів	2,21		-7,76			-28,00	-5,00		-0,78			1,40
Великий Бурлук	1,79		-16,65			-28,00	-5,00		-1,67			1,40
Харків	1,89		-4,19		-1,75	-28,00	-5,00		-0,42	-0,87		1,40
Куп'янськ	1,73	1,07	0,24	-16,28	-1,54	-28,00	-5,00	-3,55	0,02	-0,81	-0,77	1,40
Слобожанське	1,91		12,30			-28,00	-5,00		1,23			1,40
Ізюм	1,68	0,35	-3,78	-23,82	-2,56	-28,00	-5,00	-1,15	-0,38	-0,80	-1,28	1,40
Лозова	1,68		-7,38			-28,00	-5,00		-0,74			1,40
Богодухів	1,92		-12,09			-28,00	-5,00		-1,21			1,40
Коломак	1,80		-12,24			-28,00	-5,00		-1,22			1,40
Берестин	1,73		-9,74			-28,00	-5,00		-0,97			1,40
Огірцеве		0,35		-49,73	-1,71			-1,15		-2,49	-0,85	
Печеніги		1,19		-8,94	-0,85			-3,95		-0,45	-0,43	
Чугуїв				-24,62	-0,51					-1,23	-0,26	
Зміїв		0,08		-23,85	-0,85			-0,25		-1,19	-0,43	
Протопоівка				-24,90						-1,25		
Червонооскільська ГЕС				-22,59						-1,13		
Вовчанськ				-68,63	-1,88					-3,43	-0,94	
Козача Лопань		-0,75		-18,18	-0,34			2,50		-0,91	-0,17	
Пересічна				-62,69						-3,13		
Безлюдівка		3,41		-23,25				-5,00		-1,16		
Циркуни				-34,46						-1,72		

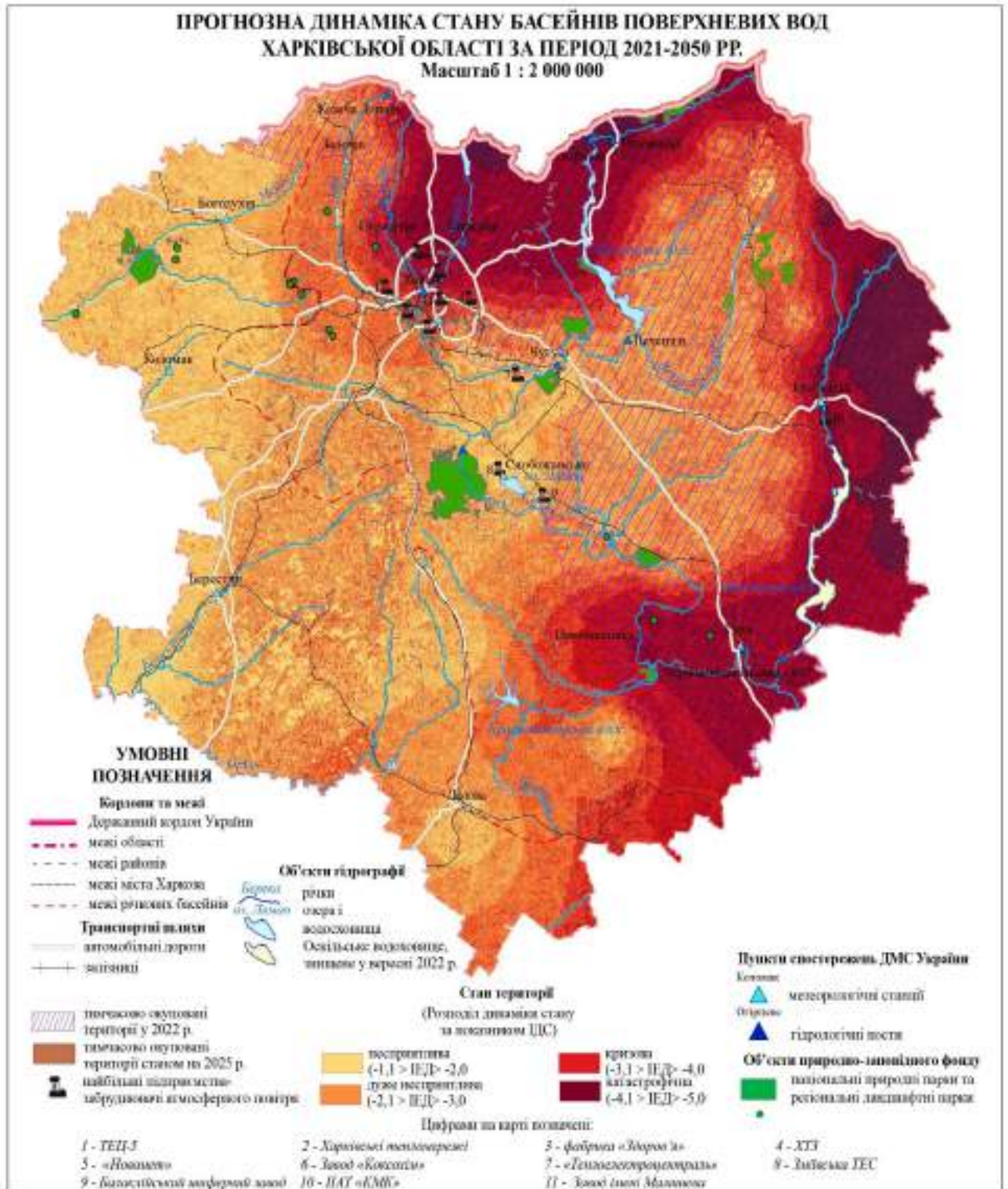


Рис. 4.26. Прогнозна динаміка стану басейнів поверхневих вод Харківської області за період 2021-2050 рр. (за ІДС) (за даними [207, 212, 216-217])

Отримані тенденції на період 2021-2050 рр. дозволили доповнити прогнозу картину інших показників кліматичного, гідрологічного та

екологічного станів досліджуваної території (табл. 4.1). Крім індексу забруднення води до останньої категорії належить об'єм викидів в атмосферу забруднюючих речовин, який був фоновим показником, який розрахований усереднено для Харківської області, тому він залишається незмінним.

Фактор ерозійної небезпеки також має повсюдне поширення по досліджуваній території, і оскільки схиловий та площинний змив відбуваються не настільки швидко, як зміни екологічного стану та показників стану атмосфери та водного режиму річок, то оцінка за цей показник залишається такою самою, як і за період 1991-2020 рр.

Мілітарний фактор є найбільш непередбачуваним, а тому у даному дослідженні за базис прийнята лінія фронту станом на 01.11.2025 за умови її збереження, тобто можливості зрушення у будь-яку сторону не враховуються, оскільки навіть за умови повного звільнення Харківської області від ворожих військ, наслідки війни залишаться на території, що перебувала під окупацією. Тому бали, які були розподілені для цього фактору за період 1991-2020 рр. лишаються незмінними.

Для кліматичних та гідрологічних факторів був проведений повторний розрахунок бальної системи на основі прогнозних показників для періоду 2021-2050 рр., і для більшості пунктів спостереження бали, отримані цими точками, зменшуються, оскільки екологічний ефект від ще більшого зростання температур повітря і води при зменшенні кількості атмосферних опадів та витрат води, спричиняє зростання ризику посух, зміну характеру рослинного покриву і зменшує водозабезпеченість місцевого населення та господарського комплексу.

Загалом, прогнозний стан наземних водних екосистем на основі індексу динаміки стану на період 2021-2050 рр. демонструє загальне погіршення стану басейнів поверхневих вод, і катастрофічна екологічна динаміка розшириться до всієї території, що станом на 2025 рік перебуває під тимчасовою окупацією разом із північними передмістями Харкова та районом навколо Ізюма. Кризова динаміка буде характерною для прифронтових ділянок та майже повністю біля державного кордону, а також у басейні річок Уди та Лопань, оскільки для цих

територій, окрім мілітарного фактору, важливу негативну роль має кліматична динаміка та зміни температурного режиму річок. Дуже несприятлива екологічна динаміка буде характерна для всієї території, що перебувала під тимчасовою окупацією у 2022 році. Для західної та центральної частин Харківської області буде характерна несприятлива екологічна динаміка, оскільки потепління клімату триватиме і надалі і його вплив на навколишнє середовище збільшуватиметься.

Таким чином, прогноз динаміки стану досліджуваної території на період 2021-2050 рр. показав загальне погіршення екологічного стану на території Харківської області. Враховуючи тривалий характер зміни ерозійної небезпеки, її бальна оцінка залишається сталою. Такий самий підхід застосований до мілітарного фактору оскільки він є повністю непередбачуваним. Динаміка кліматологічних та гідрологічних показників є негативною за даними майже всіх пунктів моніторингу, і за рахунок цього поширюються катастрофічна та несприятлива динаміки, тоді як помірно несприятлива динаміка більше не буде характерною для досліджуваної території, а ключовими факторами, що погіршують екологічний стан області, залишаються мілітарний та кліматичний.

4.4. Перспективи щодо покращення сучасного стану та рекультивації деградованих екосистем регіону

Дослідження сучасної динаміки та прогнозу стану у межах Харківської області під впливом кліматичних, гідролооекологічних та мілітарних факторів нерозривно пов'язане із роботою із наслідками таких змін. Сукупна дія означених чинників спричинила стрімку деградацію наземних водних екосистем, і навіть знищення окремих водних об'єктів. Тому необхідним і актуальним науковим і практичним завданням є виділення головних напрямків, на яких доцільно зосередитися з метою відновлення, а у перспективі покращення екологічного стану досліджуваної території. Для цього варто розділити завдання за категоріями об'єктів, на які вони спрямовані і за типом ресурсного капіталу, який необхідний для їх реалізації.

Найголовнішим питанням, яке стоїть наразі є відновлення Оскільського водосховища. Ця водойма була одним із найбільших штучних гідрологічних об'єктів не лише у Харківській області, а й у межах України. Втрата водосховища відчутно позначилася на стані системи водозабезпечення у регіоні, особливо для побутових потреб. Проте, не дивлячись на очевидну необхідність відновлення з економічної точки зору, існує інша думка, яка в першу чергу, продиктована екологічними викликами, що постануть в разі відновлення стану Оскільського водосховища. Враховуючи дискусійний характер цього питання, доцільно застосувати метод SWOT-аналізу для виділення основних аргументів «за» і «проти» (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

SWOT-аналіз необхідності відновлення Оскільського водосховища

<i>Strengths (Сильні сторони)</i>	<i>Weaknesses (Слабкі сторони)</i>
<ul style="list-style-type: none"> – Відновлення довоєнної екосистеми; – Відновлення середовища проживання численних видів водної біоти; – Розширення орнітологічного біорізноманіття, у тому числі включно із рідкісними видами; – Реконструкція Червонооскільської ГЕС, яка допоможе стабілізувати енергетичну систему регіону. 	<ul style="list-style-type: none"> – Висока вартість відновлення; – Втрата наукового полігону для вивчення самовідновлення та самоочищення природних систем; – Необхідність детального екологічного моніторингу через вразливість водосховищ до процесів заболочення.
<i>Opportunities (Можливості)</i>	<i>Threats (Загрози)</i>
<ul style="list-style-type: none"> – Залучення міжнародного фінансування для відновлення; – Підвищення впізнаваності локації, що сприятиме розвитку в'їзного туризму; – Відновлення і розширення місцевих туристсько-рекреаційних зон; – Модернізація системи водопостачання для Харківської та північної частини Донецької областей; – Розвиток рибного господарства; – Наявність гідрорезерву для потреб сільського господарства, промисловості та комунальних систем у регіоні із дефіцитом ресурсів чистої води; – Реалізація новітніх рішень у гідравлічній інженерії, впровадження стійких заходів адаптивного керування. 	<ul style="list-style-type: none"> – Ризик масштабних затоплень у разі повторної військової агресії чи техногенної катастрофи; – Висока конкуренція серед інших великих рекультиваційних проєктів у післявоєнний час; – Екологічні ризики для навколишнього середовища: <ul style="list-style-type: none"> ○ деформація природного стану водного режиму, ○ можливість заростання акваторії, ○ збільшення випаровуваності у зв'язку зі зростанням площі водного дзеркала.

Таким чином, потенційне відновлення Оскільського водосховища має багато позитивних аспектів, враховуючи його локальне економічне значення як великого риболовного, рекреаційного та гідроенергетичного вузла. Однак для стану екосистеми цієї території реконструкція резервуару матиме більше негативних наслідків, оскільки наразі річка Оскіл, не дивлячись на катастрофічні масштаби руйнувань, яких зазнали лісові масиви на її берегах, забрудненість нафтопродуктами, важкими металами, повернулася максимально близько до свого природного стану. Це означає, що водний режим і ширина русла річки на сучасному етапі повністю регулюються фізико-географічними чинниками. Це відкриває величезні наукові можливості для створення величезного наукового кластеру для вивчення можливостей природних систем самовідновлюватися після тривалого та інтенсивного антропогенного втручання. Крім того, водосховища зазвичай мають більший рівень забруднення, ніж річки, оскільки вода циркулює лише в межах водойми, і всі завислі речовини залишаються у водосховищі, а не виносяться далі.

Крім питання Оскільського водосховища, нагальною групою заходів є проведення *розмінування території* (рис. 4.27). Близько третини території Харківської області є потенційно замінованими чи забрудненими залишками снарядів та військової техніки. Для цього необхідне залучення не лише українських саперів, а й іноземних спеціалістів та міжнародних організацій. Цей процес також необхідно узгоджувати із територіальними громадами та окремими землевласниками. Найбільшу загрозу у цьому контексті становлять лісосмуги, лісові масиви, водні об'єкти, прибережні ділянки та великі яружно-балкові системи. Обов'язковою умовою розмінування є детальне картографування проведеної діяльності, яке дозволить підвищити контрольованість цього процесу.

Друга група заходів пов'язана із відновленням водних об'єктів. Крім вищезазначеного Оскільського водосховища, внаслідок війни зникли чи були значно пошкоджені численні ставки, які слугують важливою частиною системи для зрошення, особливо у південній частині області.



Рис. 4.27. Інфографіка щодо екологічних збитків та післявоєнного відновлення басейнів поверхневих вод Харківської області (за даними [154-155, 165, 176, 186-187, 191, 194, 218, 240, 244, 250])

Третя група заходів – *відновлення пунктів моніторингу*. За час військових дій у східній та північній частинах Харківської області тимчасово припинили свою діяльність ряд метеостанцій, гідропостів та пунктів екологічного моніторингу (рис. 4.27). Крім цього, доцільним є оновлення матеріального забезпечення існуючих пунктів мережі Гідрометцентру, щоб забезпечувати безперервність досліджень, оскільки зношеність апаратури та приборів на ряді метеостанцій та гідропостів була проблемою і до початку війни.

Четверта категорія – *об'єкти ПЗФ*. Станом на 2025 рік 14 об'єктів Смарагдової мережі перебувають під російською окупацією. Особливо постраждали регіональний ландшафтний парк «Ізюмська лука» та національний природний парк «Дворічанський». Доцільним є розширення існуючої мережі ПЗФ, у тому числі завершення реалізації проєкту створення НПП на базі «Ізюмської луки» і її повне виділення у заповідну зону із вилученням із господарської діяльності. Такі ж заходи необхідні для правобережної прируслової частини басейну річки Оскіл, де необхідно відновити лісові масиви.

П'ята група заходів спрямована на *відновлення і розширення лісових масивів* у Харківській області. В першу чергу, це стосується берегів Оскільського водосховища, Ізюмської луки, узбережжя Сіверського Дінця. На інших територіях пріоритетними є басейни річок Берестова, Мерла, Мжа, Уди, Вовча, оскільки лісистість регіону набагато менша за середній по Україні показник.

Шоста категорія заходів – *проведення берегоукріплюючих робіт* у районах із підвищеною ерозійною небезпекою. Шляхи реалізації, які пропонуються – це поєднання інженерних підпірних конструкцій із зеленими насадженнями, оскільки кореневі системи дерев та кущів сприяють зменшенню схилового змиву та стабілізації інфільтраційних процесів стоків з опадів, що надходять у річки.

Таким чином, післявоєнне відновлення екосистем Харківської області має базуватися на наближенні території до природного стану завдяки розширенню мережі ПЗФ та виведенню найбільш постраждалих ділянок із господарського обігу. Необхідною умовою виступає поєднання фінансових, трудових та наукових ресурсів України та європейської спільноти.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

Таким чином, дослідження прогнозованої динаміки у межах Харківської області дозволило зробити наступні висновки:

1. Динаміка температурного режиму за наведеними показниками демонструє продовження встановлених тенденцій до потепління клімату. Найшвидші зміни прогножуються для Великого Бурлука та Золочева, тоді як найменший термічний приріст фіксуватиметься у Слобожанському та Берестині. Серед температур повітря найшвидше зростатимуть середні місячні значення для січня та в цілому для зимового періоду. Другим сезоном за темпами потепління є літо, а у перехідні сезони найбільші зростання прогножуються у Золочеві навесні, а також у Богодухові та Берестині восени. Найменші темпи зростання сезонних температур спостерігатимуться у Ізюмі, Куп'янську і Лозовій. Прогнозована динаміка атмосферних опадів на період 2021-2050 рр. характеризується однорідністю спрямування змін, оскільки завдяки врахуванню тенденцій останніх років навіть у тих пунктах, де фіксувалося незначне збільшення сум атмосферних опадів, спостерігається поступовий перехід до більш посушливого режиму. Найшвидше вологість зменшиться у Богодухові та Коломаку, тоді як у Куп'янську прогножуються мінімальні зміни. Застосування методу комплексної лінійної регресії підтвердило отримані тенденції, однак продемонструвало вищі темпи температурного зростання, особливо у січні (до $+8,5^{\circ}\text{C}$ у Золочеві).

2. Зміни термічного режиму поверхневих водних об'єктів Харківської області в цілому співпадатимуть із атмосферою динамікою, проте вагому роль у регулюванні цього показника відіграє антропогенний фактор. Так, встановлено, що найвищі показники приросту температур води фіксуватимуться у Безлюдівці та Печенігах, де знаходяться великі інженерні споруди та місця акумуляції промислових і побутових стоків, що додатково підвищують температуру води. Найменші зміни торкнуться відносно багатоводних середньої та нижньої частин русла Сіверського Дінця, де температурна динаміка уповільнюється завдяки ролі

води як потужного терморегулятора, що підтримує сталий тепловий режим. Метод комплексної лінійної регресії показав такі ж тенденції, проте за 90-річний період зростання температур води, як і повітря майже за всіма показниками у кілька разів перевищує граничні норми, встановлені Паризькими угодами. За даними окремих гідропостів (Зміїв та Козача Лопань) фіксується продовження зменшення температур води, що спричинене деіндустріалізацією і супутнім зменшенням обсягів промислових викидів. Динаміка витрат води є більш однорідною, і на період 2021-2050 рр. прогнозується, що в середньому водність річок Сіверський Донець та Оскіл зменшиться ще на 15-17%, а максимальне скорочення водних ресурсів (на 33%) буде у верхній частині русла Сіверського Дінця, яка не зарегульована системою водосховищ і демонструє природне проходження процесу впливу потепління клімату на зменшення водності річок.

3. Прогнозна оцінка динаміки на період 2021-2050 рр. проведена за умови збереження сучасного стану поширення ерозійних процесів та мілітарного фактору. Перший має довготривалий характер зміни, а другий є повністю емерджентним, а тому бальна оцінка лишається такою самою, як і для періоду 1991-2020 рр. Найбільші зміни продовжуються у характері температур повітря і води, особливо в зимовий період, а також зменшення кількості опадів та витрат води. Останнє особливо помітне у малих річках, які мають високий ступінь загрози зникнення. В цілому, територія області перейде у несприятливу екологічну динаміку, а зона катастрофічної динаміки розшириться до всієї північно-східної частини досліджуваної території.

4. Післявоєнне відновлення наземних водних екосистем Харківської області має включати розмінування, реконструкцію системи моніторингу стану навколишнього середовища, посилення природоохоронної діяльності, проведення протиерозійних заходів, виведення найбільш постраждалих ділянок з господарського обігу для рекультивації і лісонасадження.

Результати наукових досліджень, викладені у розділі 4, опубліковані у працях автора [134-136, 202-203, 210-211].

ВИСНОВКИ

Проведене комплексне дослідження впливу кліматичних чинників на стан поверхневих водних систем на досліджуваній території дозволило зробити наступні висновки:

1. За результатами аналізу ретроспективи та сучасного стану наукових вчень стосовно змін клімату та їх наслідків встановлено, що кліматологія у сучасному вигляді сформувалася на перетині фізико-математичних, статистичних та геоінформаційних методів, а її розвиток і популяризація у глобальному вимірі нерозривно пов'язаний із діяльністю міжнародних інституцій (ІРСС, ООН, ЄС, ПРООН, ЮНЕСКО). З'ясовано, що наукові уявлення про зміни клімату впродовж тривалого часу трансформувалися від міфологізованих інтерпретацій до структурованої системи знань, заснованої на інструментальних спостереженнях та математико-статистичному моделюванні. На сучасному етапі провідним науковим діалектизмом на глобальному рівні у контексті тематики дослідження є еволюція поглядів на роль людини та природних чинників на проходження змін клімату. Провідною думкою серед вчених сьогодні є домінуюча роль антропогенного фактору у прискоренні змін клімату, які проходять в рамках тривалих природно провокованих циклів. Доведено, що для України дослідження змін клімату мають особливе значення через просторову неоднорідність показників та відносно високу швидкість потепління. Встановлено, що сучасний науковий доробок українських вчених переважно орієнтований на загальнодержавний рівень, тоді як регіональні дослідження або дослідження на рівні окремих річкових басейнів та суббасейнів мають меншу поширеність. Водночас, необхідність імплементації європейської наукової практики визначає необхідність концентрації саме на мезо- та мікрорівні дослідження для більш ефективного впровадження реальних управлінських рішень для адаптивного керування природними системами. Методологічна основа дослідження характеризується поєднанням аналізу

кліматичних, гідрологічних, екологічних та мілітарних факторів із застосуванням технологій ГІС і ДЗЗ.

2. Підтвердження регіональних проявів сучасних змін клімату реалізоване шляхом встановлення особливостей динаміки температурного режиму повітря та аналізу атмосферних опадів за період 1961-2020 рр. за допомогою порівняння осереднених показників за два багаторічних періоди: 1961-1990 рр., 1991-2020 рр. В рамках дослідження була суттєво актуалізована сучасна картина просторового розподілу температурно-вологісних величин. Розраховано, що найвищі темпи приросту середніх річних температур повітря фіксуються у центральній та північній частинах Харківської області, особливо за даними метеостанцій Харків, Золочів та Слобожанське і коливаються в межах 1,1-1,5°C і наближаються до граничних норм, встановлених за Паризькими угодами як «точки незвороту» як для кліматичної динаміки, так і для екосистем. Як один із ключових проявів змін клімату, на досліджуваній території відзначається зміщення сезонних закономірностей. Встановлене зменшення частки твердих опадів у холодний період і збільшення нерівномірності випадіння атмосферних опадів у теплий період при загальному зниженні надходження атмосферної вологи. За індексом М.І. Будико розраховано, що вся досліджувана територія може вважатися природною зоною степу через аридизацію кліматичних умов, а південні райони області мають тенденцію до майбутнього початку процесу опустелювання. Відповідно, науковим результатом є необхідність нової переоцінки фізико-географічного районування у зв'язку із впливом потепління на співвідношення тепла і вологи.

3. Дослідження температурного режиму та режиму зволоження основних водних об'єктів Харківської області за період 1961-2020 рр. дозволило виявити закономірності їх змін під впливом кліматичного, антропогенного чинників. Встановлено, що між температурною динамікою атмосферного повітря та води існує стійкий кореляційний зв'язок: темпи збільшення температури у річках менші і коливаються в межах 0,1-0,8°C. Встановлені

відмінності у змінах температурного режиму води між зарегульованими ділянками річок та тими, що перебувають у стані, наближеному до природного. Так, гідропост Безлюдівка продемонстрував унікальні темпи потепління, які за окремими показниками навіть перевищують швидкість динаміки температур повітря. Розраховані тенденції змін витрат води у річках демонструють спрямованість до зменшення їх водності. Найінтенсивніше цей процес проходить у верхній частині річкових басейнів Сіверського Дінця, Осколу та Уд. Визначено, що високий ступінь зарегульованості руслових ділянок у середній течії Сіверського Дінця та Осколу згладжує сезонні коливання витрат води, створюючи штучно стабілізований режим.

4. Вивчення динаміки забруднення поверхневих вод за багаторічний період дозволило встановити, що у 1990-2000 рр. показники концентрації завислих речовин зменшилися внаслідок деіндустріалізації із супутнім скороченням об'єму промислових стоків. Водночас, в останні роки при зменшенні загальної водності річок та погіршенні роботи очисних систем за окремими речовинами спостерігається тенденція до збільшення перевищень ГДК. За даними індексу забруднення води найгірша ситуація фіксується у верхній течії Сіверського Дінця, Осколу, спричинена залишковим транскордонним забрудненням. Також перевищення ГДК носить масовий характер у гідрографічній мережі Харківської агломерації.

5. Проведена оцінка стану поверхневих вод Харківської області за ІДС дозволила класифікувати територію за рівнем стійкості та ступенем реалізованості деградаційних процесів. Розроблена авторська методика враховує інтегральний вплив кліматичних, гідрологічних, ерозійних, антропогенних та мілітарних чинників. Виявлено, що найбільш несприятлива динаміка характерна для північної та східної частини області, особливо для районів Вовчанська, північних передмість Харкова та басейну річки Оскіл. У речовинному складі річкової води внаслідок бойових дій зростає концентрація важких металів, нафтопродуктів, тоді як атмосферне повітря має зростаючий характер забруднення продуктами вибухових процесів та лісових пожеж. Доведено, що

військові дії стали ключовим емерджентним фактором деградації наземних водних екосистем, що зробило необхідною теоретико-методологічну формалізацію цих змін шляхом впровадження нових дефініцій: «мілітарно-спровоковані зміни клімату» та «мілітарно-індуковані загрози для водних екосистем».

6. Прогнозний аналіз кліматичної динаміки шляхом створення кількісних та просторових сценаріїв показав, що до 2050 р. Харківська область характеризуватиметься збереженням тенденцій до потепління, особливо у зимовий період у районі Золочева. Великого Бурлука та Харкова. Мінімальні зміни прогноуються для Ізюма та Куп'янська. Прогнозна модель атмосферних опадів демонструє перехід до тенденції до зниження їх кількості на всіх метеостанціях і навіть за умов оптимістичного сценарію регіон у найближчі десятиліття перейде до більш аридного типу клімату. Комплексна лінійна регресія підтвердила отримані результати і показала перевищення норм Паризьких угод щодо температурного зростання за всіма показниками.

7. Створені прогнозні сценарії гідрологічних та екологічних змін у Харківській області показали, що водність Сіверського Дінця та Осколу зменшиться ще на 15-17%, а у їх верхній течії та на малих річках від 33 до 45%. Температурний режим води продовжить тенденцію до потепління, особливо у районах із високим ступенем антропогенного навантаження. За Індексом динаміки стану прогноується розширення зон із катастрофічною динамікою у східній частині області, а найбільш екологічно вразливими стануть басейни малих річок. Запропонована низка заходів щодо післявоєнного відновлення, яка включає розмінування, реконструкцію системи моніторингу та тимчасове виведення найбільш постраждалих ділянок з господарської експлуатації. Це дозволить впроваджувати управлінські рішення на рівні регіону та окремих річкових басейнів для забезпечення стійкого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналітична довідка щодо екологічного стану м. Харкова та Харківської області за листопад-грудень 2019 р. Харків, 2019. 12 с.
2. Багров М.В., Боков В.О., Черваньов І.Г. Землезнавство. Київ : Либідь, 2000. 480 с.
3. Балабук В.О., Хохлов В.М. Проблеми та перспективи розвитку кліматології в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2017. №19. С. 26-33.
4. Бодня О.В. Оптимізація територіальної організації регіональних ландшафтних парків. *Проблеми безперервної географічної освіти та картографії* : зб. наук. праць. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. Вип. 16. С. 130-138.
5. Божко Л.Ю., Польовий А.М. Теплові ресурси в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2015. №15. С. 99-106.
6. Божко Л.Ю., Польовий А.М. Характеристика радіаційно-теплових ресурсів в Україні на період до 2050 р. в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2016. №17. С. 70-78.
7. Божок Ю.В., Лобода Н.С. Водні ресурси України ХХІ сторіччя за сценаріями змін клімату (RCP8.5 та RCP4.5). *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2016. №17. С. 114-122.
8. Божок Ю.В., Лобода Н.С. Оцінка змін водних ресурсів річки Дунай у ХХІ сторіччі за сценарієм А18 з використанням моделі "Клімат-стік". *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2016. №18. С. 112-120.
9. Божок Ю.В., Лобода Н.С., Сербова З.Ф. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В). *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса : ПП "ТЕС", 2014. №15. С. 149-192.
10. Вишневський В.І. Зміни клімату і річкового стоку на території України та Білорусі. *Наукові праці УкрНДГМІ*. Київ, 2001. Вип. №249. С. 89-105.

11. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Миротворська Н.К. Кліматологічна обробка окремих метеорологічних величин : навч. посіб. Одеса, 2004. 150 с.
12. Гідрологічний щорічник. Т.2. Басейн Чорного та Азовського морів (без Кавказу). Київ, 1962-2004. 200 с.
13. Гололобова О.О., Дорогань В.В. Антропогенний вплив на природне середовище. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Харків, 2019. Вип. 31. С. 84-95.
14. Гопченко Є.Д., Довгич М.І., Діденко Г.В. Особливості багаторічної мінливості річного стоку деяких річок України. *Наукові праці УкрНДГМІ*. Вип. 256, 2007. С. 223-232.
15. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р. Зміни гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2012. №10. С. 133-142.
16. Гопченко О.Д., Лобода Н.С. Оцінка можливих змін водних ресурсів України за умов глобального потепління. *Гідробіологічний журнал*. Одеса, 2008. №27. З. 23-35.
17. Гродзинський Д.М. Основи ландшафтної екології : підручник. К. : Либідь, 1993. 224 с.
18. Данілова Н.О., Сніжко С.І., Шевченко О.Г. Оцінка сучасного рівня та тенденцій забруднення формальдегідом атмосферного повітря міст України. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса : ПП "ТЕС", 2014. №15. С. 5-15.
19. Державний Водний Кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Том II. Українська РСР. Вип. 3. Басейни Сіверського Дінця, річок Криму та Приазов'я (1976-1980 рр.). Київ: Гідрометеоздат, 1985. 301 с.
20. Державний Водний Кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки і канали. Вип. 3. Басейн Сіверського Дінця, річок Приазов'я та Криму (1981-2000 рр.). Київ, 2009. 501 с.

21. Державний Водний Кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки і канали. Вип. 3. Басейни Сіверського Дінця, річок Приазов'я та Криму (2001-2010 рр.). Київ, 2012. 303 с.

22. Державний Водний Кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші. Частина 1. Річки і канали. Вип. 3. Басейни Сіверського Дінця, річок Приазов'я (2011-2015 рр.). Київ, 2017. 150 с.

23. Державний водний кадастр. Основні гідрологічні характеристики (за 1971-1975 та весь період спостережень). Т.6. Україна та Молдова. Вип. 3. Басейн нар. Сіверського Дінця та річки Приазов'я. Київ: Гідрометеоіздат, 1980. 290 с. Гребінь В.В. Сучасні особливості внутрішньорічного розподілу стоку води річок України. Київ : Ніка-Центр, 2011. С. 391-401.

24. Державний Водний Кадастр. Щорічні дані про режим і ресурси поверхневих вод. Частина 1. Річки та канали. Том II. Україна. Вип.3. Басейн Сіверського Дінця, річок Криму та Приазов'я. Київ, 2005-2021. 250 с.

25. Дмитрієв С. С. Динаміка екологічного стану Харківської області під впливом військових дій та змін клімату // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи* : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 10 квіт. 2025 р.). Харків : Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. Вип. 17. С. 21-23.

26. Дмитрієв С. С. Стаціонарний моніторинг стану природного середовища та зміни клімату (на прикладі Харківської області) // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи* : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 11 квіт. 2024 р.). Харків : Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. Вип. 16. С. 22-26.

27. Дмитрієв С. С. Температурний та гідрологічний режим басейну річки Псел на тлі сучасних кліматичних змін // *Географічні дослідження : історія, сьогодення, перспективи* : зб. наук. пр. (за матеріалами щорічної міжнародної наукової конференції студентів та аспірантів, Харків, 9 квітня 2020 р.). Харків : Лідер, 2021. Вип. 13. С. 13-17.

28. Дмитрієв С. С., Решетченко С. І. Природно-соціальні наслідки воєнних дій на території Харківської області // *Адаптивний менеджмент ландшафту для нового світового (без-) порядку : матеріали міжнар. конф. (Львів - Ворохта, 25-28 вер. 2024 р.)*. Львів, 2024. С. 34-40.
29. Дмитрієв С. Застосування ГІС-технологій у дослідженні ерозійної небезпеки НПП "Слобожанський" // *Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів (студентська секція) : матеріали Щорічної міжнар. наук.-техн. конф.* Харків : ХНУБА, 2021.
30. Екологічний бюлетень стану поверхневих вод. Харків, 1995-2020. 15 с.
31. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату / Хохлов В.М., Боровська Г.О., Уманська О.В., Тенетко М.С.. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2016. №17. С. 31-37.
32. Зміна показників термічного режиму повітря в Україні на період до 2030 р. / Польовий А.М., Дронова О.О., Божко Л.Ю., Боровська Г.О. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса : ТЕС, 2014. №14. С. 95-104.
33. Івус Г.П., Мартазінова В.Ф. Короткий огляд метеорологічних досліджень в кінці ХХ - на початку ХХІ століття в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2017. №19. С. 19-25.
34. Інтерактивна карта: охорона природи Харківської області / Поліщук Л.Б. та ін. *Проблеми безперервної освіти та картографії : зб. наук. праць*. Харків, 2015. Вип. 21. С. 18-21.
35. Катинська І.В., Лобода Н.С. Визначення антропогенних навантажень та екологічних ризиків в басейні р. Кривий Торець (за Програмою підтримки ЄС водної політики України). *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2020. №25. С. 81-92.
36. Клименко В.Г. Загальна гідрологія : навч. посіб. для студ. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2018. 254 с.
37. Клімат України / За ред. Ліпінського В.М. та ін. Київ : Вид-во Раєвського, 2013. 343 с.

38. Коваль Я.В., Лицар І.М., Хвесик М.А. Тенденція змін планетарного клімату та їх можливого впливу на основні сектори української економіки. Київ : Логос, 2012. 268 с.
39. Купріков І.В., Сніжко С.І. Багаторічна мінливість стоку основних річок басейну Чорного моря. *Гідрологія, гідрохімія та гідроекологія*. Т.2. Київ, 2001. С. 373-378.
40. Куценко Г.С., Решетченко С.І. Температура повітря на території Харківської області. *Вісник ХНУ. Серія «Геологія - географія – екологія»*. Харків, 2011. Вип. 40, №1098. С. 109-114.
41. Лобода Н.С. Вплив змін клімату на водні ресурси України (моделювання та прогнози за даними кліматичних сценаріїв). *Глобальні та регіональні зміни клімату*. Київ: Ніка-центр, 2011. С. 340-351.
42. Лобода Н.С., Гопченко Є.Д. Водні ресурси України у зв'язку з кліматичними умовами. *Україна : географічні проблеми сталого розвитку*. Київ : ВГЛ Обрії, 2004. Т.3. С.144-146.
43. Максимович Н.І. Дніпро та його басейн. Київ : Тип. С.Є. Кулежевича, 1901. 466 с.
44. Мельник С.В., Лобода Н.С. Оцінка змін характеристик стоку лівобережних приток верхнього Дністра в умовах потепління. *Український гідрометеорологічний журнал*. №26. Одеса, 2021. С. 55-65.
45. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1962-1991. Вип. №1 "Січень-Березень". 500 с.
46. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1962-1991. Вип. №2 Квітень-Червень". 490 с.
47. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1962-1991. Вип. №3 "Липень-Вересень". 510 с.
48. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1962-1991. Вип. №4 "Жовтень-Грудень". 500 с.
49. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1992-2021. Вип. №1 "Січень-Березень". 490 с.

50. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1992-2021. Вип. №2 "Квітень-Червень". 501 с.
51. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1992-2021. Вип. №3 "Липень-Вересень". 491 с.
52. Метеорологічний щомісячник. Київ, 1992-2021. Вип. №4 "Жовтень-Грудень". 500 с.
53. Науково-методичне обґрунтування нормативної бази щодо розрахунків характеристик максимального стоку рік України / Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Романчук М.Е., Ткаченко Т.Г. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2011. №9. С. 118-125.
54. Оцінка змін якості води по довжині річки Сіверський Донець на початку ХХІ сторіччя / Лобода Н.С., Смалій О.В., Катинська О.М., Котович О.М.. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2019. №23. С. 54-68.
55. Пересадько В.А. Картографування екологічного стану атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод Харківської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Харків, 2013. № 3-4. С. 47-53.
56. Пересадько В.А., Бодня О.В. Картографічне забезпечення проектування національних природних парків (на прикладі національного природного парку "Дворічанський"). *Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. праць*. Київ : ДНПВ "Картографія", 2010. Вип. 4. С. 40-49.
57. Пересадько В.А., Сінна О.І. Теоретичні та прикладні аспекти застосування геоінформаційних технологій при розробці ландшафтно-екологічних карт регіонів (на прикладі Харківської області). *Вісник Харківського університету № 824. Серія «Геологія - географія – екологія»*. Вип. 29. Харків, 2008. С. 179-186.
58. Приходько В.Ю. Характеристика екологічного стану та оцінка якості води нижньої частини Дністровського лиману. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2013. №13. С. 155-161.

59. Ресурси поверхневих вод СРСР. Основні гідрологічні характеристики (за 1965-1970 рр. та весь період спостережень). Вип. 3. Басейн нар. Сіверського Дінця та річки Приазов'я. Київ : Гідрометиздат, 1971. 280 с.

60. Решетченко С., Дмитрієв С. Методика оцінки динаміки екологічного стану (на прикладі басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області) // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 13 квіт. 2023 р.)*. Харків : Лідер, 2023. Вип. 15. С. 14-17.

61. Решетченко С.І. Метеорологія та кліматологія : навч. посіб. Харків : Вид-во Харківського ун-ту, 2015. 220 с.

62. Решетченко С.І., Фоменко С.О. Визначення сучасного вітрового режиму Харківської області. *Проблеми безперервної географічної освіти та картографії : зб. наук. праць*. Харків, 2016. Вип. 24. С. 100-105.

63. Руденко Л.Г., Маруняк Є.О., Голубцов О.Г. Ландшафтне планування в Україні. Київ : Реферат, 2014. 144 с.

64. Серга Е.М., Хохлов В.М., Л.В. Недострелова Сучасна динаміка показників основних кліматичних характеристик на станціях північно-західного Причорномор'я. *Український гідрометеорологічний журнал*. №26. Одеса, 2020. С. 37-49.

65. Сіверський Донець : Водний та екологічний атлас / під ред. А.В. Гриценко, О.Г. Васенко. Харків : Райдер, 2006. 188 с.

66. Сінна О.І. Укладення серії фізико-географічних карт на основі дослідження ландшафтів та їх антропогенних змін. *Часопис географії : зб. наук. праць*. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2013. Вип. 7. С. 87-92.

67. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод : підруч. для студ. геогр., геол., біол. та гідрометеорол. ф-тів закл. вищої освіти. Київ, 2001. 262 с.

68. Струтинська В.М. Вплив змін клімату на термічний та льодовий режими річок басейну Дніпра (в межах України) з другої половини ХХ ст. : автореф. дис. на здобуття ступеня канд. геогр. н : спец. 11.00.77. Київ, 2008. 20 с.

69. Удосконалення нормативної бази для визначення розрахункових характеристик максимального стоку річок у межах Причорноморської низовини / Гопченко Є.Д., Кічук Н.С., Овчарук В.А., Романчук М.Є. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса : ПП "ТЕС", 2014. №15. С. 193-203.
70. Університетська гідрологічна наука в Україні та перспективи подальшого її розвитку / Хільчевський В.К. та ін. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2017. №19. С. 90-105.
71. Харківщинознавство : навч. посіб. Для учнів 8-9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / О.І. Грінченко та ін. Харків : Гімназія, 2011. 448 с.
72. Хоменко О.М., Гайдар І.О. Аналіз екологічного стану малих річок Черкаської області (на прикладі р. Золотоноша). *Екологічна безпека*. Харків, 2019. С. 39-42.
73. Хохлов В.М., Боровська Г.О., Замфірова М.С. Кліматичні зміни та їх вплив на режим температури повітря і опадів в Україні у перехідні сезони. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2020. №26. С. 60-67.
74. Хохлов В.М., Єрмоленко Н.С. Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2016. №15. С. 76-82.
75. Черваньов І.Г., Боков В.А., Тимченко І.Є. Геосистемні управління природним середовищем. Сімферополь, 2004. 100 с.
76. Шакірзанова Ж.Р. Визначення основних факторів весняного водопілля річок лівобережжя Дніпра при довгострокових прогнозах його характеристик. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса, 2013. №9. С. 141-150.
77. Шикломанов І.А. Вплив змін клімату на гідрологію та водне господарство. *Метеорологія та гідрологія*. Одеса, 1991. №4. С. 51-56.
78. Шпурік К.В. Особливості картографічного дизайну при розробці атласу природної та історико-культурної спадщини Харківської області. *Проблеми безперервної географічної освіти та картографії : зб. наук праць*. Харків, 2013. Вип. 18. С. 173-176.

79. Яцюк М., Купріков І., Сніжко С. Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в ХХІ столітті. *Водне господарство України : наук.-техн. часопис*. Київ, 2012. №6. С. 100-109.
80. Arrhenius S. On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground // *Phil. Mag.* 1896. Ser. 5, vol. 41. P. 237-276.
81. Behringer W. A cultural history of climate. Cambridge: Polity Press, 2010. 272 p.
82. Budyko M.I. Global Climate Warming and its Consequence. Blue Planet Prize 1998 Commemorative Lectures. *Ecology Symphony*. October 30.
83. Callendar G. S. The Artificial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Temperature // *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 1938. Vol. 64. P. 223-240.
84. CLIMAP Project Members. The surface of the ice-age Earth // *Science*. 1976. Vol. 191. P. 1131-1137. Keeling C. D. et al. Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa observatory // *Tellus*. 1976. Vol. 28, No. 6. P. 538-551.
85. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2007. 976 p.
86. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [R. K. Pachauri, A. Reisinger (ред.)]. Geneva : IPCC, 2007. 104 p.
87. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2014. 1132 p.
88. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2014.

89. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [R. K. Pachauri, L. A. Meyer (ред.)]. Geneva : IPCC, 2014. 151 p.

90. Dmitriev S., Reshetchenko S. Dynamics of climate and hydrological regimes in the Psel river basin // *Congress Proceedings - IV International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence 2021 (Student Sections)*. Praha : OktahPrint, 2021. P. 301-303.

91. Dmitriev S., Reshetchenko S., Shamayeva Iu. Assessment of the dynamics and projection of the ecological condition of the Siverskiy Donets river basin // *Академічні та наукові виклики різноманітних галузей знань у 21-му столітті. Принципи CLIL в дії : матеріали XII Всеукр. наук. конф. з міжнар. участю (Харків, 24 бер. 2023 р.)*. Харків, 2023. P. 195-203.

92. Dmitriev S., Tereschtschenko O. Zusammenhang zwischen Klimawandel und hydrologischen Parametern des Psel Einzugsgebiets und prognostizierte Bewertung des Temperaturregimes des Gebiets // *Сучасні тенденції у науці : зб. студентських праць : у 2 ч*. Харків, 2021. С. 14-18.

93. Dmitriiev S. S., Rechetchenko S. I., Cherkashyna N. I. Determination of the tourist and recreational potential of the Vorskla river basin // *Ecology is a priority : Proceedings of the English-Language Scientific Conference (Kharkiv, March, 16, 2021)*. Харків, 2021. С. 30-32.

94. Dmitriiev S. S., Reshetchenko S. I. Methodological approaches to assessing crop vulnerability to climate change at the level of territorial communities // *Climate change and sustainable agricultural development : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (September 19, 2025)*. Odesa : Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS, 2025. С. 16-18.

95. Dmitriiev S., Reshetchenko S. The Impact of Climatic Changes on the Water Regime of the Siverskiy Donets' Basin // *Climate Services: Science and Education : International Research-to-Practice Conference : Conference Proceedings*. Odesa : Odessa State Environmental University, 2021. P. 101-102.

96. Dmitriiev S., Reshetchenko S., Shamayeva Ju. Changements climatiques dans le bassin de la riviere Siversky Donets et leurs consequences // *Research and education in the global world: eurointegration processes : Book of papers of the 2023 International Forum for Young Researchers (Kharkiv, May 12, 2023)*. Kharkiv : O. M. Beketov NUUE in Kharkiv, 2023. P. 281-283.
97. Ekholm N. On the Variations of the Climate of the Geological and Historical Past and Their Causes // *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 1901. Vol. 27. P. 1-61.
98. Fagan B. M. *The Little Ice Age: how climate made history, 1300-1850*. New York: Basic Books, 2000. 256 p.
99. Fleming J. R. *Historical Perspectives on Climate Change*. Oxford: Oxford University Press, 1998. 228 p.
100. Fourier J. B. J. Remarques generales sur les temperatures du globe terrestre et des espaces planetaires // *Ann. chim. phys. (Paris)*. 1824. 2nd ser., vol. 27. P. 136-167
101. Golinski J. *British weather and the climate of Enlightenment*. Chicago: University of Chicago Press, 2007. 304 p.
102. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation / [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2011. 1075 p.
103. Jankovic V. *Reading the skies: a cultural history of English weather, 1650-1820*. Chicago: University of Chicago Press, 2001. 268 p.
104. Lamb H. H. *Climate, History, and the Modern World*. 2nd ed. London/New York: Routledge, 1995. 464 p.
105. Le Roy Ladurie E. *Times of Feast, Times of Famine: a History of Climate Since the Year 1000*. London: George Allen & Unwin, 1972. 426 p.
106. Malm A. *Fossil capital: the rise of steam power and the roots of global warming*. London: Verso, 2016. 486 p.

107. Manabe S., Wetherald R. T. The Effects of Doubling the CO₂ Concentration on the Climate of a General Circulation Model // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1975. Vol. 32, No. 1. P. 3-15.

108. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2012. 582 p.

109. Plass G. N. The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change // *Tellus*. 1956. Vol. 8. P. 140-154.

110. Pouillet C. S. M. Memoire su la chaleur solaire, sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmospherique, et sur les temperatures de l'espace // *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*. 1838. Vol. 7, No. 2. P. 24-65.

111. Report of the International Conference on the assessment of the role of carbon dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts. Geneve, 1986. 59 p.

112. Ruddiman W. F. *Plows, Plagues and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*. Princeton: Princeton University Press, 2005. 202 p.

113. Sawyer J.S. Man-made Carbon dioxide and the "Greenhouse" Effect. *Nature : journal*. 1972. P. 23-26.

114. Summary for Policymakers. *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2007.

115. Tyndall J. On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connection of Radiation, Absorption, and Conduction // *Phil. Mag*. 1861. Ser. 4, vol. 22. P. 169-194, 273-285.

116. Varenus S. On the influence of carbonic acid upon in the air upon the temperature of the ground. *Philosogical Magazine and Journal of Science*. №41 (251). P. 237-276.

117. Weart S. Past Climate Cycles : Ice age Speculations. The discovery of global warming. London, 2011. P. 35-57.
118. Weart S. R. The Discovery of Global Warming. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2008. 240 p.
119. Бережна І. Ю. Вплив механізму прикордонного регулювання вуглецю (СВАМ) ЄС на глобальну економіку, торгівлю та кліматичну політику. Київ : Національний інститут енергетичних досліджень, 2023. URL: <https://neiau.com.ua/vplyv-mehanizmu-kordonnogo-regulyuvannya-vugleczyu-cbam-yes-na-globalnu-ekonomiku-torgivlyu-ta-klimatychnu-polityku/> (дата звернення: 22.09.2025).
120. Біссет Р. Оцінка впливу на навколишнє середовище. URL: <http://base.safework.ru/iloenc?print&nd=857100166&spack=110LogLength%3D0%26LogNumDoc%3D857000273%26listid%3D010000000100%26listpos%3D4%26lsz%3D10%26nd%3D857000273%26nh%3D1%26> (дата звернення: 02.10.2021).
121. Викиди забруднюючих речовин і парникових газів, діоксиду вуглецю у атмосферне повітря (1990-2020 рр.). URL: <http://kh.ukrstat.gov.ua/dynamika-vykydiv-zabrudniuiuchykh-rechovyn-i-dioksydu-vuhletsiu-v-atmosferne-povitria> (дата звернення: 01.11.2025).
122. Викладачі кафедри гідрології та гідроекології. URL: <https://geo.knu.ua/fakultet/pidrozdily/kafedry/kafedra-gidrologiyi-ta-gidroekologiyi/vykladachi-kafedry-gidrologiyi-ta-gidroekologiyi/> (дата звернення: 10.10.2025).
123. Відомості про стан водних об'єктів : набір даних / Державне агентство водних ресурсів України. Київ : Держводагентство, 2023. URL: <https://data.gov.ua/dataset/341e5bd6-3855-4507-9a53-f95a9a1e3035> (дата звернення: 17.10.2025).
124. Вміст нафтопродуктів у річці Немишля перевищує норму в 9,5 разів / Status Quo. Харків : Status Quo, 2024. 14 лют. URL: <https://www.sq.com.ua/ukr/novini/14.02.2024/vmist-naftoproduktiv-u-ricci-nemislya-perevishhuje-normu-v-95-raziv-foto> (дата звернення: 29.09.2025).

125. Внаслідок військових дій з початку року зафіксовано 77 випадків пошкодження об'єктів водного господарства / Держекоінспекція (ЕкоЗагроза). Київ : Держекоінспекція, 2023. 28 лют. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/news/77> (дата звернення: 15.09.2025).
126. Водопровідно-каналізаційне господарство області / Чернігівська обласна державна адміністрація. Чернігів : Чернігівська ОДА, 2024. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15803&tp=1&pg=> (дата звернення: 13.10.2025).
127. Воронцова А. В. Унікальні водно-болотні угіддя України / Екодія. Київ : Екодія, 2023. URL: <https://ecoaction.org.ua/unikalni-vodno-bolotni-uhiddia-ukrainy.html> (дата звернення: 17.09.2025).
128. Вплив зміни клімату в Україні / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ : Міндовкілля, 2023. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/2_Vplyv-zminy-klimatu-v-Ukrayini.pdf (дата звернення: 08.10.2025).
129. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Клімат України та прикладні аспекти його використання : навч. посіб. Одеса : ОДЕКУ, 2012. 180 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/378/1/VrublevskayaAA_Klimat_Ukrainy_%20ta_prikladni%20aspekty_igo_vykorystanya_2012.pdf (дата звернення: 27.10.2025).
130. Географічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка. URL: <http://geo.knu.ua/en/home-english/> (дата звернення: 10.10.2025).
131. Геолого-географічний факультет ОНУ ім. І. Мечникова. URL: <http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/ggf> (дата звернення: 10.10.2025).
132. Декларація тисячоліття Організації Об'єднаних Націй. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/summitdecl.shtml (дата звернення: 11.10.2021).
133. Держкомстат України : Викиди діоксиду сірки та оксидів азоту в атмосферне повітря (1990-2018 рр.). URL:

http://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2013/ns_rik/ns_u/vdop_u2011.html (дата звернення: 13.11.2025).

134. Дмитрієв С. С. Динаміка гідрологічних характеристик в басейні річки Псел під впливом сучасних кліматичних змін. Одеса, 2021. 90 с. URL: <http://old.odeku.edu.ua/wp-content/uploads/PSL2021.pdf> (дата звернення: 13.11.2025).

135. Дмитрієв С., Решетченко С. Оцінка екологічного стану річкового басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області // *Проблеми і перспективи безперервної освіти і картографії*. 2022. Вип. 36. С. 34-42. URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23220/21262> (дата звернення: 13.09.2025).

136. Дмитрієв С., Решетченко С., Маргарян В. Екологічний стан основних водних об'єктів Харківської області в умовах активних бойових дій // *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2026. Вип. 43. С. 34-42. URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23220/21262> (дата звернення: 13.09.2025).

137. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2023 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2024. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 03.10.2025).

138. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2022 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2023. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 09.10.2025).

139. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2021 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2022. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 26.10.2025).

140. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2020 рік. Харківська обласна державна адміністрація.

2021. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 14.10.2025).

141. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2019 рік. Харківська обласна державна адміністрація.

2020. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 07.10.2025).

142. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2018 рік. Харківська обласна державна адміністрація.

2019. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 21.10.2025).

143. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2017 рік. Харківська обласна державна адміністрація.

2018. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 29.10.2025).

144. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області за 2016 рік. Харківська обласна державна адміністрація.

2017. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 25.10.2025).

145. Екологічний паспорт Харківської області за 2015 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2016. URL:

https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1110/110928/Attaches/ekologichniy_paspport_harkivskoyi_oblasti_za_2015_rik.pdf (дата звернення: 30.10.2025).

146. Екологічний паспорт Харківської області за 2016 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2017. URL:

https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1110/110928/Attaches/ekologichniy_paspport_harkivskoyi_oblasti_za_2016_rik.pdf (дата звернення: 08.10.2025).

147. Екологічний паспорт Харківської області за 2017 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2018. URL:

https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1110/110928/Attaches/ekologichniy_paspport_harkivskoyi_oblasti_za_2017_rik.pdf (дата звернення: 16.10.2025).

148. Екологічний паспорт Харківської області за 2018 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2019. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1110/110928/Attaches/ekologichniy_paspord_harkivskoyi_oblasti_za_2018_rik.pdf (дата звернення: 23.10.2025).

149. Екологічний паспорт Харківської області за 2019 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2020. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1110/110928/Attaches/ekologichniy_paspord_harkivskoyi_oblasti_za_2019_rik.pdf (дата звернення: 19.10.2025).

150. Екологічний паспорт Харківської області за 2020 рік. Харківська обласна державна адміністрація. 2021. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1110/110928/Attaches/ekologichniy_paspord_harkivskoyi_oblasti_za_2020_rik.pdf (дата звернення: 01.10.2025).

151. Екологічний паспорт Харківської області за 2021 рік. Департамент захисту довкілля та природокористування. 2022. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1282/128134/Attaches/ekologichniy_paspord_harkivskoyi_oblasti_za_2021_rik.pdf (дата звернення: 28.10.2025).

152. Екологічний паспорт Харківської області за 2022 рік. Департамент захисту довкілля та природокористування. 2023. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1282/128134/Attaches/ekologichniy_paspord_harkivskoyi_oblasti_za_2022_rik.pdf (дата звернення: 12.10.2025).

153. Екологічний паспорт Харківської області за 2023 рік. Харківська обласна військова адміністрація. 2024. URL: https://kharkivoda.gov.ua/content/documents/1282/128134/Attaches/ekologichniy_paspord_harkivskoyi_oblasti_2023_rik.pdf (дата звернення: 05.10.2025).

154. Екологічні збитки Харківщини через агресію РФ перевищили пів трильйона гривень / 25TV. Харків : 25TV, 2023. 10 берез. URL: <https://25tv.com.ua/content/ekologichni-zbitki-harkivschini-cherez-agresiyu-rf-perevischili-piv-trilyona-griven/> (дата звернення: 12.09.2025).

155. За три тижні війни збитки довіллю Харківської області зросли на 437 млн грн / ДумаЙ Канал (Dumka Media). Харків : Dumka Media, 2022. 18 берез.

URL: <https://dumka.media/ukr/suspilstvo/1760518701-za-tri-tizhni-viyni-zbitki-dovikllyu-harkivskoyi-oblasti-zrosli-na-437-mln-grn> (дата звернення: 24.09.2025).

156. Загальна інформація про Українську кліматичну мережу / Українська кліматична мережа (UCN). Київ : UCN, 2024. URL: https://ucn.org.ua/?page_id=2162 (дата звернення: 03.10.2025).

157. Залюбовська О., Залюбовський М., Сінна О. Природно-заповідний фонд Харківської області в умовах воєнних дій. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2023. Вип. 38. С. 7-16. DOI: 10.26565/2075-1893-2023-38-01 (дата звернення: 22.09.2025).

158. Затоплений Харків: як велике місто переживає наслідки найбільшої від 19 сторіччя зливи / ТСН. Київ : ТСН, 2020. 26 лип. URL: <https://tsn.ua/ukrayina/zatopleniy-harkiv-yak-velike-misto-perezhivaye-naslidki-naybilshoyi-vid-19-storichchya-zlivi-1585558.html> (дата звернення: 31.10.2025).

159. Звіт про науково-дослідну роботу : проведення просторового аналізу водного режиму басейнів поверхневих водних об'єктів на території України внаслідок змін клімату. Київ, 2013. URL: [file:///C:/Users/FOX/Downloads/Оформл%20диплом,%20курсова,%20звіт%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/FOX/Downloads/Оформл%20диплом,%20курсова,%20звіт%20(2).pdf) (дата звернення: 11.10.2025).

160. ЗСУ звільнили кілька природоохоронних парків на Харківщині / Wow Nature. [Б. м.] : Wow Nature, 2022. 20 верес. URL: <https://wownature.in.ua/zsu-zvilnyly-kilka-pryrodookhoronnykh-parkiv-na-kharkivshchyni/> (дата звернення: 19.09.2025).

161. Інституційно-правові основи адаптації до зміни клімату в Україні / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ : Міндовкілля, 2023. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/2_Instytutsijno-pravovi-osnovy-adaptatsiyi-do-zminy-klimatu-v-Ukrayini.pdf (дата звернення: 29.09.2025).

162. Карти України : Географічні карти України. URL: <http://geomap.land.kiev.ua> (дата звернення: 12.10.2025).

163. Кафедра фізичної географії та картографії. URL: <https://physgeo.univer.kharkov.ua/> (дата звернення: 10.10.2025).
164. Кафедра кліматології та мететорології. URL: <https://geo.knu.ua/fakultet/pidrozdily/kafedry/kafedra-meteorologiyi-ta-klimatologiyi/> (дата звернення: 10.10.2025).
165. Климчук І. Я., Архипова Л. М. Екологічний моніторинг, прогнозування та оцінка стану довкілля. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2023. Vol. 14, № 1. С. 66-74. DOI: 10.31471/2415-3184-2023-1(27)-66-74 (дата звернення: 06.10.2025).
166. Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів. Рамсар, 1971. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_031#Text (дата звернення: 19.11.2020).
167. Корабльов Д. С. Сучасний вітровий режим Харківської області : кваліфікаційна робота бакалавра: спец. 103 - Науки про Землю; наук. кер. О. О. Міхеєва. Харків : ДБТУ, 2023. 58 с. URI: <https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/36348> (дата звернення: 29.10.2025).
168. Лук'янець О. І., Ободовський О. Г., Гребінь В. В. Прогнозні оцінки водного стоку річок України на основі стохастичних закономірностей його багаторічних коливань. *Укр. геогр. журн.* 2021. № 4. С. 18-29. DOI: 10.15407/ugz2021.04.018 (дата звернення: 05.09.2025).
169. Навчально-науковий інститут екології : Співробітники інституту. URL: <https://ecology.karazin.ua/spivrobitniki> (дата звернення: 10.10.2025).
170. Настанови гідрометеорологічним станціям та постам. URL: <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut3/diagnostics/global/nh%2Bsh/index.html> (дата звернення: 19.10.2025).
171. Національний Атлас України / За ред. Терєфери О.В. URL: <http://wdc.org.ua/atlas/default.html> (дата звернення: 21.10.2025).
172. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року / Міністерство економіки України. Київ : Мінекономіки, 2024. URL:

<https://me.gov.ua/view/bb0b9ef5-ea96-4b8a-8f2f-471faf32c9df> (дата звернення: 24.09.2025).

173. НЦУВКЗ провів супутниковий моніторинг основних забруднювачів атмосфери України. URL: <http://space.com.ua/2020/07/22/ntsuvkz-proviv-suputnikovij-monitoring-osnovnih-zabrudnyuvachiv-atmosferi-ukrayini/> (дата звернення: 12.11.2025).

174. Огляд кліматичної політики України: Нормативно-правове регулювання / Legal Analytics. [Б. м.] : Legal Analytics, 2021. URL: <https://www.legalanalytics.org.ua/%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D1%8F%D0%B4%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8-%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8-%D0%BD/> (дата звернення: 08.10.2025).

175. ОДЕКУ : Одеський державний екологічний університет. URL: <https://odeku.edu.ua> (дата звернення: 01.11.2025).

176. Офіційний сайт Міністерства енергетики та захисту довкілля України. URL: <https://menr.gov.ua> (дата звернення: 11.10.2025).

177. Про затвердження Державної цільової програми справедливої трансформації вугільних регіонів України на період до 2030 року. Постанова Кабінету Міністрів України від 18.06.2025 № 711. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/711-2025-%D0%BF#Text> (дата звернення: 03.10.2025).

178. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод : постанова Кабінету Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-п#Text> (дата звернення: 22.10.2021).

179. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 20 серп. 2021 р. №2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 29.09.2021).

180. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 1 січ. 2020 р. №2354-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення: 01.10.2021).

181. Про схвалення Концепції Державної цільової екологічної програми управління водними ресурсами на період до 2025 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 03.11.2021 № 1363-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 17.09.2025).

182. Про схвалення Національного плану з енергетики та клімату на період до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25.06.2024 № 587-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/587-2024-%D1%80#Text> (дата звернення: 26.09.2025).

183. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> (дата звернення: 20.10.2025).

184. Протокол щодо стратегічної екологічної оцінки до Конвенції про оцінку впливів на навколишнє середовище у транскордонному контексті. URL: <http://www.unece.org/fileadmin//DAM/env/eia/documents/legaltexts/protocolrussian.pdf> (дата звернення: 01.10.2025).

185. Публічна інформація / Державне агентство лісових ресурсів України. Київ : Держлісагентство, 2025. URL: <https://forest.gov.ua/agentstvo/publicna-informaciia> (дата звернення: 20.10.2025).

186. Руйнація екосистеми через пожежі в регіоні / Накипіло (Nakupilo). Харків : Накипіло, 2024. 10 трав. URL: <https://nakypilo.ua/novyny/ruinatsiia-ekosytemy-cherez-pozhezhi-v-regioni/> (дата звернення: 24.10.2025).

187. Сайт архіву погоди. URL: <https://rp5.ua> (дата звернення: 22.10.2025).

188. Сайт кафедри фізичної географії та картографії ХНУ імені В.Н. Каразіна. URL: <https://physgeo.univer.kharkov.ua> (дата звернення: 15.10.2025).

189. Статистична інформація (за галузями) / Головне управління статистики у Харківській області. Харків : ГУС у Харківській області, 2025. URL: <https://kh.ukrstat.gov.ua/stat-informatsiya> (дата звернення: 15.10.2025).

190. Український Гідрометеорологічний Центр :Інформаційний сервер погоди. URL: https://meteo.gov.ua/ua/33345/hmc/hmc_main/ (дата звернення: 22.10.2025).

191. Управління екології та природних ресурсів / Харківська обласна державна адміністрація. Харків : ХОДА, 2025. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736> (дата звернення: 01.10.2025).

192. Adoption of Paris Agreement : Proposal by the President. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf> (дата звернення : 17.10.2025).

193. Assessment of the Environmental Impact of Military Activities During the Yugoslavia Conflict / United Nations Environment Programme (UNEP). [Б. м.] : UNEP, 1999. URL: <https://reliefweb.int/report/albania/assessment-environmental-impact-military-activities-during-yugoslavia-conflict> (дата звернення: 24.10.2025).

194. Building a Climate-Resilient Ukraine: The Role of Adaptation in Strategic Planning of the NDC / Ukrainian Climate Office. Київ : Ukrainian Climate Office, 2025. URL: https://ukrainian-climate-office.org/wp-content/uploads/2025/05/EN_%D0%9F%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D1%81%D1%82%D1%96%D0%B9%D0%BA%D0%BE%D1%97-%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8.pdf (дата звернення: 01.10.2025).

195. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [S. Solomon, D. Qin, M. Manning та ін. (ред.)]. Cambridge :

Cambridge University Press, 2007. 996 p. URL: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2023/06/AR4WGI.pdf> (дата звернення: 31.10.2025).

196. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2013. 1535 p. DOI: 10.1017/CBO9781107415324 (дата звернення: 29.10.2025).

197. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. DOI: 10.1017/9781009157896 (дата звернення: 26.10.2025).

198. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2022. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844 (дата звернення: 26.10.2025).

199. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [P. R. Shukla, J. Skea, R. Slade та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926 (дата звернення: 27.10.2025).

200. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [H. Lee, J. Romero (ред.)]. Geneva : IPCC, 2023. P. 35-115. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647 (дата звернення: 28.10.2025).

201. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems / [P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo

Buendia та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2019. DOI: 10.1017/9781009157988 (дата звернення: 31.10.2025).

202. Climate monitoring as an indicator of the hydrological condition of the Siverskiy Donets' river basin / Dmytriev S. S., etc. // *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 56. С. 172-184 (Web of Science). DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-12> (дата звернення: 22.09.2025).

203. Climate monitoring as an indicator of the state of natural landscapes / Reshetchenko S., Dmitriiev S., Boryskina E., Hrekova E. // *Proceedings of the Yerevan State University*. Yerevan, 2023. Vol. 57, № 3. P. 264-267. DOI: <https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.3.264> (дата звернення: 22.09.2025).

204. Climate.GOV : science&information for a climate-smart nation. URL: <https://climate.gov> (дата звернення: 22.09.2025).

205. Council Directive 85/337/EEC of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment. New York, 1985. URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31985L0337:EN:HTML> (дата звернення: 01.10.2025).

206. Declaration of the World Climate Conference. Geneva, 1979. 59 p. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3778 (дата звернення: 11.10.2025).

207. DeepStateMap. Live Map of War in Ukraine / DeepState UA. [Б. м.] : DeepState UA, 2022-2025. URL: <https://deepstatemap.live/#6/49.1529697/35.5627441> (дата звернення: 26.09.2025).

208. Deineha M. A. Adaptation to climate change in agriculture of Ukraine: Separate aspects of legal support. *Law. Human. Environment*. 2022. Vol. 13, № 1. P. 7-17. URL: https://environmentalscience.com.ua/web/uploads/pdf/LAW.%20HUMAN.%20ENVIRONMENT_2022_Vol.%2013,%20No.%201_7-17.pdf (дата звернення: 06.10.2025).

209. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal L 327. 2000. P. 0001-0073. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng> (дата звернення: 10.10.2025).

210. Dmitriiev S. Trends in the Degradation of Water Resources of Ukraine (on the example of the Kharkiv Region) during the war //Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Development - *NATO Science for Peace and Security Series : Environmental Security* / ed.: C. Morar [et al.]. Dordrecht : Springer, 2024. P. 369-384. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-024-2278-8_29 (дата звернення: 22.09.2025).

211. Dmitriiev S., Reshetchenko S. Natural and social consequences of military actions in the territory of Kharkiv region // Human Geography Journal, 2024. (36). P. 63-74. DOI: <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2024-36-06> (дата звернення: 22.09.2025).

212. Earthdata Search. URL: <https://search.earthdata.nasa.gov/search> (дата звернення: 30.10.2025).

213. Ecological impact of global climate change / EBSCO (Research Starters). [Б. м.] : EBSCO, 2023. URL: <https://www.ebsco.com/research-starters/environmental-sciences/ecological-impact-global-climate-change> (дата звернення: 08.09.2025).

214. Ecological Impacts of Climate Change / National Research Council. Washington : The National Academies Press, 2008. 18 p. URL: https://nap.nationalacademies.org/resource/12491/ecological_impacts.pdf (дата звернення: 05.09.2025).

215. Environmental assessment (SEA and EIA): overview. Washington, 2015. URL: <http://www.liaise-kit.eu/ia-method/environmental-assessment-sea-and-eia> (дата звернення: 02.10.2025).

216. Fire Information for Resource Management System (FIRMS) - Active Fire Data / NASA/USGS. [Б. м.] : NASA/USGS, 2025. URL: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/active_fire/#firms-shapefile (дата звернення: 10.10.2025).

217. Fire Information for Resource Management System (FIRMS) / NASA/USGS. [Б. м.] : NASA/USGS, 2025. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/> (дата звернення: 13.10.2025).

218. Fischetti P. War's hidden toll: How scientists are confronting the environmental devastation left in conflict's wake / International Science Council (ISC). [Б. м.] : ISC, 2022. URL: <https://council.science/blog/wars-hidden-toll-how-scientists-are-confronting-the-environmental-devastation-left-in-conflicts-wake/> (дата звернення: 29.10.2025).

219. GIS DATA. URL: <https://cid.center/gisdata/> (дата звернення: 06.11.2025).

220. Glacier regime of the Drakhtik river / Dmitriiev S., etc. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*. 2025. № 63. P. 178-189. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-13> (дата звернення: 22.09.2025).

221. Global Climate Change: The Science, Economics and Politics of Climate Change / Robert A. G. O'Doherty. [Б. м.] : Amazon, 2020. URL: <https://read.amazon.com/sample/6202676752?clientId=share> (дата звернення: 03.09.2025).

222. Global Climate Monitor. URL: <https://www.globalclimatemonitor.org> (дата звернення: 29.10.2025).

223. Global Solar Atlas. URL: <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.523088,8.261719,3> (дата звернення: 29.10.2025).

224. Hansen J., Johnson D., Laci A. та ін. Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide // *Science*. 1981. Vol. 213. P. 957-966. URL: <https://doi.org/10.1126/science.213.4511.957> (дата звернення: 15.10.2025).

225. History of Source Water / Our Watershed. [Б. м.] : Our Watershed, 2024. URL: <https://ourwatershed.ca/resources/water-basics/history-of-source-water/> (дата звернення: 15.10.2025).

226. Hwang S. kyoungh. The Korean War and the environment. *Critical Asian Studies*. 2021. Vol. 53, № 4. P. 517-537. DOI: 10.1080/14672715.2021.1967179 (дата звернення: 27.10.2025).

227. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate / [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2019. 755 p. DOI: 10.1017/9781009157964 (дата звернення: 30.10.2025).

228. Manabe S., Wetherald R. T. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity // *Journal of the Atmospheric Sciences*. 1967. Vol. 24, No. 3. P. 241-259. URL: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1967\)024<0241:TEOTAW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1967)024<0241:TEOTAW>2.0.CO;2) (дата звернення: 15.10.2025).

229. Martinovic-Vitanovic V., Kalafatic V. Ecological Impact on the Danube After NATO Air Strikes. In: *Environmental Consequences of War and Aftermath*. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2009. Vol. 3U. DOI: 10.1007/978-3-540-87963-3_8 (дата звернення: 22.10.2025).

230. Met Office Hadley Center observations datasets : HadCRUT3 Diagnostics : global average (NH+SH). URL: <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut3/diagnostics/global/nh+sh/> (дата звернення: 20.10.2025).

231. Modern changes in climatic characteristics and minimum flow of the rivers in the basin of lake Sevan / Dmitriiev S., etc. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*. 2023. № 59. P. 178-189. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-13> (дата звернення: 16.09.2025).

232. Morar, C., Nagy, G., Dulca, M., Boros, L., Sehida, K. (2019). Aspects Regarding the Military Cultural-Historical Heritage in The City Of Oradea (Romania). *Annales-Anali Za Istrske In Mediteranske Studije-Series Historia Et Sociologia (Annals for Istrian and Mediterranean Studies. Series Historia et Sociologia)*, 29, 2, pp. 303-322. URL: <https://doi.org/10.19233/ASHS.2019.21> (дата звернення: 03.10.2025).

233. Nitrogen dioxide pollution mapped. URL: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Nitrogen_dioxide_pollution_mapped (дата звернення: 18.11.2025).
234. Open Street Map. URL: <https://www.openstreetmap.org/#map=12/49.1311/37.1257> (дата звернення: 06.11.2025).
235. Parkinson S. Militarism: A Leading Cause of Environmental and Climate Crises / *International Union of Scientists for Peace (IUS)*. [Б. м.] : IUS, 2022. URL: <https://www.iuscientists.org/militarism-and-climate-crises/> (дата звернення: 31.10.2025).
236. Peculiarities of changes in moisture conditions on the territory of Ukraine / Reshetchenko S., Dmitriiev S., Tkachenko T., Margaryan V. // *Proceedings of the Yerevan State University : Geological and geographical Sciences*. 2023. Vol. 57, № 1-2 (260). P. 20-29. DOI: <https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.1-2.020> (дата звернення: 22.09.2025).
237. Peric A., Miljus, M. The regeneration of military brownfields in Serbia: Moving towards deliberative planning practice? *Land Use Policy*, Volume 102, 2021, 105222/ URL: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105222> (дата звернення: 05.10.2025).
238. Phillips N. A. The General Circulation of the Atmosphere: A Numerical Experiment // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 1956. Vol. 82. P. 123-164. URL: <https://doi.org/10.1002/qj.49708235202> (дата звернення: 15.10.2025).
239. Physical meaning of temperature and evolution of distribution laws (in the area of the Lake Sevan basin) / Sedrakyan A., Margaryan V., Reshetchenko S., Dmitriiev S. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*. 2023. № 58. P. 231-240 (Web of Science). DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-18> (дата звернення: 22.09.2025).

240. Re:Ukraine Shtab (Мапа руйнувань) / Re:Ukraine Shtab. [Б. м.] : Re:Ukraine Shtab, 2022-2025. URL: <https://reukraine.shtab.net/> (дата звернення: 22.10.2025).

241. Report of an Ad. Hoc. Study Group on Carbon Dioxide and Climate, Woods Hole. *Climate Research Board, Assembly of Mathematical and Physical Sciences*. Washington D.C. : The National Academies Press, 1979. URL: https://www.bnl.gov/envsci/schwartz/charney_report1979.pdf (дата звернення: 10.10.2025).

242. Rio Declaration on Environment and Development / United Nations. New York : UN, 1992. 21 р. URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_CONF.151_26_Vol.I_Declaration.pdf (дата звернення: 17.10.2025).

243. Roe G. In defense of Milankovitch. *Geophysical Research Letters*. 2006. Vol. 33, № 24. P. L24703. DOI: 10.1029/2006GL027817 (дата звернення: 10.09.2025).

244. SaveEcoBot : Air Pol. URL: <https://www.saveecobot.com/platform/air-pollution> (дата звернення 05.11.2025).

245. SEA and EIA legislations at national levels: legal framework, implementation, common features and problems, needs. URL: <https://eap-csf.eu/wp-content/uploads/EIA-SEA-Summary.pdf> (дата звернення: 11.10.2025).

246. Snizhko S., Didovets I., Bronstert A. Ukraine's water security under pressure: *Climate change and wartime. Water Security*. 2024. Vol. 23. P. 1-14. DOI: 10.1016/j.wasec.2024.100182 (дата звернення: 08.09.2025).

247. Strategic Framework for Adaptation to Climate Change in the Dniester River Basin. Vienna : OSCE, UNECE, 2013. 50 р. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/9/b/260306.pdf> (дата звернення: 10.09.2025).

248. Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and

related global greenhouse gas emission pathways... / [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner та ін. (ред.)]. Cambridge : Cambridge University Press, 2018. P. 3-24. DOI: 10.1017/9781009157940.001 (дата звернення: 26.10.2025).

249. United Nations - Climate Change : UNFCCC Sites and Platforms. URL: <https://unfccc.int> (дата звернення: 20.10.2025).

250. War in Ukraine: Environmental Impact and the Price of Recovery ap / Toplead Projects. [Б. м.] : Toplead Projects, 2023. URL: <https://www.topleadprojects.com/war-in-ua-environmental-impact-ukr> (дата звернення: 01.10.2025).

251. Working Group on EIA and SEA Website. URL: <http://www.unece.org/env/eia/workinggroup.html> (дата звернення: 01.10.2025).

ДОДАТКИ

**ДОДАТОК А. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ
ДИСЕРТАЦІЇ**

*Публікації, що засвідчують основні наукові результати дисертації
Публікації у фахових наукових виданнях України категорії «А»,
індексованих в WoS/Scopus.*

5. Climate monitoring as an indicator of the hydrological condition of the Siverskiy Donets' river basin / **Dmytriev S. S.**, etc. // *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 56. С. 172-184 (Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-56-12>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/18793/17082>

(*Особистий внесок здобувача: розраховані кліматичні показники та оцінена гідрологічна динаміка у басейні річки Сіверський Донець у Харківській області. Особисті внески інших авторів: Решетченко С.: обґрунтування концепції кліматичного моніторингу, розробка методології оцінки впливу потепління на гідрологічний режим річок Східної України. Черкашина Н.: підготовка та верифікація бази даних метеорологічних спостережень мережі ДСНС України, участь у теоретичному узагальненні результатів, переклад на англійську мову. Ткаченко Т.: аналіз екологічних наслідків зміни водного режиму, оцінка стану природних ландшафтів басейну в умовах антропогенного навантаження. Сич В.: статистичний аналіз часових рядів температури та опадів, розрахунок регіональних кліматичних трендів для Харківської області.*)

6. Physical meaning of temperature and evolution of distribution laws (in the area of the Lake Sevan basin) / Sedrakyan A., Margaryan V., Reshetchenko S., **Dmitriiev S.** // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2023. № 58. P. 231-240 (Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-58-18>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/22203/20543>

(*Особистий внесок здобувача*: аналіз температурних показників та інтерпретація отриманих результатів, аналіз літературних джерел. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: методологічне забезпечення дослідження, інтерпретація кліматичних змін з позиції загальної циркуляції атмосфери, наукове редагування. Седракян А.: фізико-математичне обґрунтування законів розподілу температури, розробка теоретичних моделей енергообміну в системі «поверхня–атмосфера». Маргарян В.: збір та систематизація багаторічних даних по басейну озера Севан, аналіз фізико-географічних чинників формування клімату гірських територій.).

7. Modern changes in climatic characteristics and minimum flow of the rivers in the basin of lake Sevan / **Dmitriiev S.**, etc. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series “Geology. Geography. Ecology”*. 2023. № 59. P. 178-189 (Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2023-59-13>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/23204/21245>

(*Особистий внесок здобувача*: проведений аналіз літературних джерел та сучасних змін кліматичних характеристик мінімального стоку. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: проведення порівняльного аналізу кліматичних характеристик періодів 1961–1990 рр. та 1991–2020 рр., узагальнення висновків. Маргарян В.: координація досліджень водних ресурсів Вірменії, розробка методики оцінки мінімального стоку річок у високогірних районах. Седракян А.: застосування статистичних методів для аналізу аномалій приземної температури повітря та їхнього зв'язку з режимом зволоження. Савадян Г.: дослідження ландшафтної структури басейну Севану, оцінка впливу землекористування на гідрологічні показники регіону.).

8. Glacier regime of the Drakhtik river / **Dmitriiev S.**, etc. // *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2025. № 63. P. 278-288 (Scopus, Web of Science).

ISSN: 2411-3913

DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-63-21>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/geoeco/article/view/28601/24941>

(*Особистий внесок здобувача: узагальнені дані щодо впливу змін клімату на льодовий режим річки Драхтік, проведений аналіз літературних джерел. Особисті внески інших авторів: Решетченко С.: обґрунтування впливу температурних трендів на скорочення тривалості льодового періоду, розробка прогнозних сценаріїв зміни режиму зледеніння. Маргарян В.: польові дослідження гідрологічного режиму річки Драхтік, аналіз динаміки льодових явищ за останні десятиліття.*)

Публікації у виданнях, включених

до переліку наукових фахових видань України

7. **Дмитрієв С.**, Решетченко С. Оцінка екологічного стану річкового басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області // *Проблеми і перспективи безперервної освіти і картографії*. 2022. Вип. 36. С. 34-42.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2022-36-04>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/23220/21262>

(*Особистий внесок здобувача: здійснено комплексну оцінку екологічного стану басейну річки в межах Харківської області. Особистий внесок Решетченко С.: оцінка змін клімату та водного режиму басейну Сіверського Дінця.*)

8. **Dmitriiev S.**, Reshetchenko S. Natural and social consequences of military actions in the territory of Kharkiv region // *Human Geography Journal*, 2024. (36). P. 63-74.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2024-36-06>

URL: <https://periodicals.karazin.ua/soccecongeo/article/view/24455/22089>

(*Особистий внесок здобувача*: систематизовано природні та соціальні наслідки воєнних дій у Харківській області, проведене картографічне моделювання. *Особистий внесок Решетченко С.*: обґрунтовано теоретичні та методологічні положення, оцінено роль військових дій як посилювача негативного екологічного ефекту від змін клімату).

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

8. Dmitriev S., Reshetchenko S., Shamayeva Iu. Assessment of the dynamics and projection of the ecological condition of the Siverskiy Donets river basin // *Академічні та наукові виклики різноманітних галузей знань у 21-му столітті. Принципи CLIL в дії : матеріали XII Всеукр. наук. конф. з міжнар. участю (Харків, 24 бер. 2023 р.)*. Харків, 2023. Р. 195–203. (*Особистий внесок здобувача*: виконано оцінку динаміки та прогноз екологічного стану басейну річки).

9. Решетченко С., Дмитрієв С. Методика оцінки динаміки екологічного стану (на прикладі басейну Сіверського Дінця у межах Харківської області) // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 13 квіт. 2023 р.)*. Харків : Лідер, 2023. Вип. 15. С. 14–17. (*Особистий внесок здобувача*: розроблено методичний підхід до оцінки змін екологічного стану).

10. Dmitriiev S., Réshetchenko S., Shamayeva Ju. Changements climatiques dans le bassin de la rivière Siversky Donets et leurs consequences // *Research and education in the global world: eurointegration processes : Book of papers of the 2023 International Forum for Young Researchers (Kharkiv, May 12, 2023)*. Kharkiv : O. M. Beketov NUUE in Kharkiv, 2023. Р. 281–283. (*Особистий внесок здобувача*: проаналізовано наслідки кліматичних змін для річкового басейну).

11. Дмитрієв С. С. Стаціонарний моніторинг стану природного середовища та зміни клімату (на прикладі Харківської області) // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 11 квіт. 2024 р.)*. Харків : Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. Вип. 16. С. 22–26.

12. **Дмитрієв С. С., Решетченко С. І.** Природно-соціальні наслідки воєнних дій на території Харківської області // *Адаптивний менеджмент ландшафту для нового світового (без-) порядку : матеріали міжнар. конф. (Львів – Ворохта, 25-28 вер. 2024 р.)*. Львів, 2024. С. 34–40. (Особистий внесок здобувача: визначено вплив військових дій на ландшафтно-екологічні та соціальні системи області).

13. **Дмитрієв С. С.** Динаміка екологічного стану Харківської області під впливом військових дій та змін клімату // *Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи : зб. наук. пр. (за матеріалами щоріч. міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів, Харків, 10 квіт. 2025 р.)*. Харків : Вид-во ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. Вип. 17. С. 21–23.

14. **Dmitriiiev S. S., Reshetchenko S. I.** Methodological approaches to assessing crop vulnerability to climate change at the level of territorial communities // *Climate change and sustainable agricultural development : Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (September 19, 2025)*. Odesa : Institute of Climate-Smart Agriculture of NAAS, 2025. С. 16–18. (Особистий внесок здобувача: запропоновано методологічні підходи до оцінювання вразливості аграрного сектору).

Публікації, які додатково засвідчують результати наукового дослідження(у закордонних наукових виданнях):

4. Peculiarities of changes in moisture conditions on the territory of Ukraine / Reshetchenko S., **Dmitriiiev S.**, Tkachenko T., Margaryan V. // *Proceedings of the Yerevan State University : Geological and geographical Sciences*. 2023. Vol. 57, № 1-2 (260). P. 20-29.

DOI: <https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.1-2.020>

URL: https://journals.yasu.am/index.php/proceedings-geol-geogr/en/article/view/vol57_no1-2_2023_pp020-029/pdf

(*Особистий внесок здобувача*: визначені особливості змін умов зволоження на досліджуваній території. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: проведення математичних розрахунків, аналіз трендів, Ткаченко Т.: створення картографічних зображень, опис методологічного підґрунтя дослідження, Маргарян В.: дослідження іноземного наукового досвіду, формулювання висновків).

5. Climate monitoring as an indicator of the state of natural landscapes / Reshetchenko S., **Dmitriiev S.**, Boryskina E., Hrekova E. // *Proceedings of the Yerevan State University*. Yerevan, 2023. Vol. 57, № 3. P. 264-267.

DOI: <https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.3.264>

URL: https://journals.y-su.am/index.php/proceedings-geol-geogr/en/article/view/vol57_no3_2023_pp264-267/pdf

(*Особистий внесок здобувача*: обґрунтоване значення кліматичного моніторингу для оцінки стану ландшафтів, побудова карт та графіків. *Особисті внески інших авторів*: Решетченко С.: дослідження особливостей просторового розподілу кліматологічних величин на досліджуваній території, Борискіна Є.: робота із масивом первинних статистичних даних, їх математична обробка та аналіз, Грекова Є.: дослідження теоретико-методологічної бази дослідження).

6. **Dmitriiev S.** Trends in the Degradation of Water Resources of Ukraine (on the example of the Kharkiv Region) during the war // *Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Development – NATO Science for Peace and Security Series : Environmental Security* / ed.: C. Morar [et al.]. Dordrecht : Springer, 2024. P. 369-384.

DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-024-2278-8_29.

URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-024-2278-8_29

Відомості про апробацію результатів дисертації

Таблиця А.1

Відомості про апробацію результатів дисертації

Назва конференції, конгресу, симпозіуму, семінару, школи	Місце проведення	Дата проведення	Форма участі
V Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти»	м. Одеса, Україна	15 листопада 2022 р.	
Програма «Achieving Sustainability in Ukraine through Military Brownfields Redevelopment»	-	Грудень 2022 р.	Дистанційна
Доповідь на засідання дослідницької групи Delivering Clean Green Environments	м. Йорк, Велика Британія	17 лютого 2023 р.	Дистанційна
XII Всеукраїнська наукова конференція з міжнародною участю «Academic and Scientific Challenges in the 21 st Century: CLIL in Action»	м. Харків, Україна	24 березня 2023 р.	
Щорічна наукова конференція студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія,	м. Харків, Україна	13 квітня 2023 р.	

сьогодення, перспективи», присвяченої пам'яті професора Г.П. Дубинського			
IX Форум дослідників «Research and Education in the global world: eurointegration processes»	м. Харків, Україна	12 травня 2023 р.	
UK Twinning Programme	м. Харків, Україна / м. Йорк, Велика Британія	Травень- червень 2023 р.	Дистанційна
XXIX Міжнародна наукова конференція «ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ І КАРТОГРАФІЇ»	м. Харків, Україна	3 жовтня 2023 р.	
Літня школа зі створення віртуальних екскурсій	м. Орадя, Румунія	Жовтень 2023 р.	Дистанційна
Докторська школа Erasmus+ Intense	м. Харків, Україна	Червень 2023 р. - дотепер	Дистанційна
Щорічна наукова конференція студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи», присвяченої пам'яті професора Г.П. Дубинського	м. Харків, Україна	11 квітня 2024 р.	

Міжнародна конференція, присвячена 80-річчю кафедри геоєкології і фізичної географії «Адаптивний менеджмент ландшафту для нового світового (без-) порядку»	м. Львів, м. Ворохта, Україна	25-28 вересня 2024 року	
Щорічна наукова конференція студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія, сьогодення, перспективи», присвяченої пам'яті професора Г.П. Дубинського	м. Харків, Україна	10 квітня 2025 р.	
XXX Міжнародна наукова конференція «ПРОБЛЕМИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ГЕОГРАФІЧНОЇ ОСВІТИ І КАРТОГРАФІЇ»	м. Харків, Україна	8-9 жовтня 2025 р.	
Міжнародна конференція «II International Scientific and Practical Conference	м. Харків, Україна	19 вересня 2025 р.	
UN Shadowing Programme 2025	м. Відень, Австрія	Жовтень-листопад 2025 р.	Дистанційна

ДОДАТОК Б. КАРТИ ДЛЯ УКЛАДАННЯ ДИНАМІЧНИХ ГЕОЗОБРАЖЕНЬ

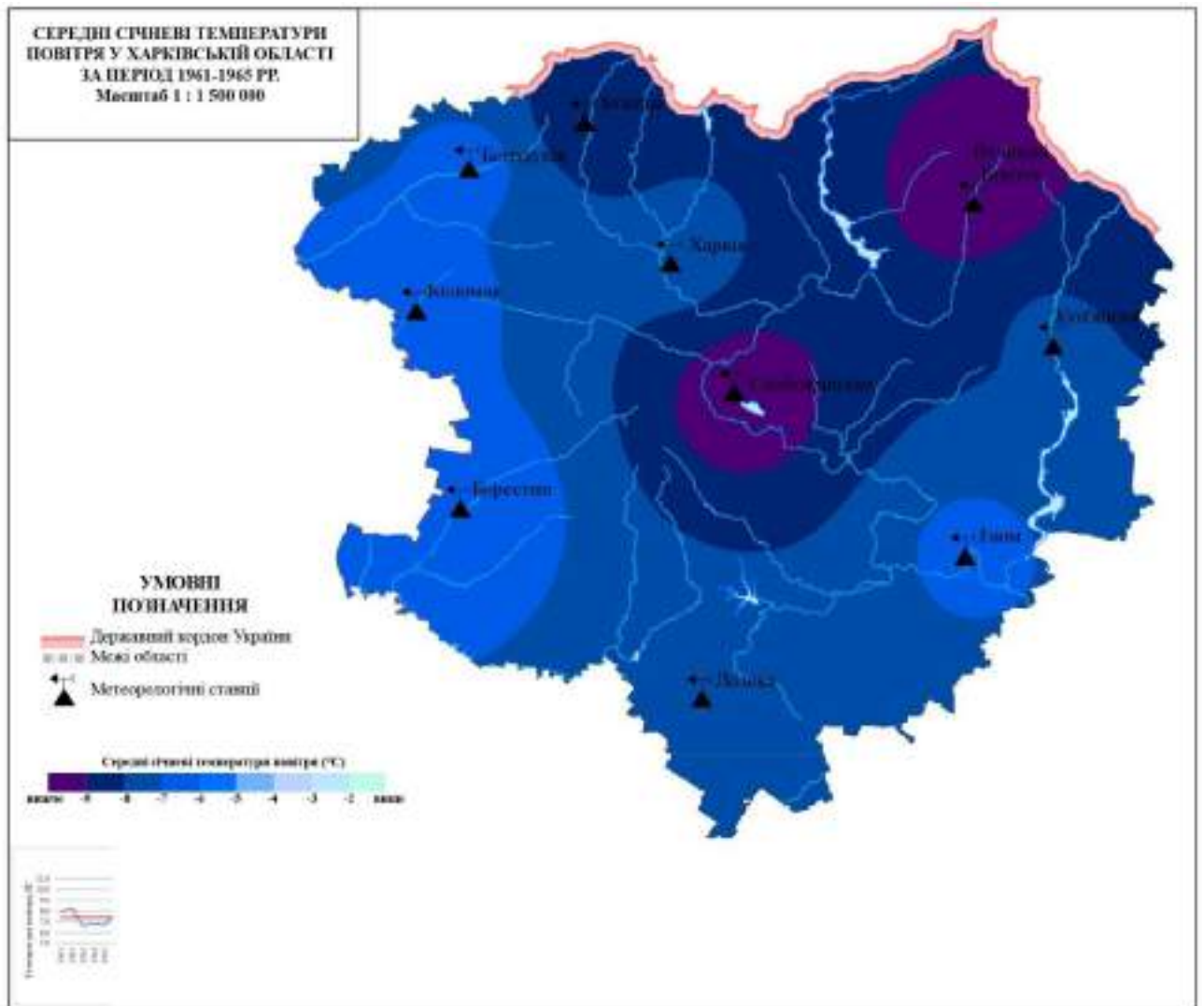


Рис. Б.1. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1961-1965 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

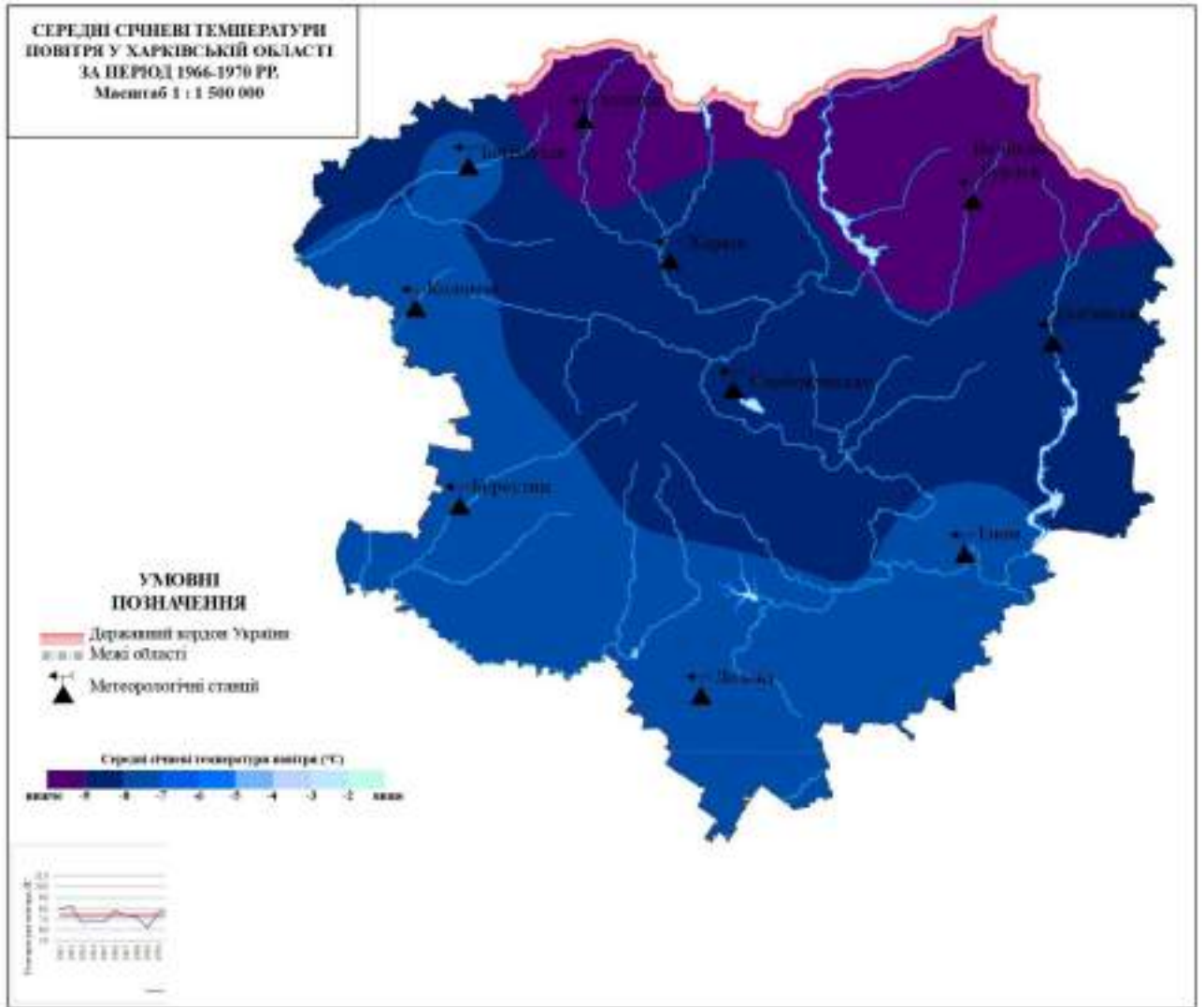


Рис. Б.2. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1966-1970 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

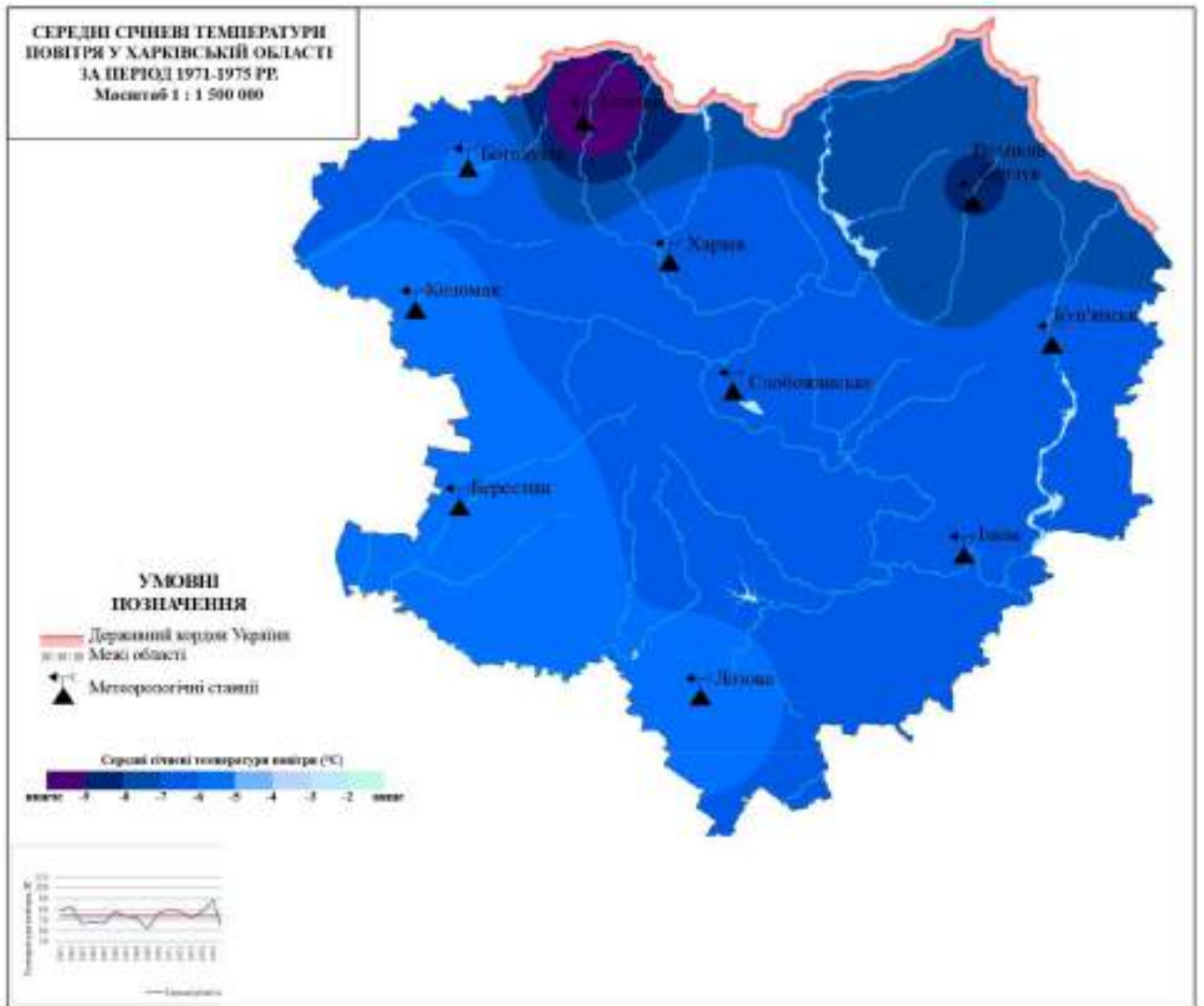


Рис. Б.3. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1971-1975 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

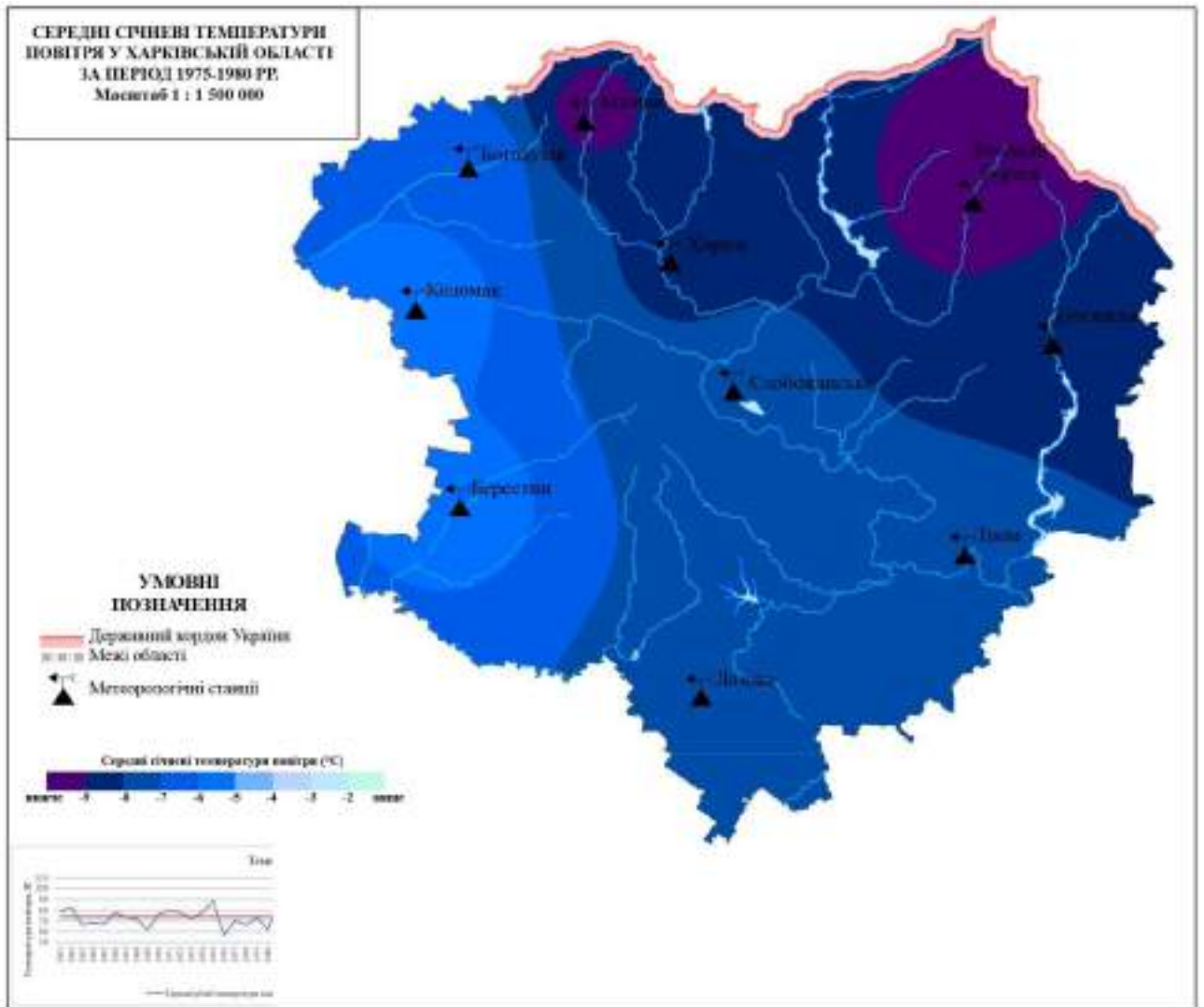


Рис. Б.4. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1976-1980 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

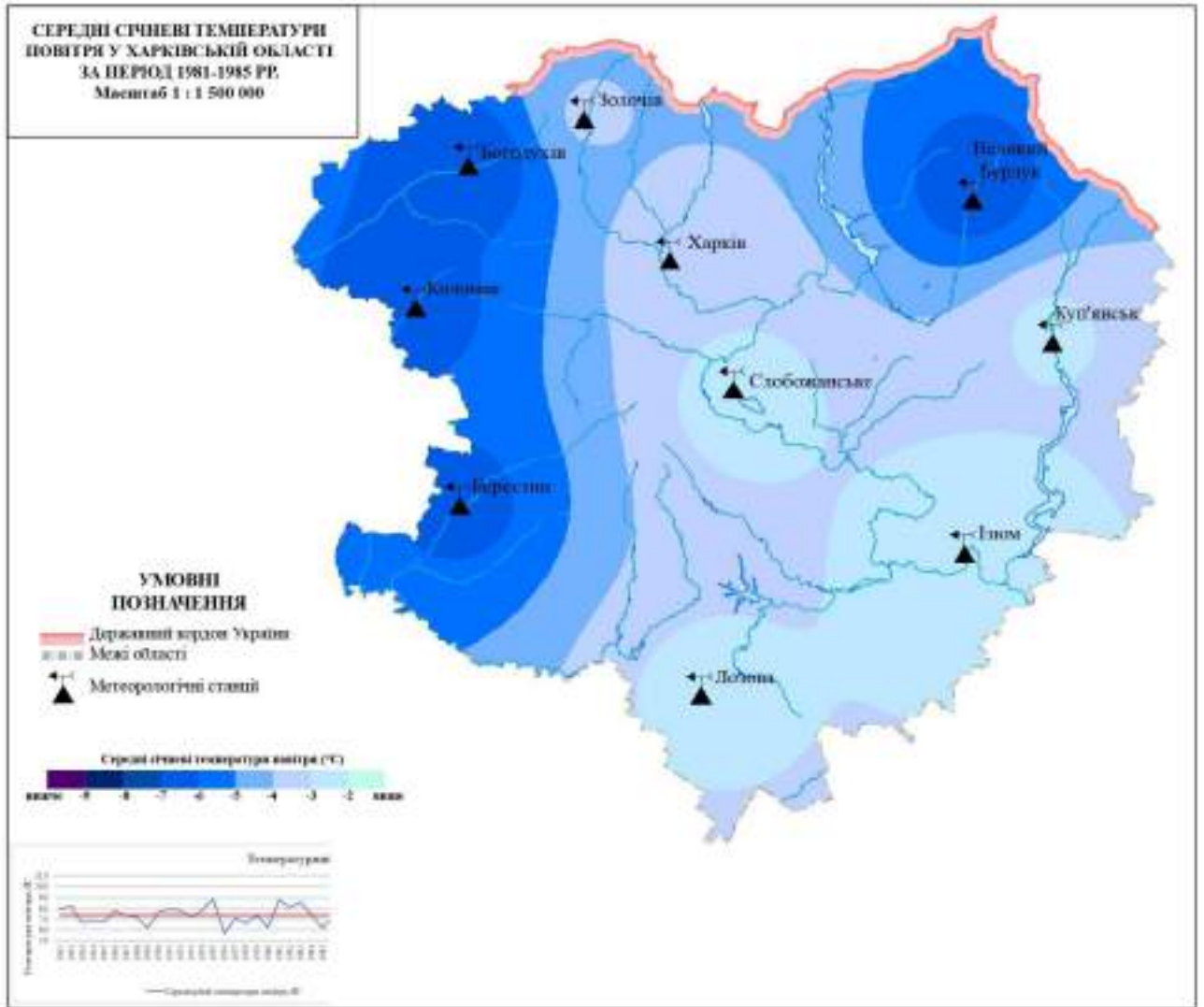


Рис. Б.5. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1981-1985 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

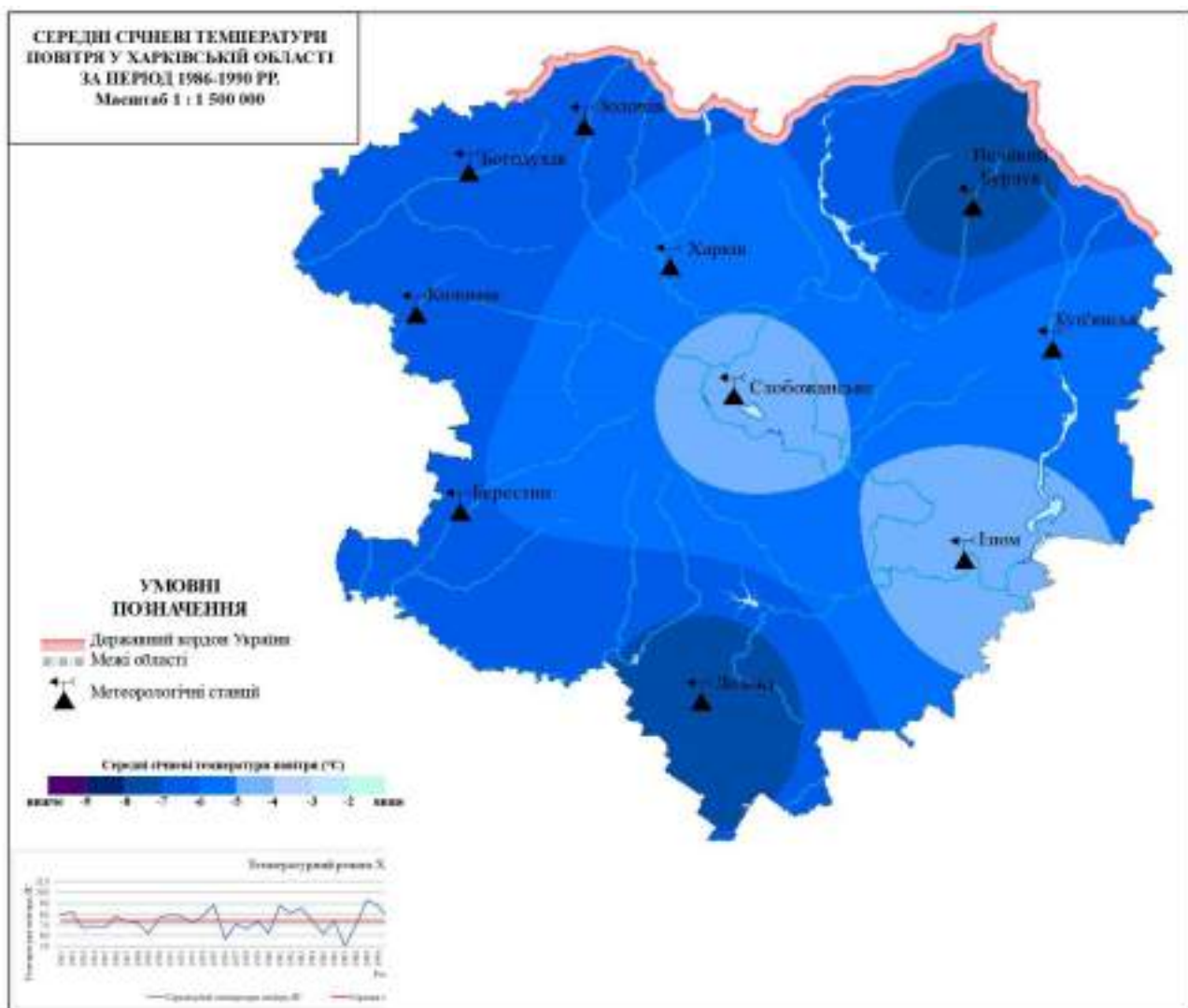


Рис. Б.6. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1986-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

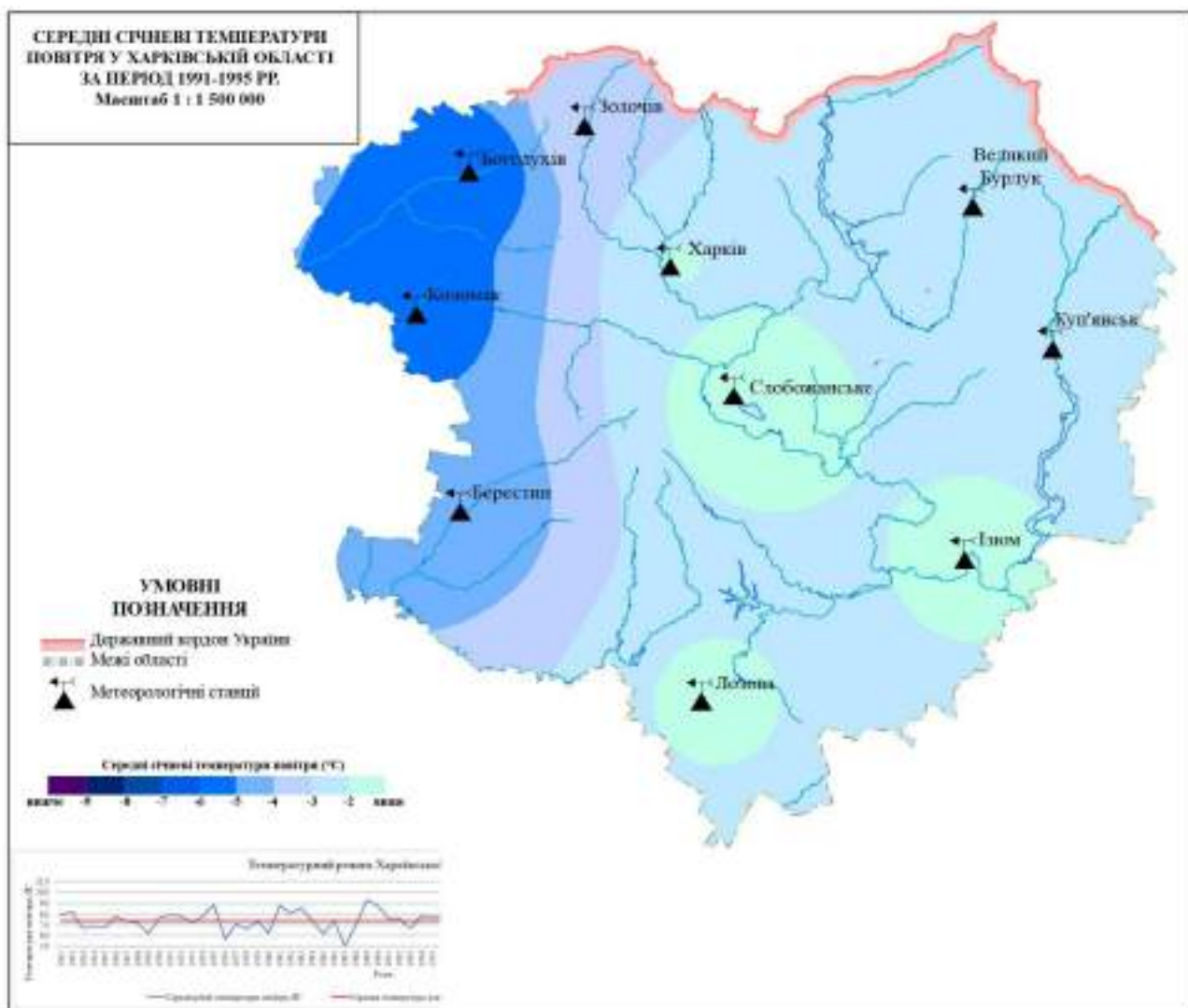


Рис. Б.7. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1991-1995 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

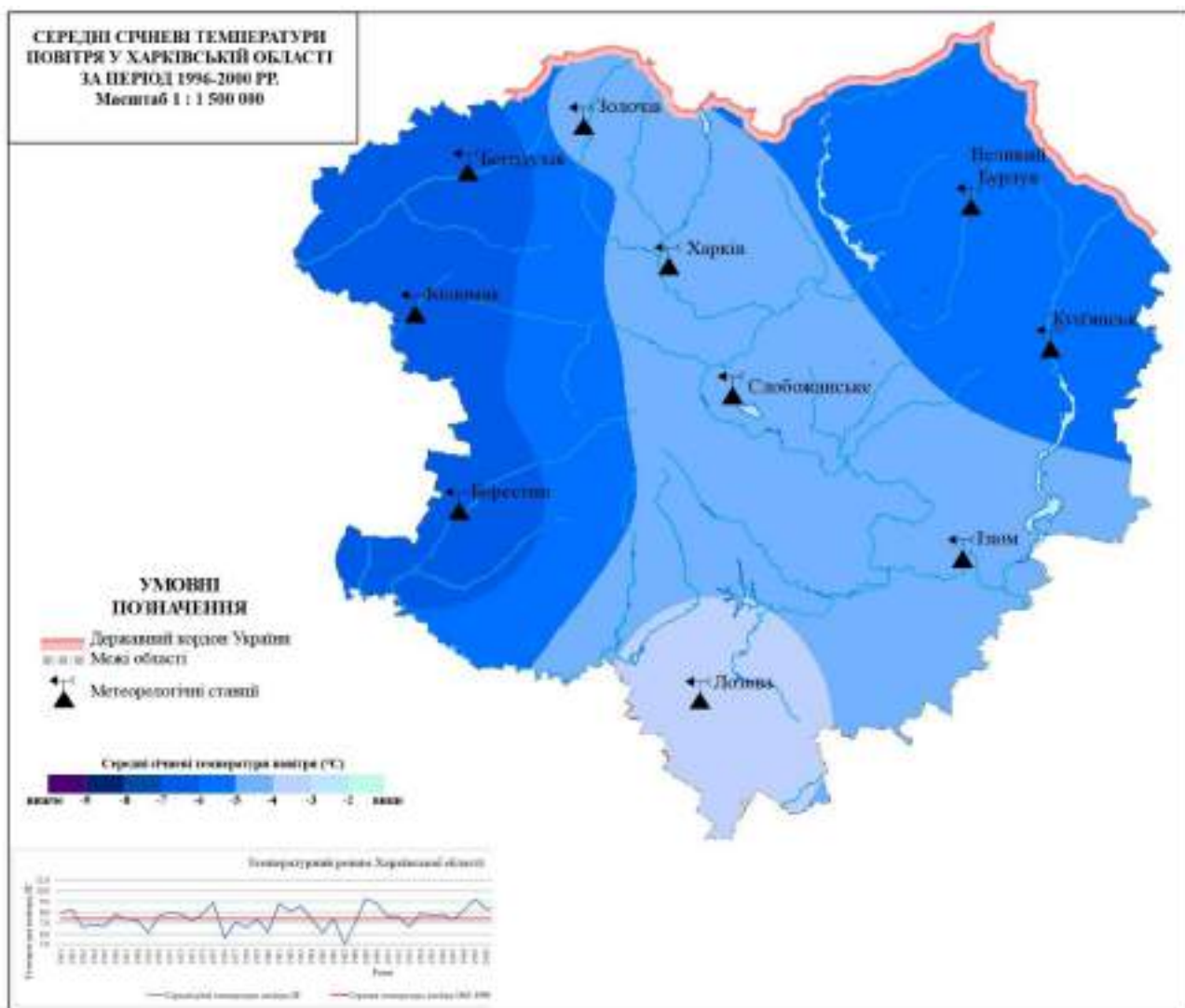


Рис. Б.8. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 1996-2000 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

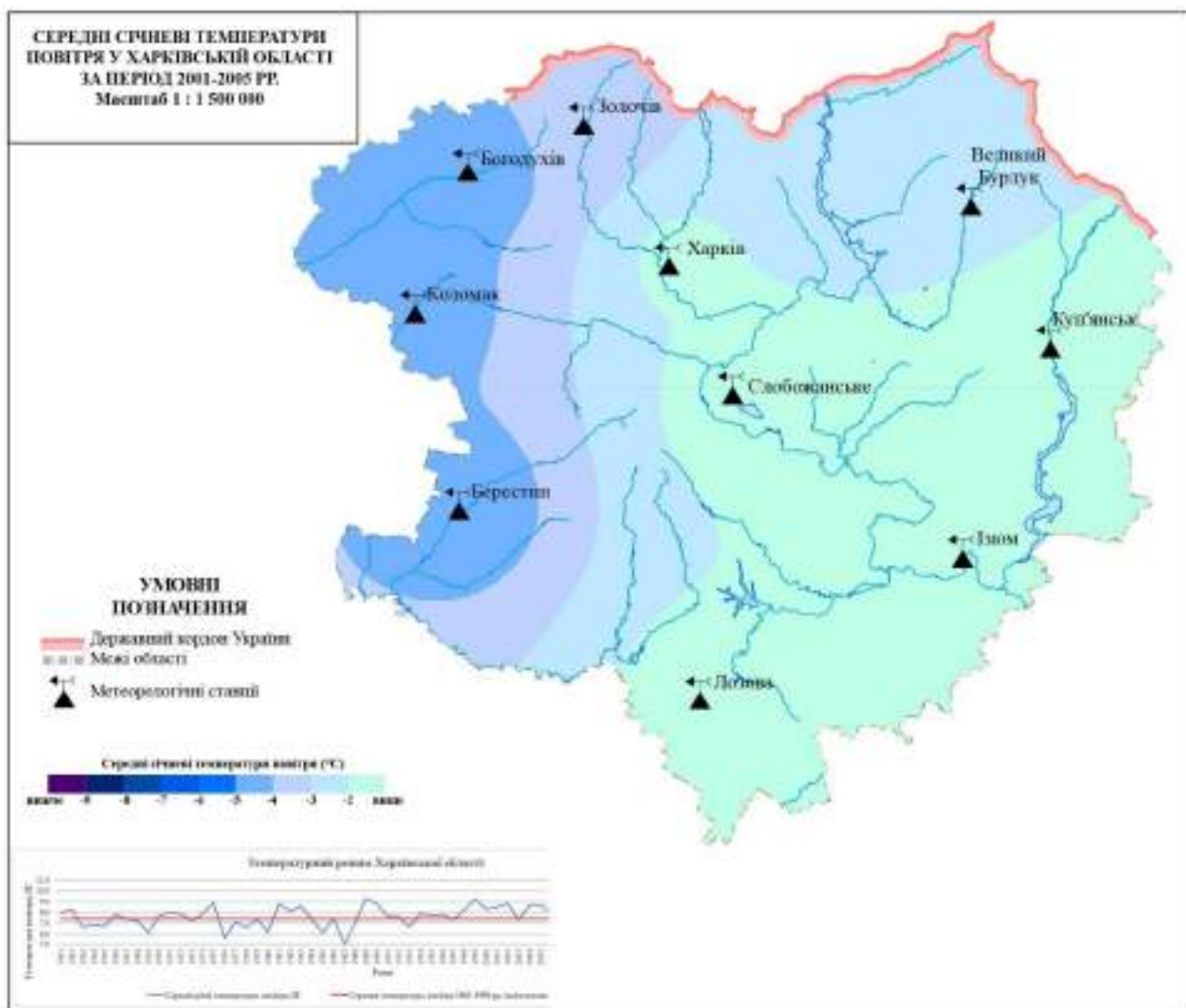


Рис. Б.9. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 2001-2005 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

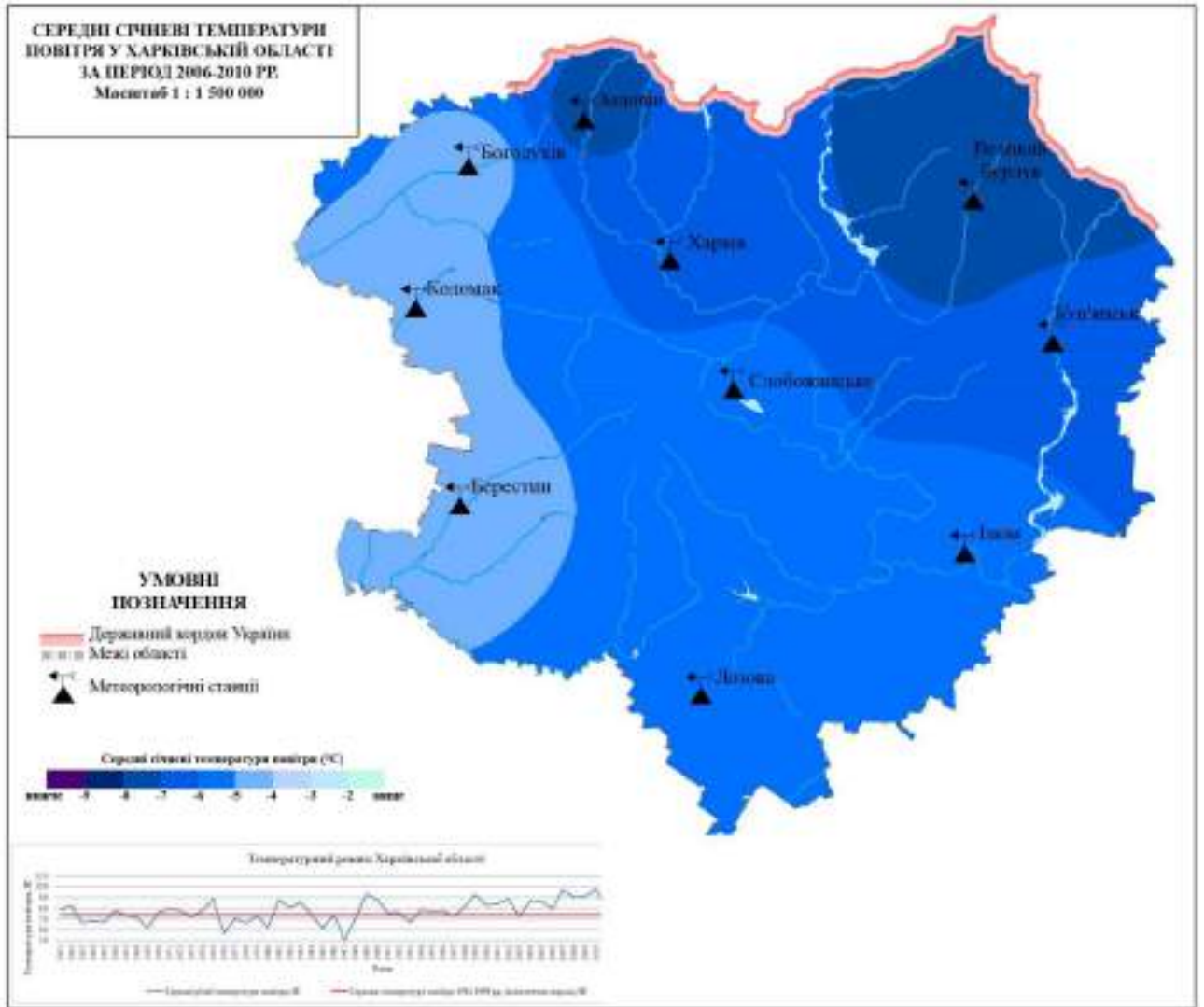


Рис. Б.10. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 2006-2010 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

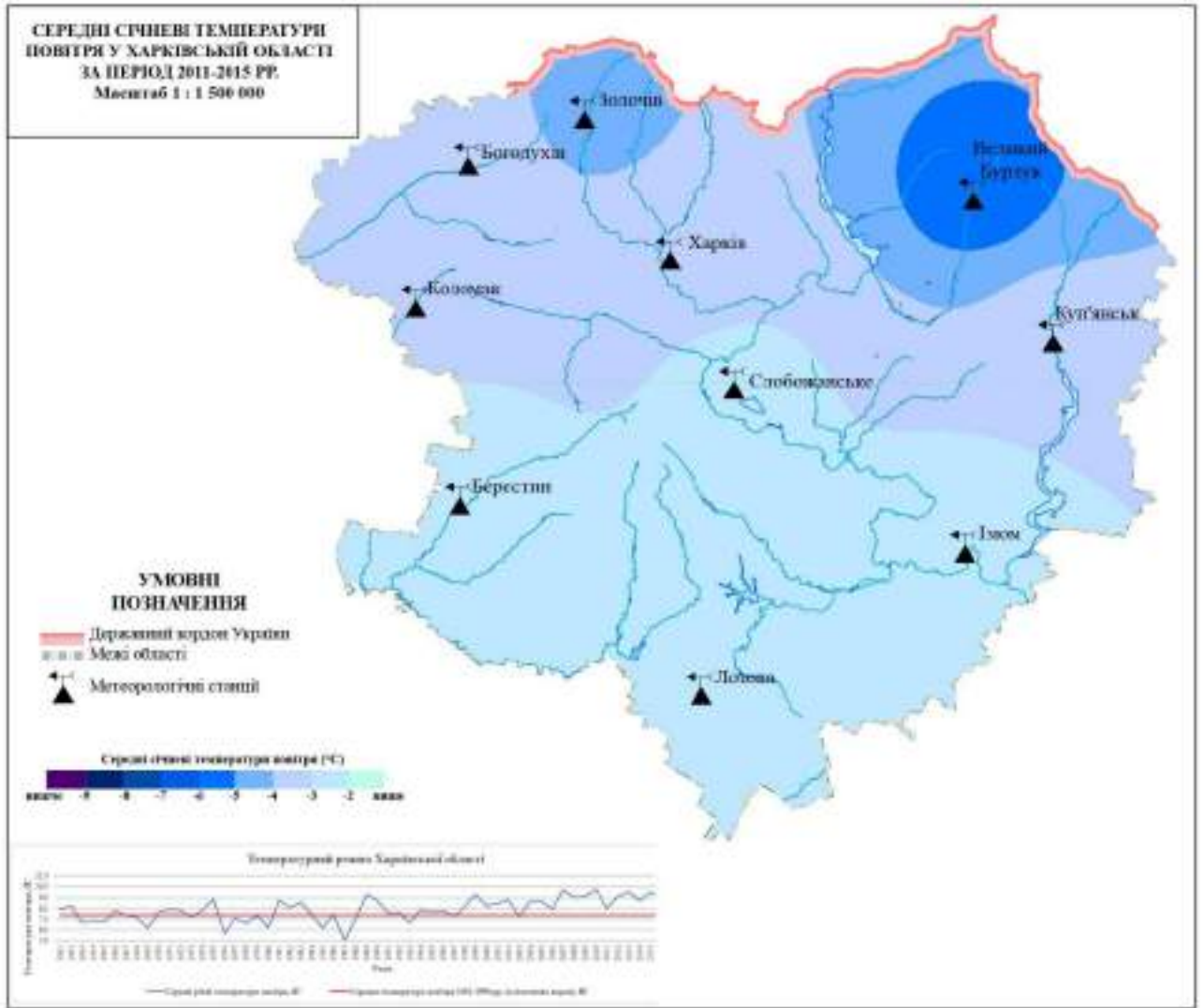


Рис. Б.11. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 2011-2015 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

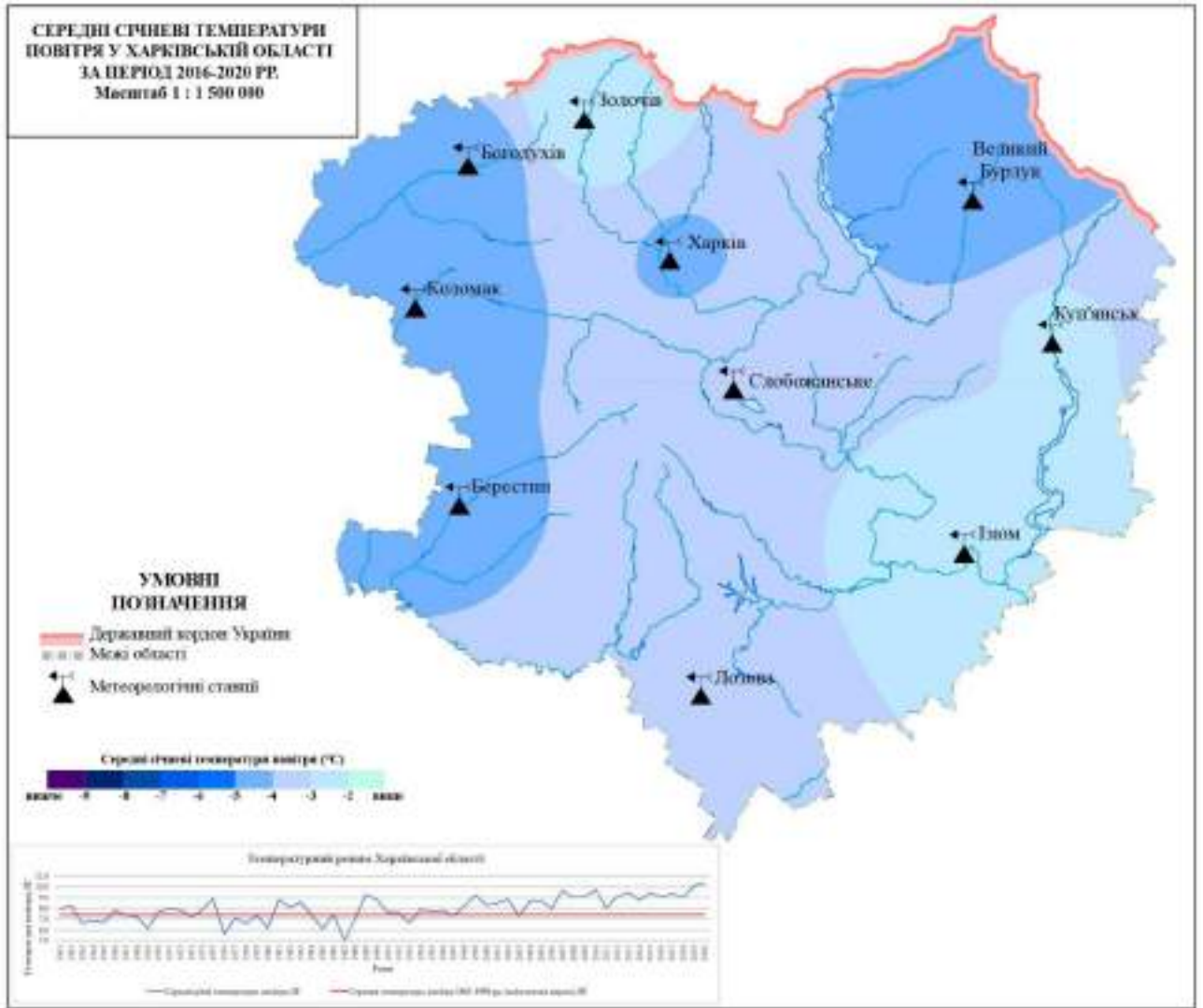


Рис. Б.12. Середні січні температури повітря у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

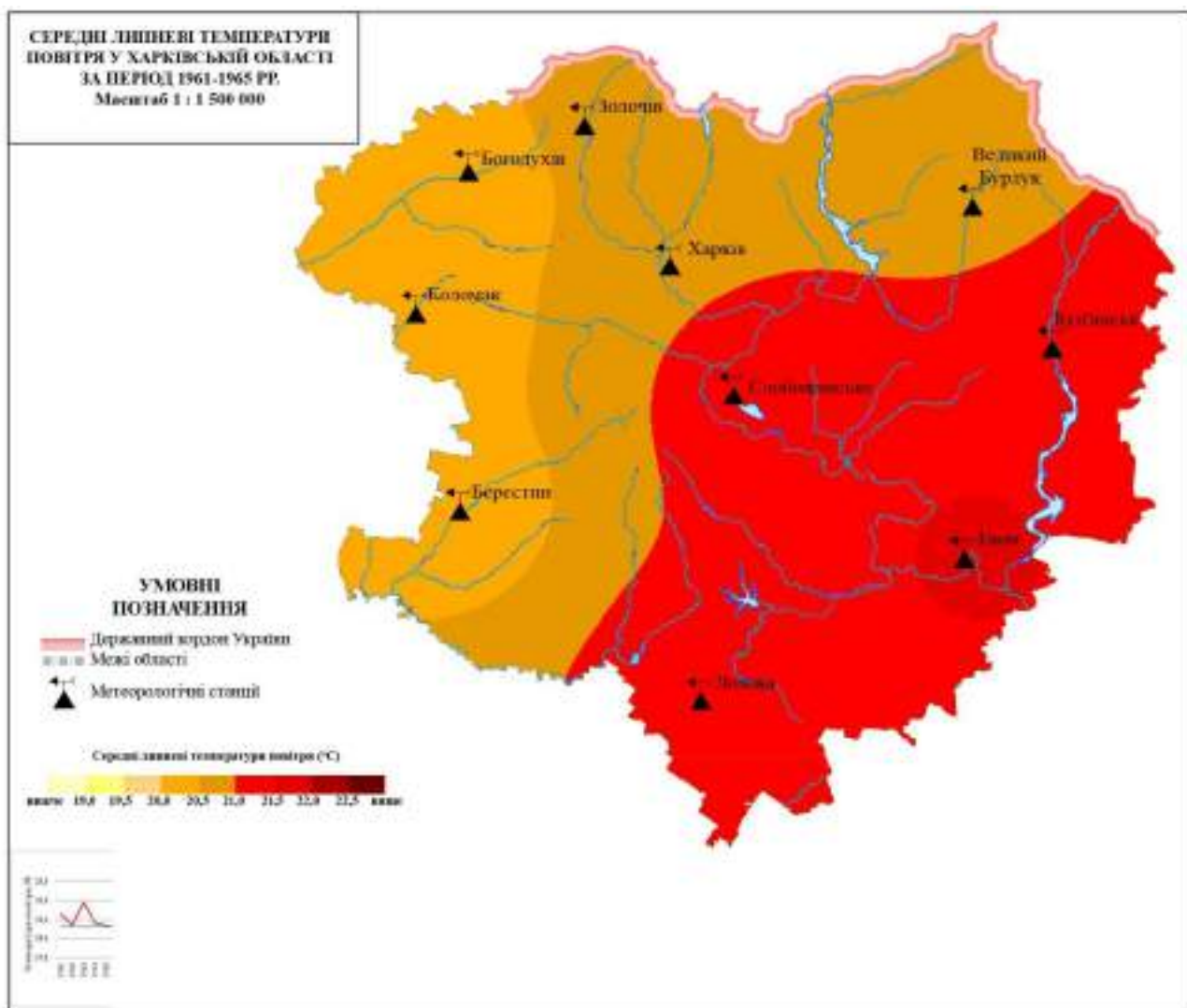


Рис. Б.13. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 1961-1965 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

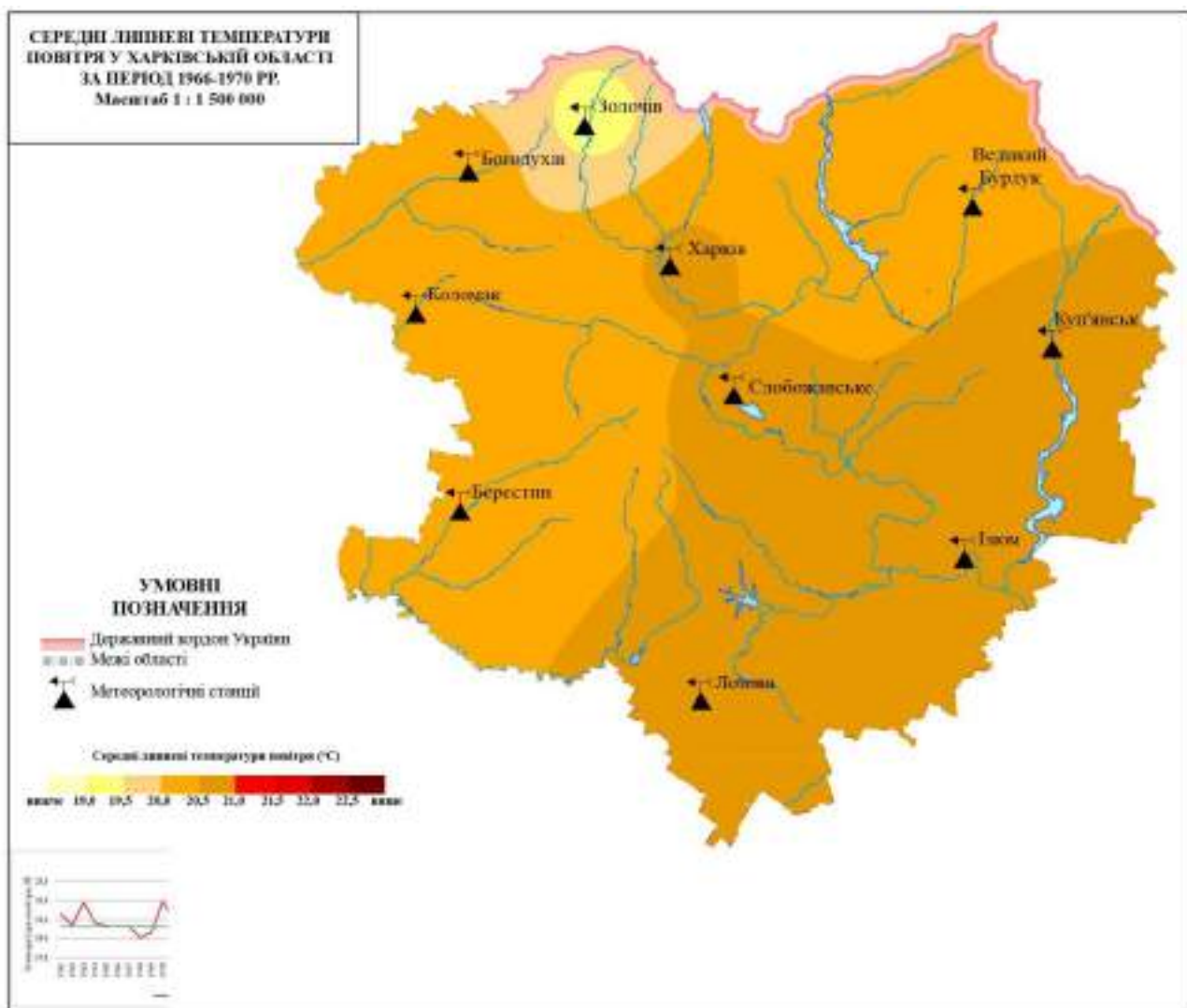


Рис. Б.14. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 1966-1970 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

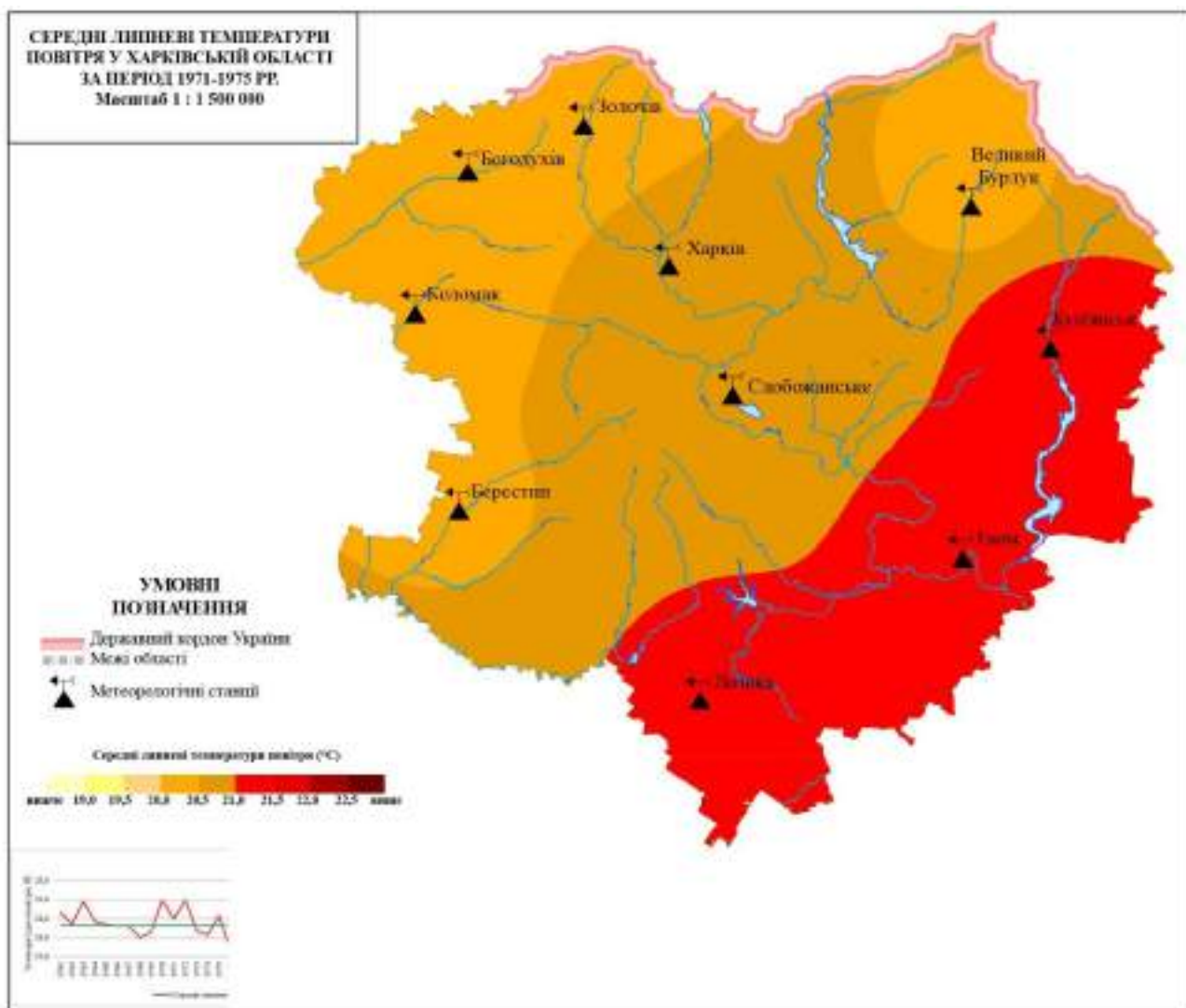


Рис. Б.15. Середні липнєві температури повітря у Харківській області за період 1971-1975 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

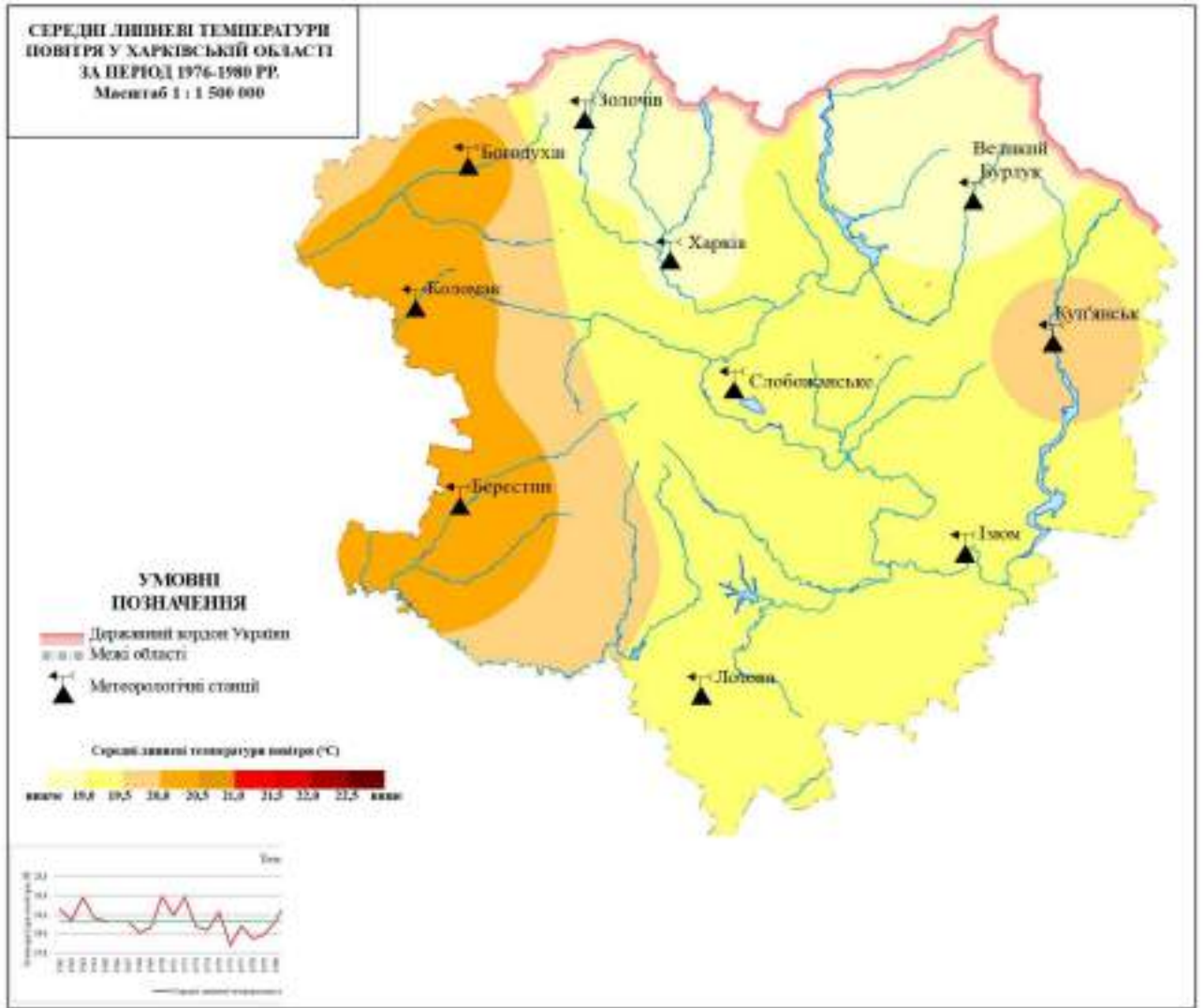


Рис. Б.16. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 1976-1980 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

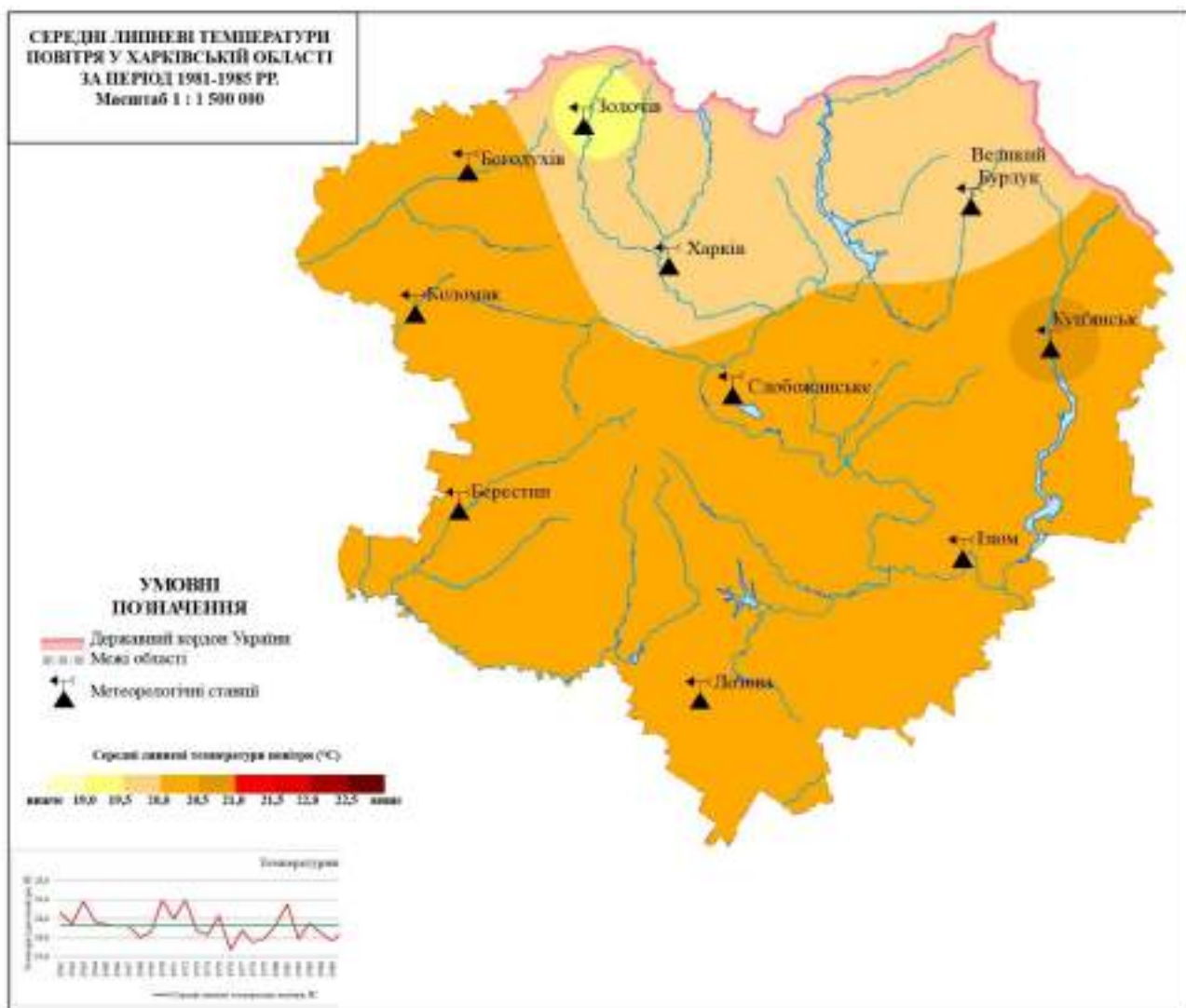


Рис. Б.17. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 1981-1985 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

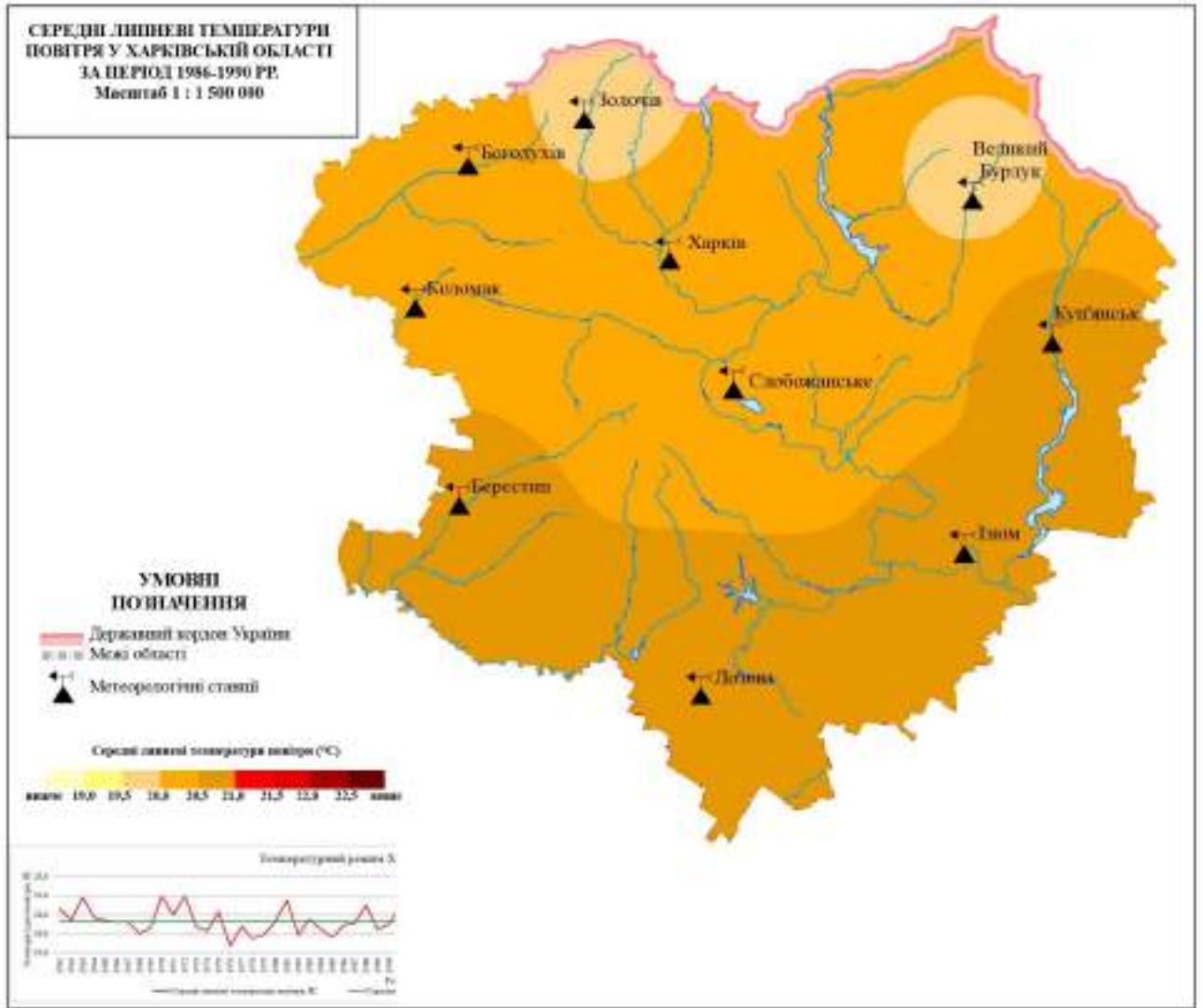


Рис. Б.18. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 1986-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

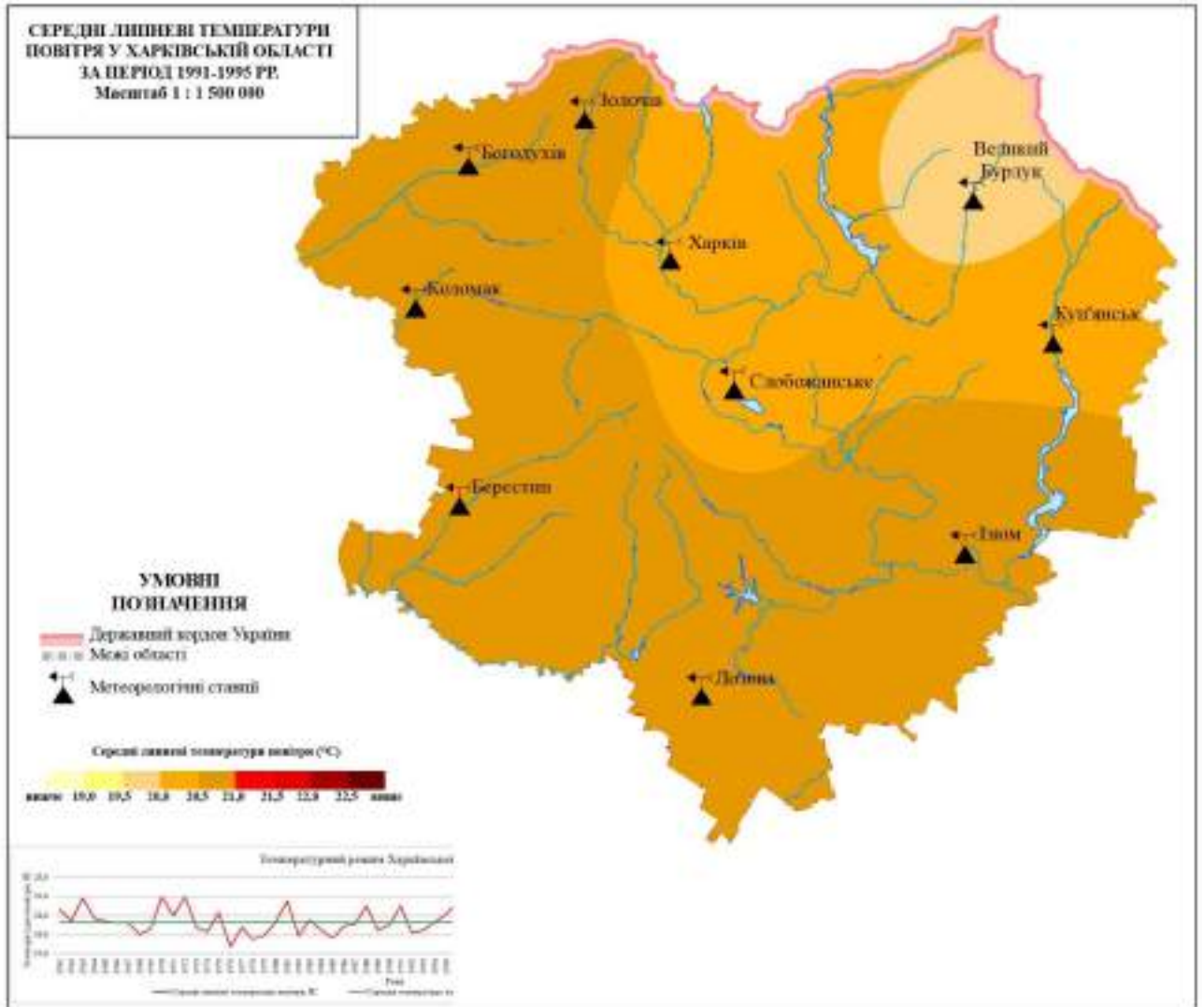


Рис. Б.19. Середні липнєві температури повітря у Харківській області за період 1991-1995 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

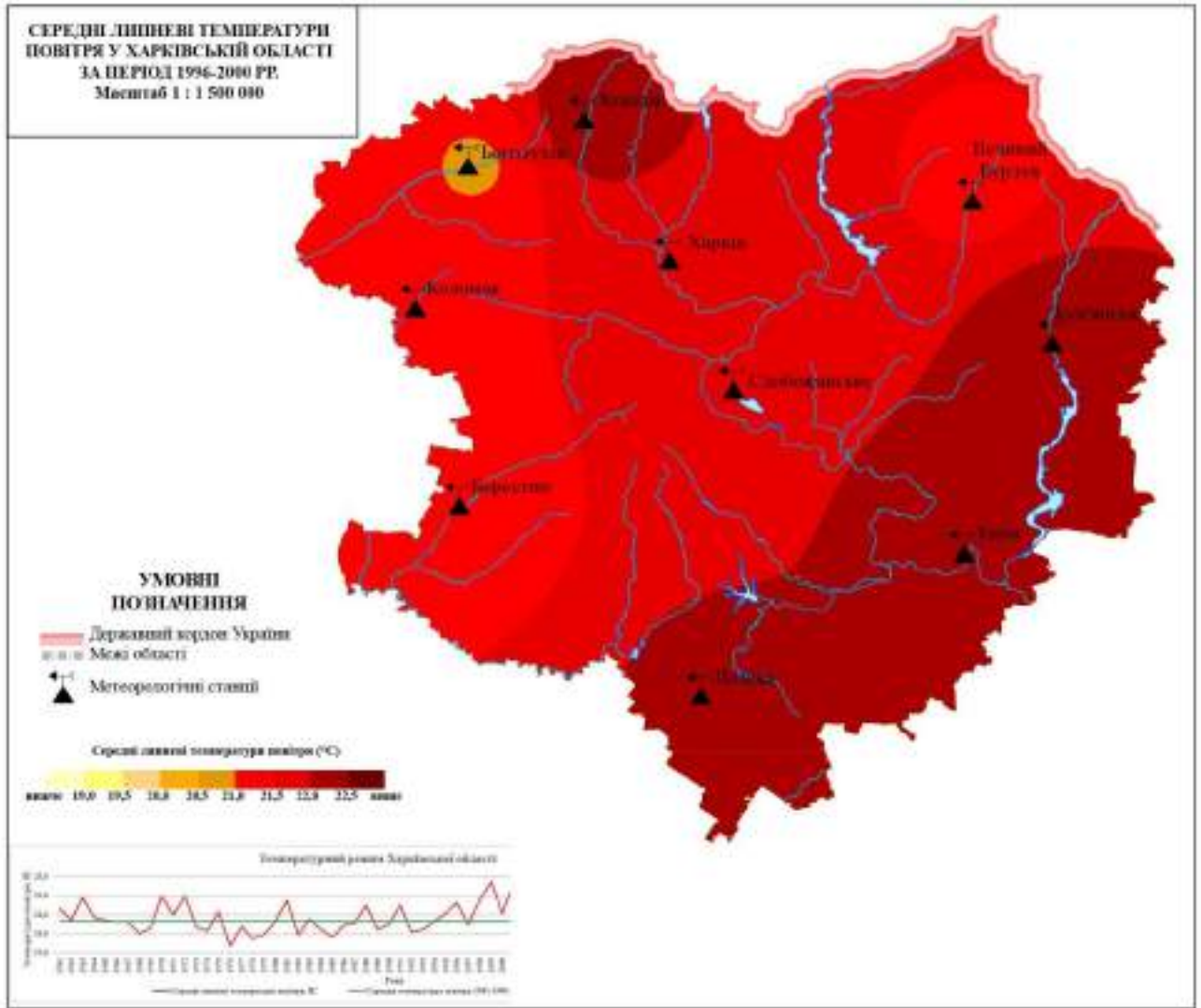


Рис. Б.20. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 1996-2000 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

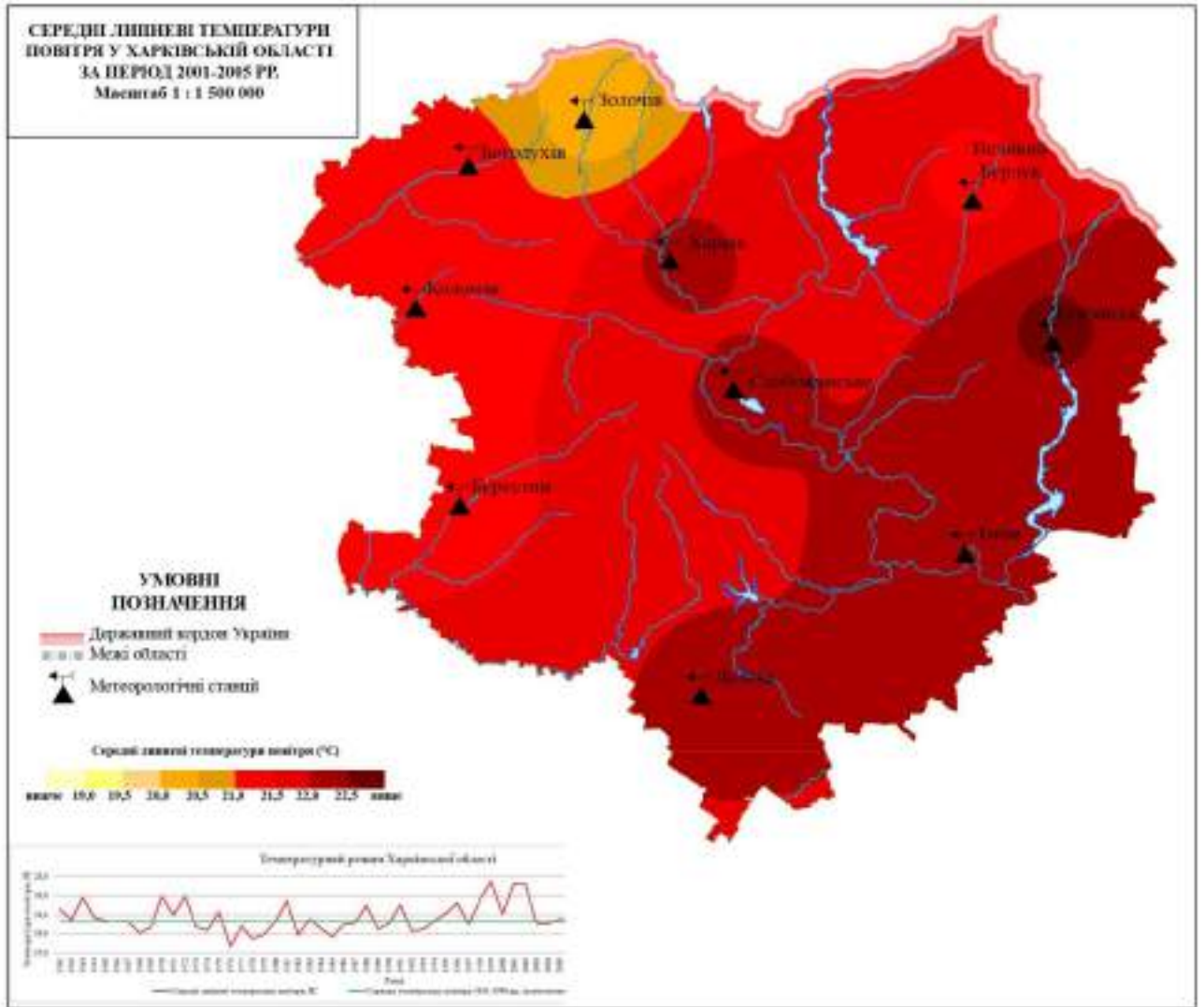


Рис. Б.21. Середні липнєві температури повітря у Харківській області за період 2001-2005 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

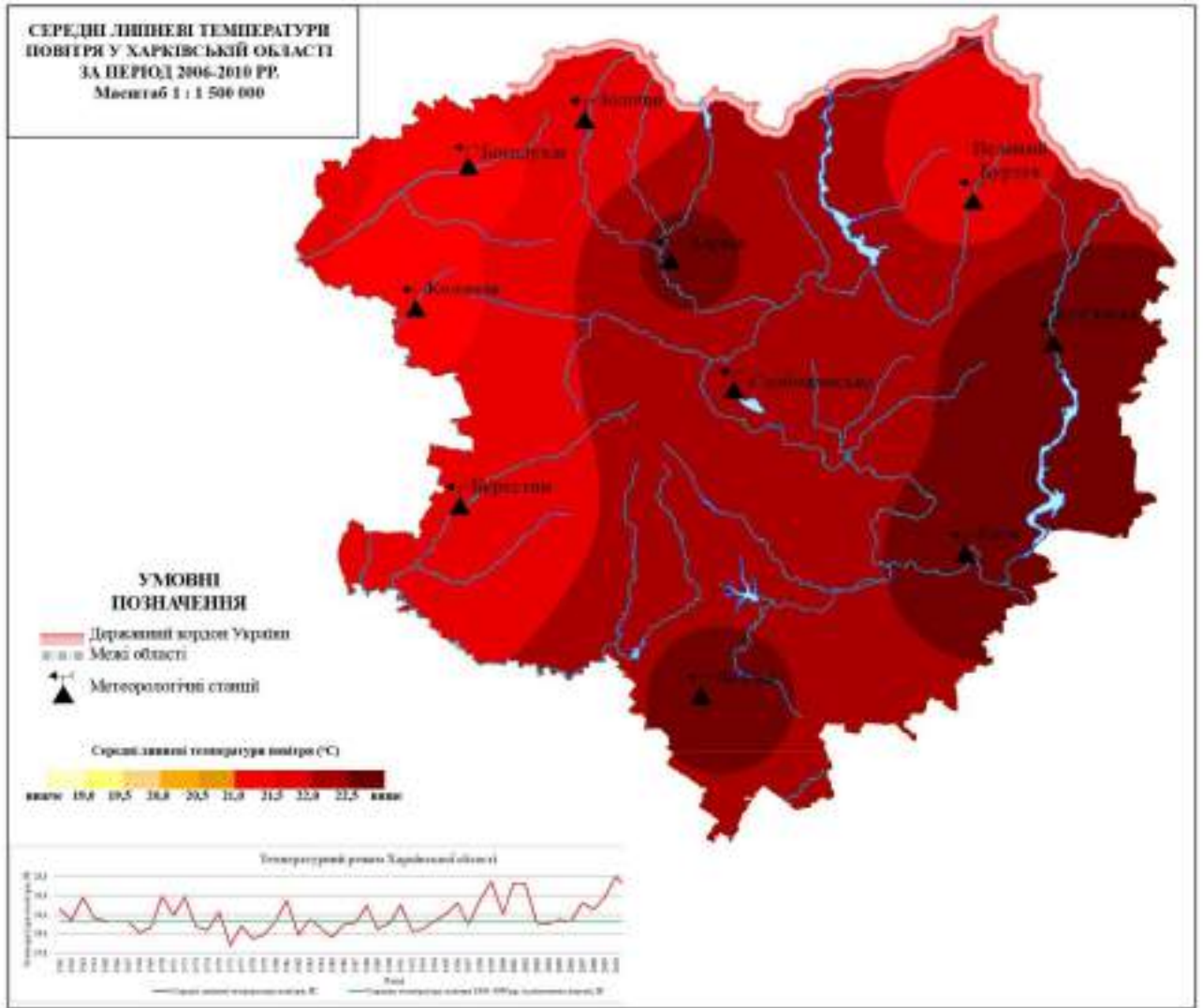


Рис. Б.22. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 2006-2010 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

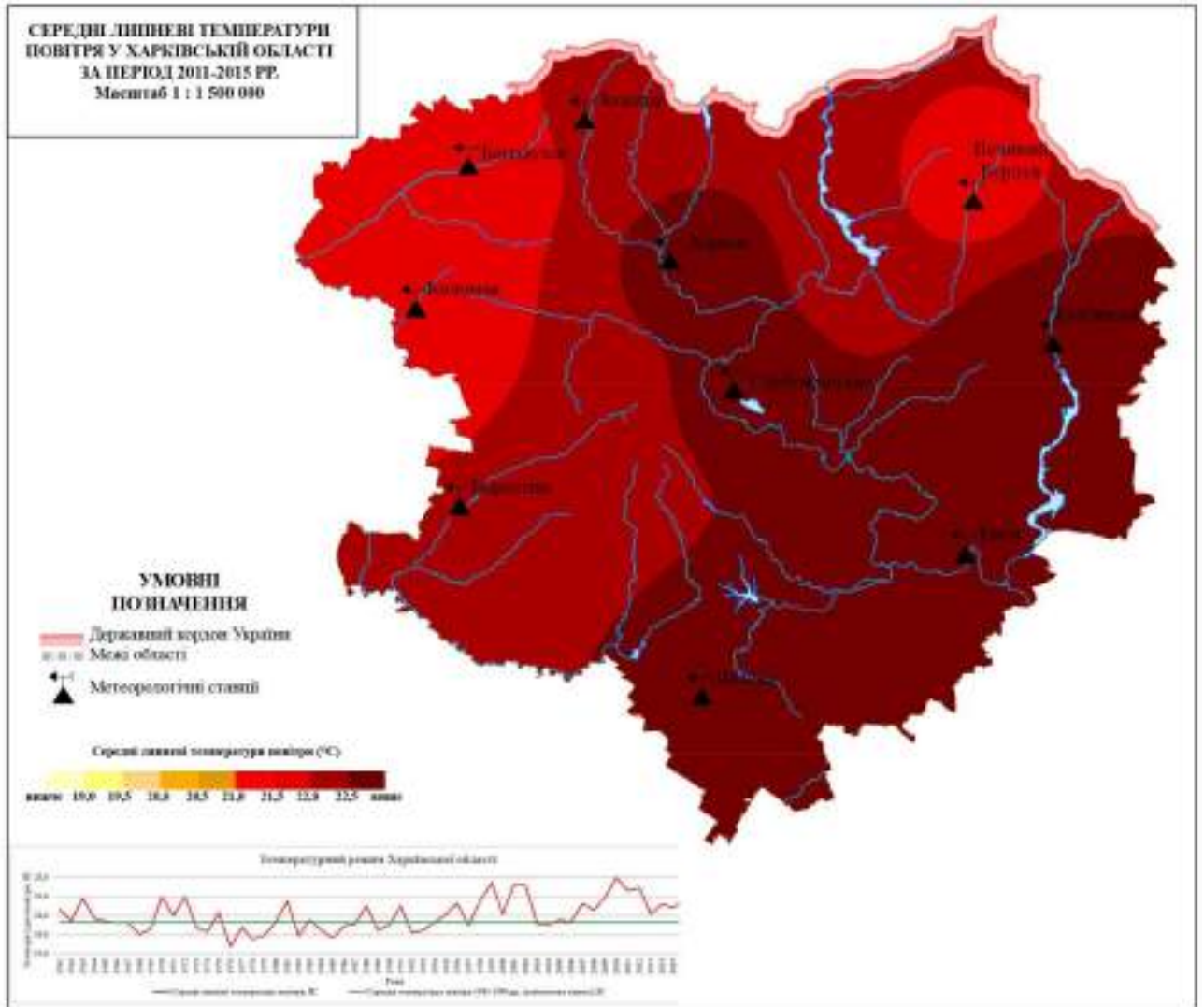


Рис. Б.23. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 2011-2015 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

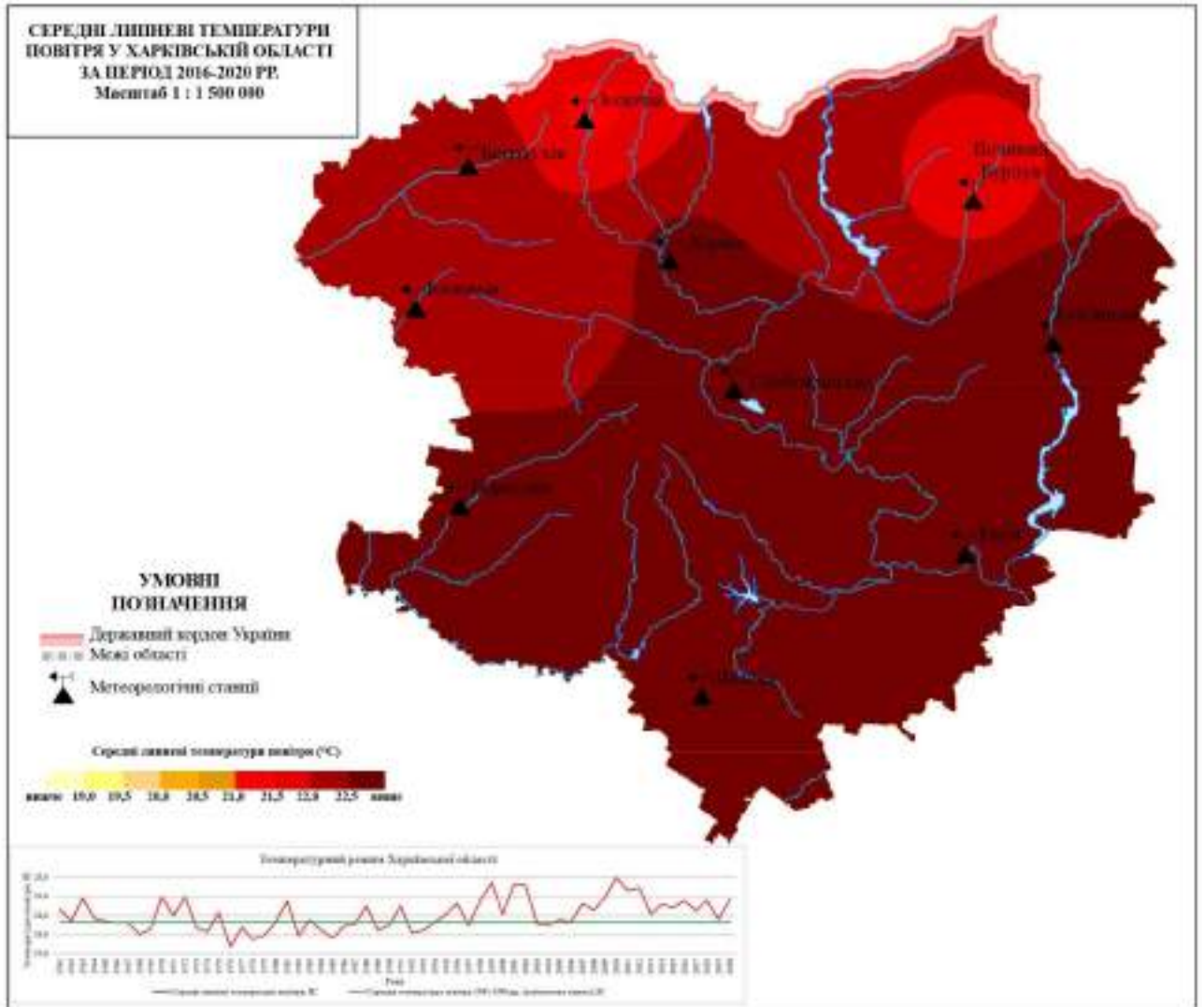


Рис. Б.24. Середні липневі температури повітря у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

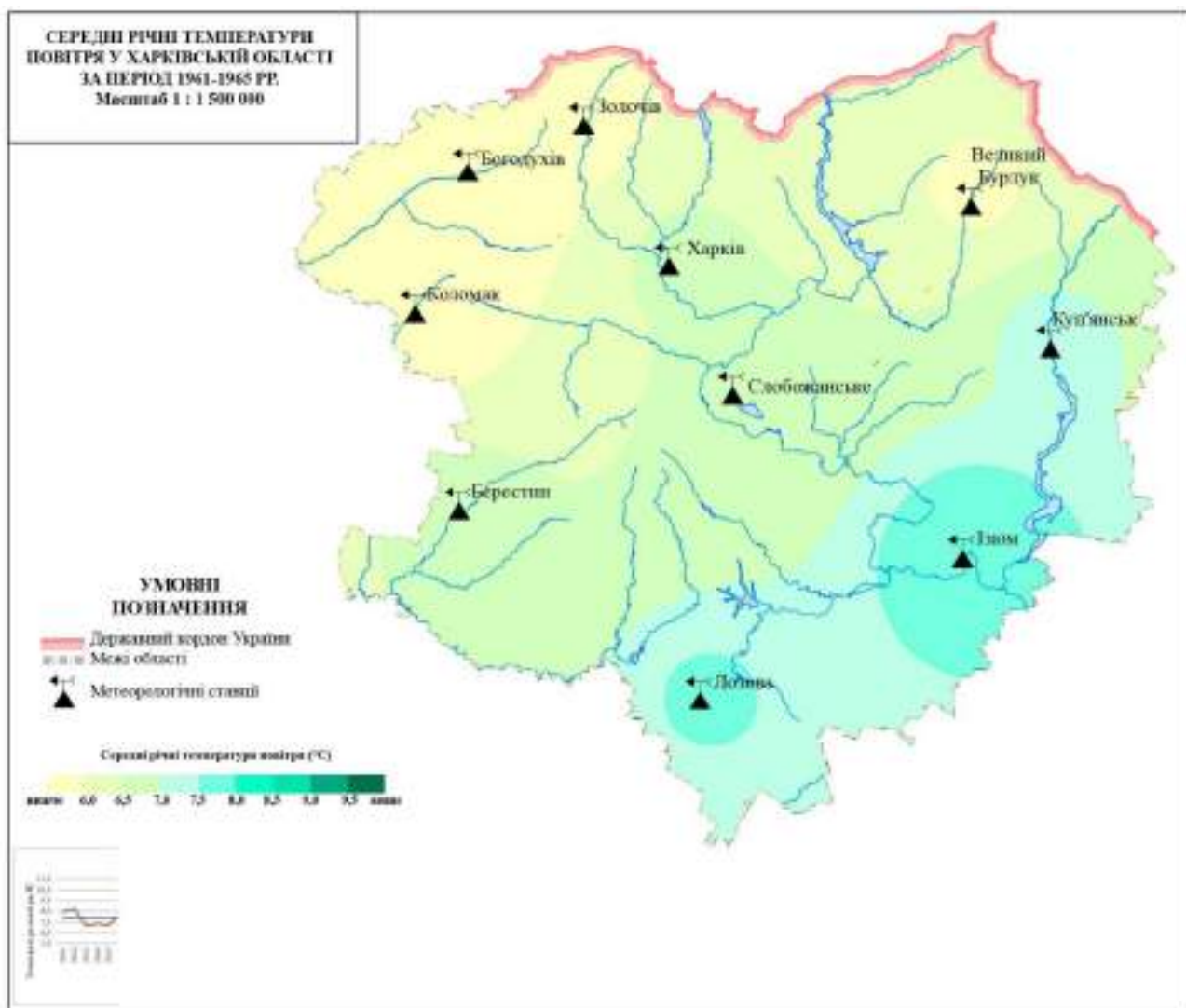


Рис. Б.25. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1961-1965 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

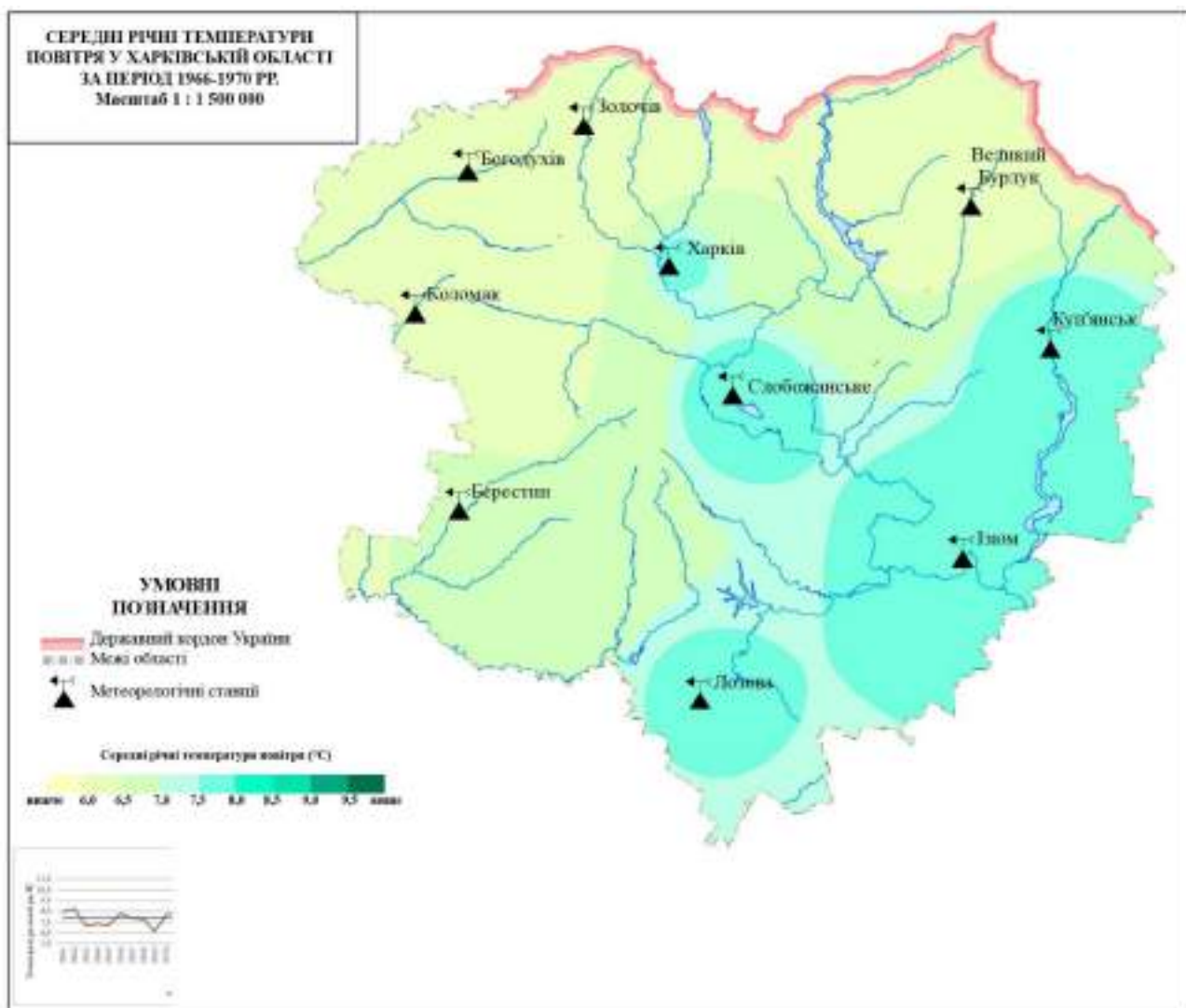


Рис. Б.26. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1966-1970 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

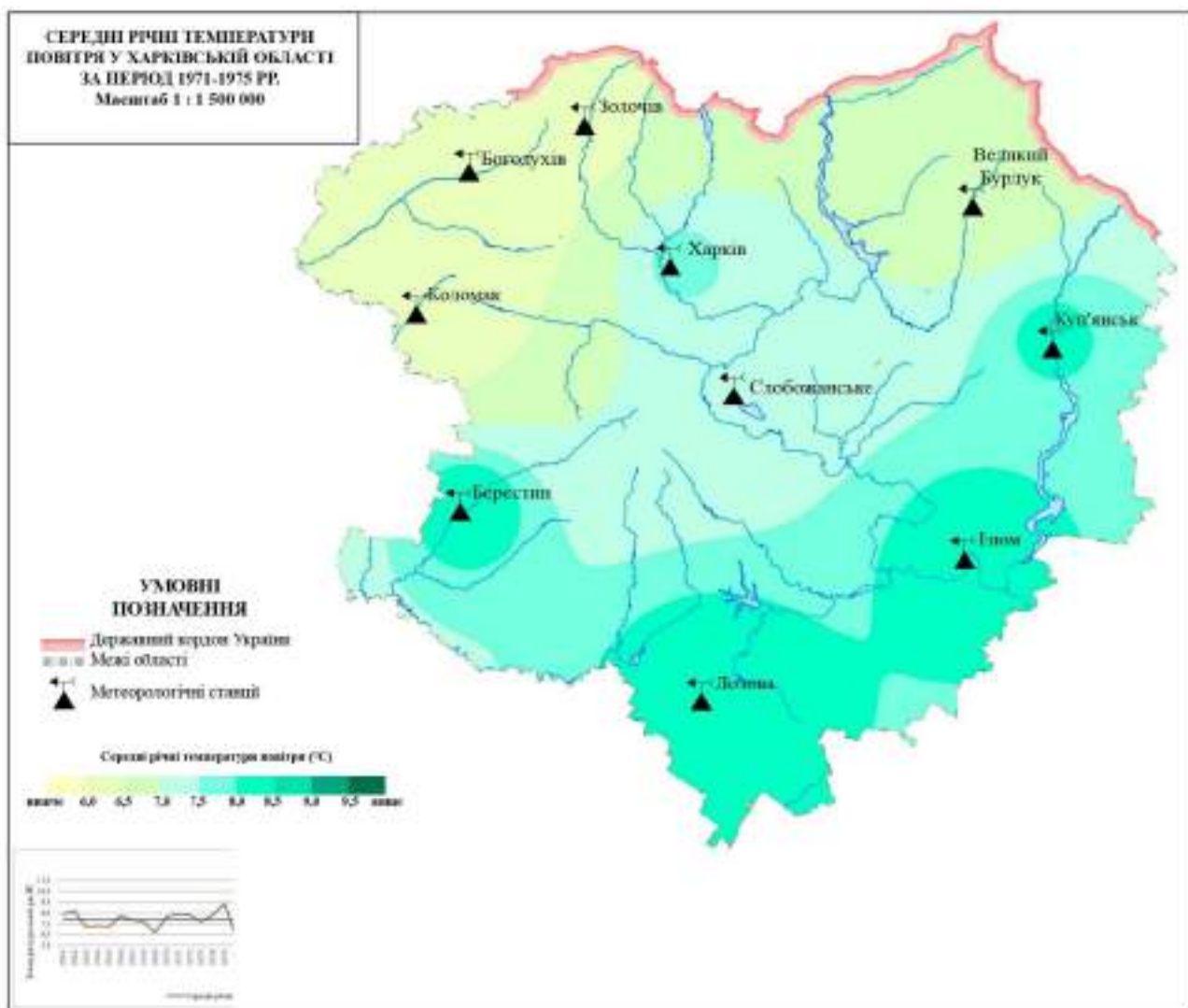


Рис. Б.27. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1971-1975 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

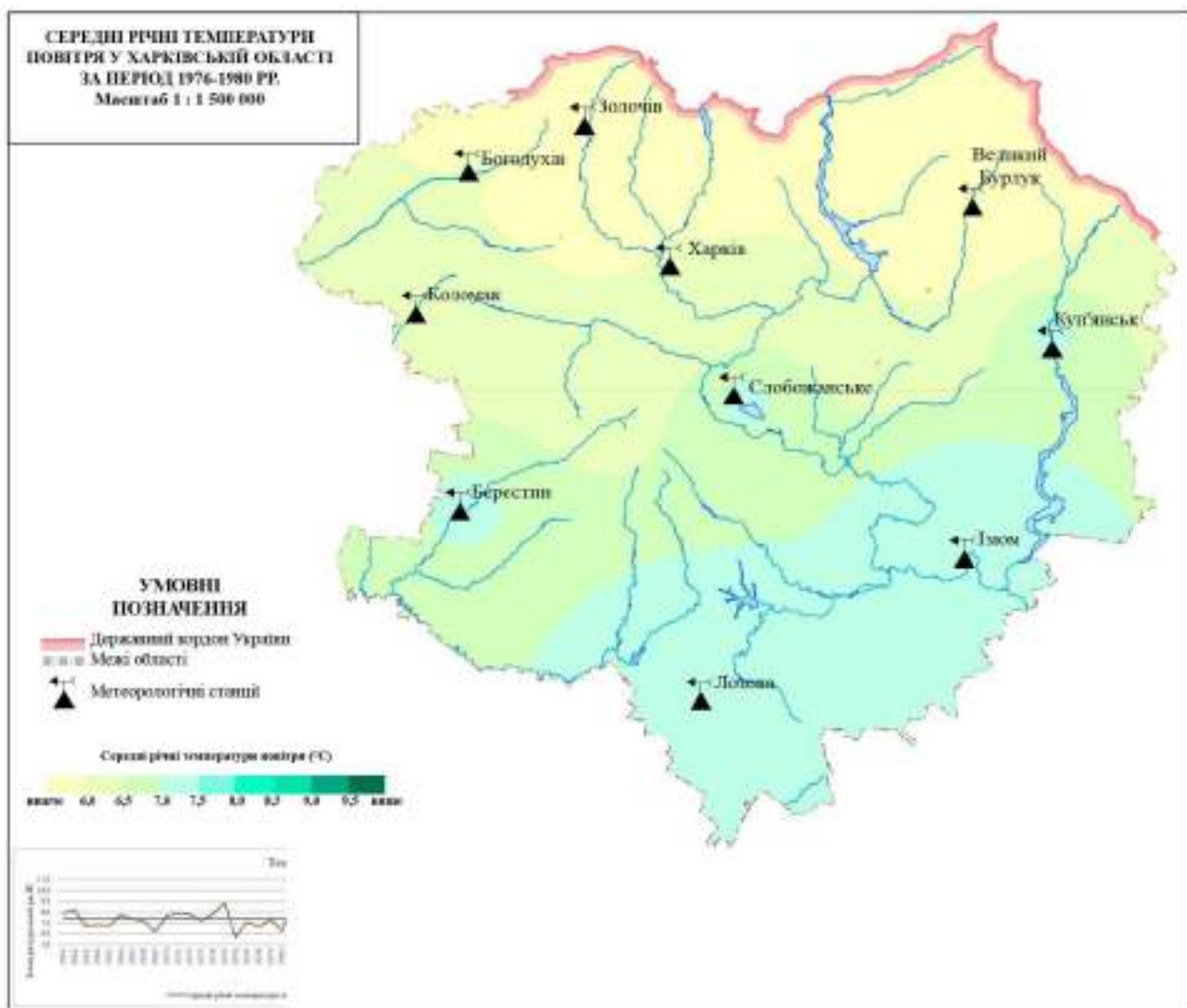


Рис. Б.28. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1976-1980 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

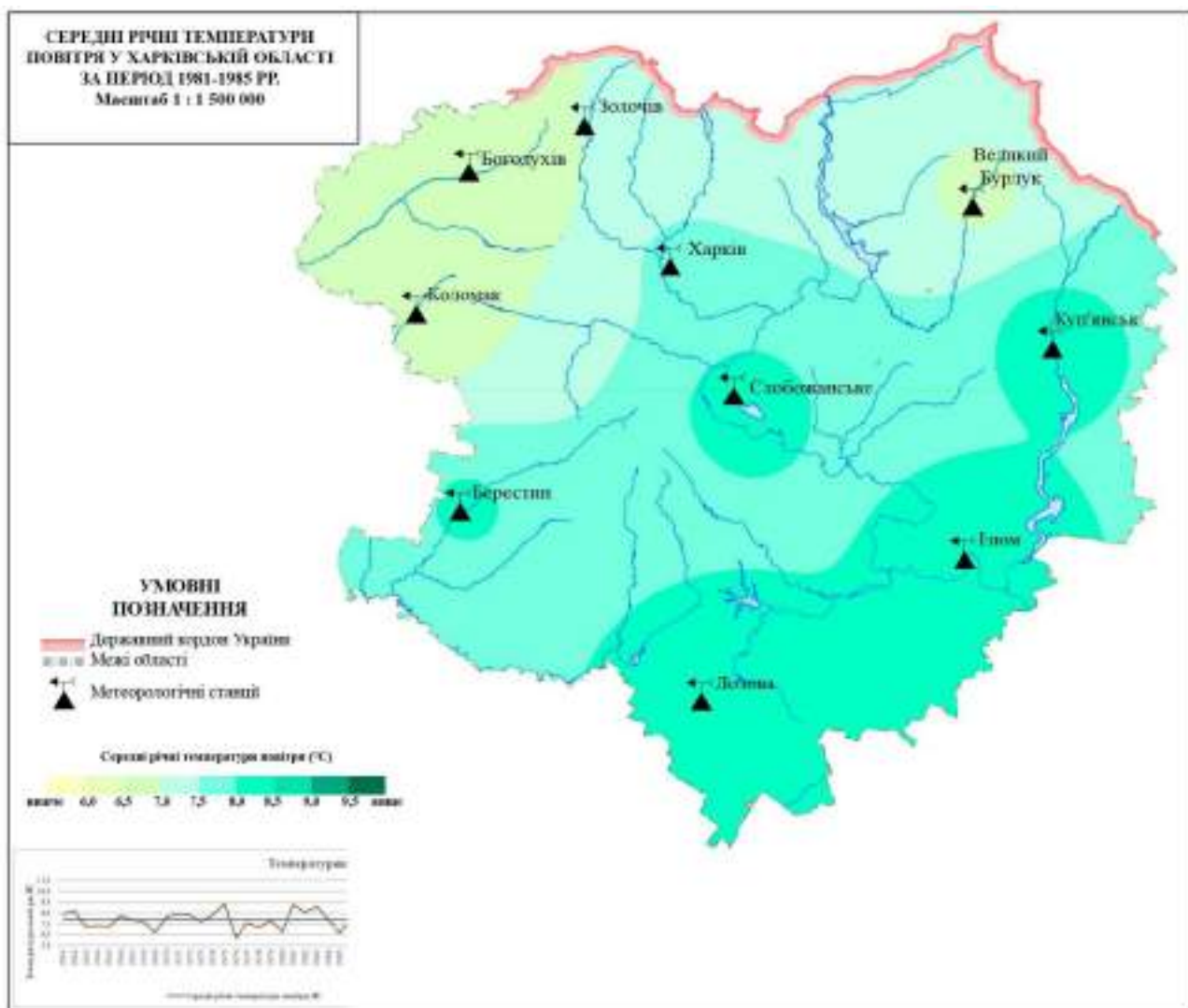


Рис. Б.29. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1981-1985 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

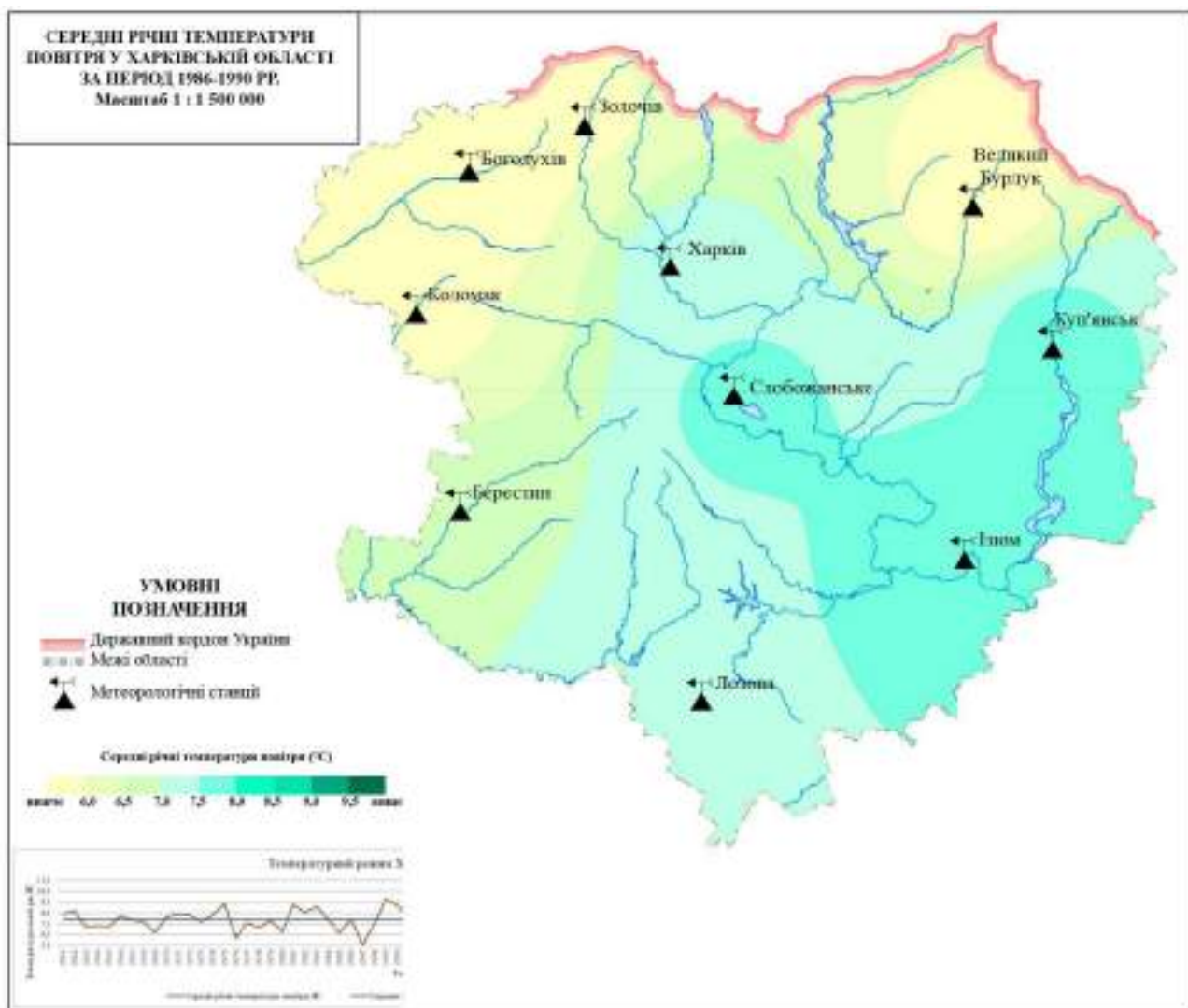


Рис. Б.30. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1986-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

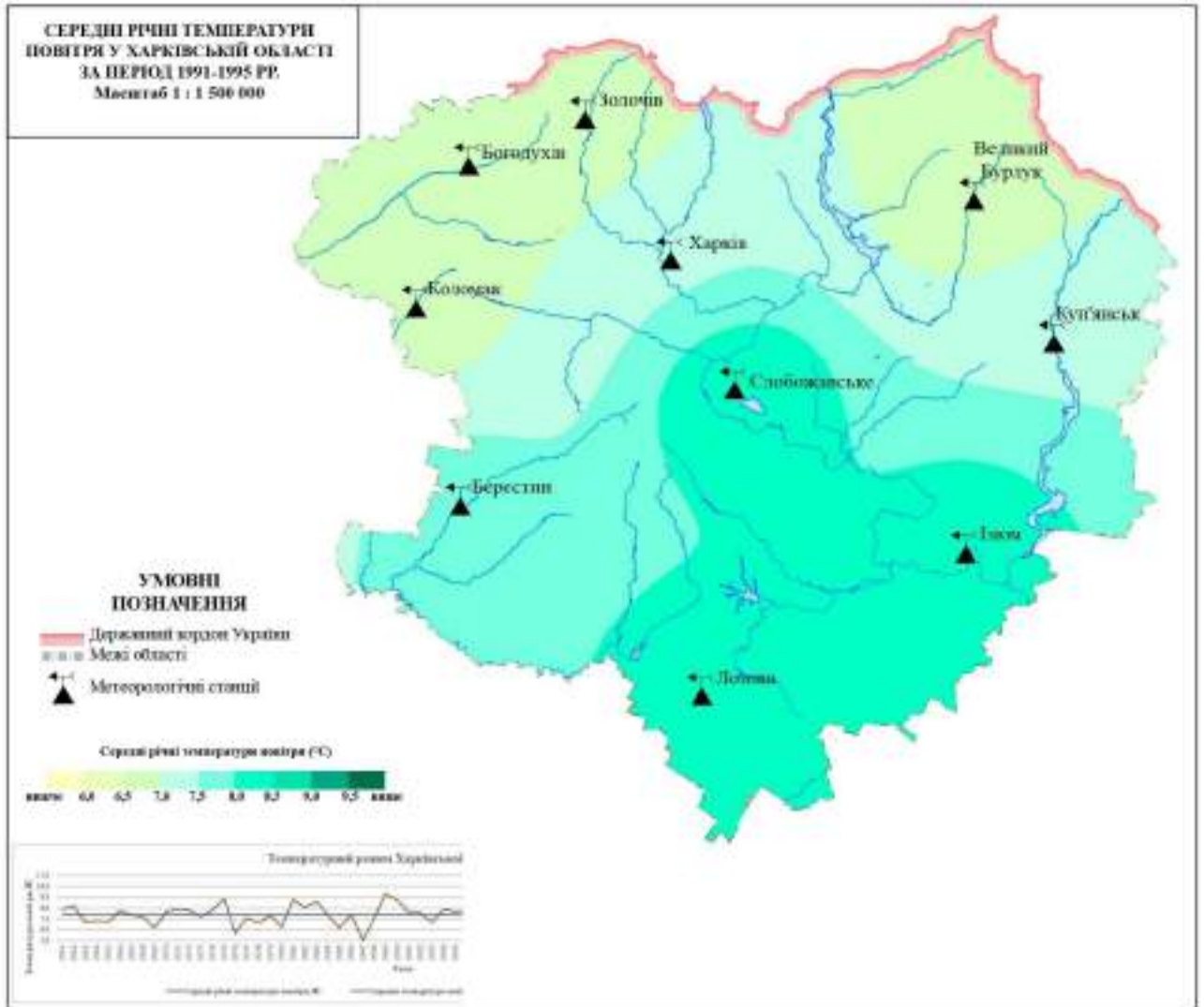


Рис. Б.31. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1991-1995 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

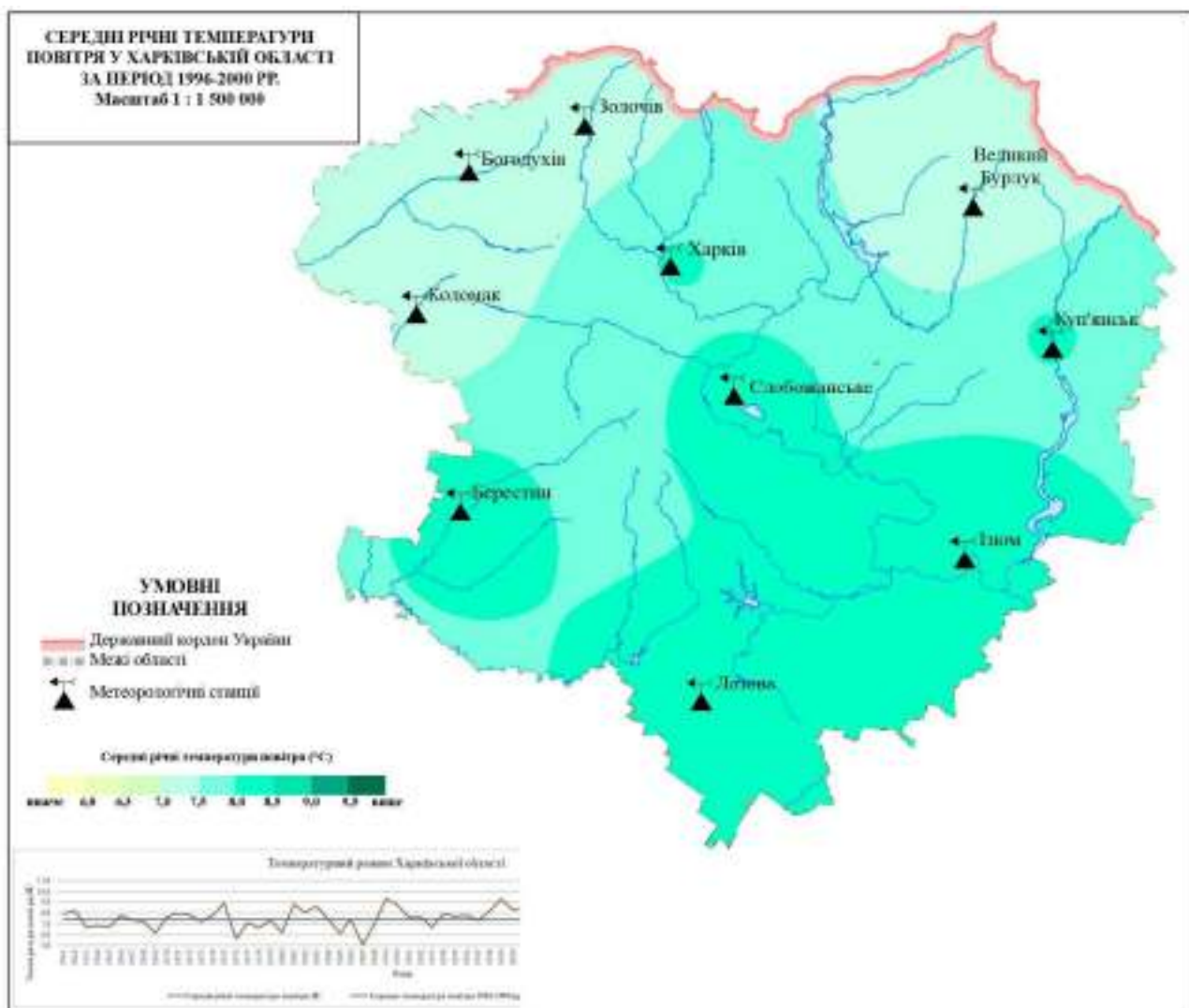


Рис. Б.32. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 1996-2000 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

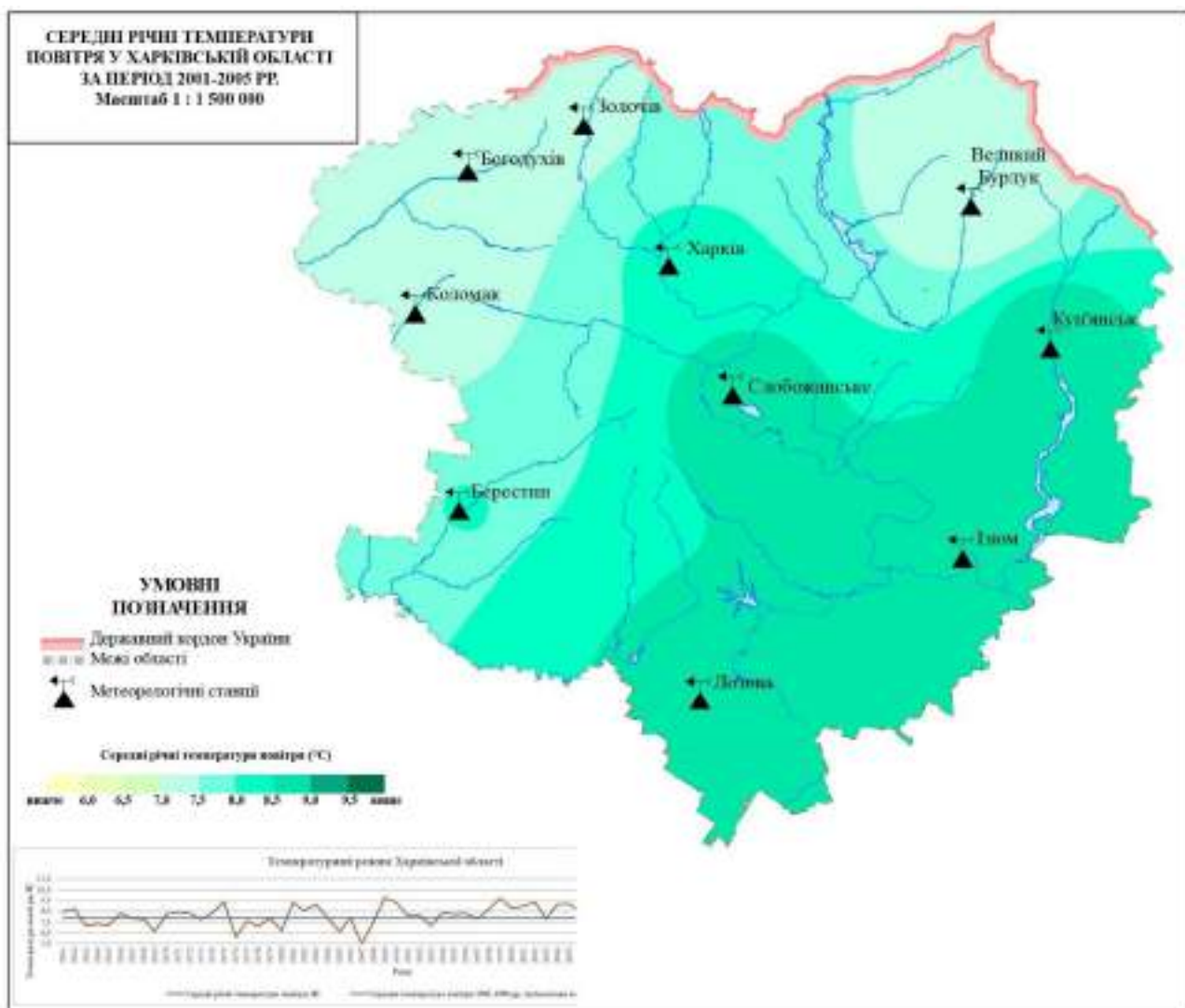


Рис. Б.33. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 2001-2005 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

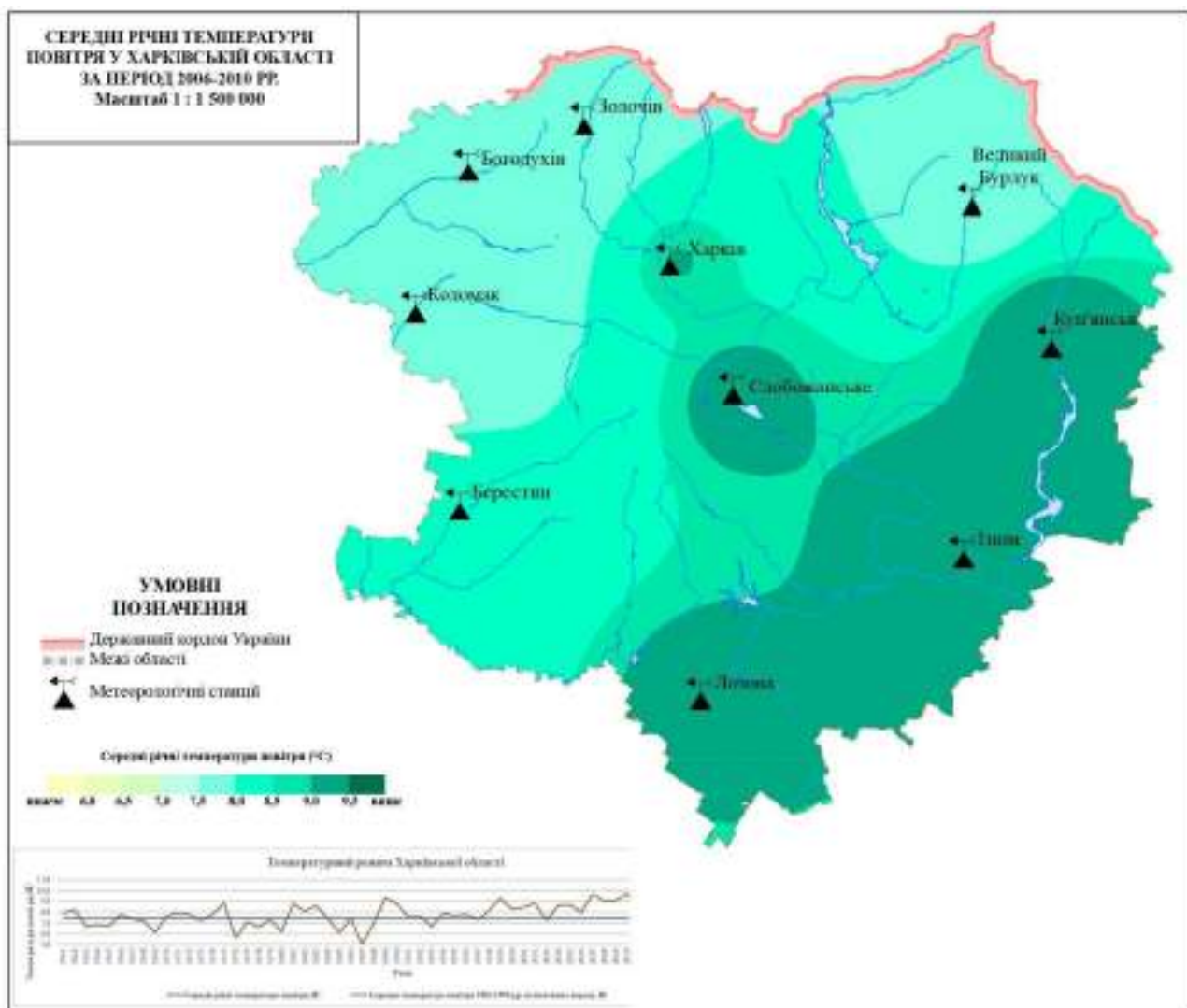


Рис. Б.34. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 2006-2010 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

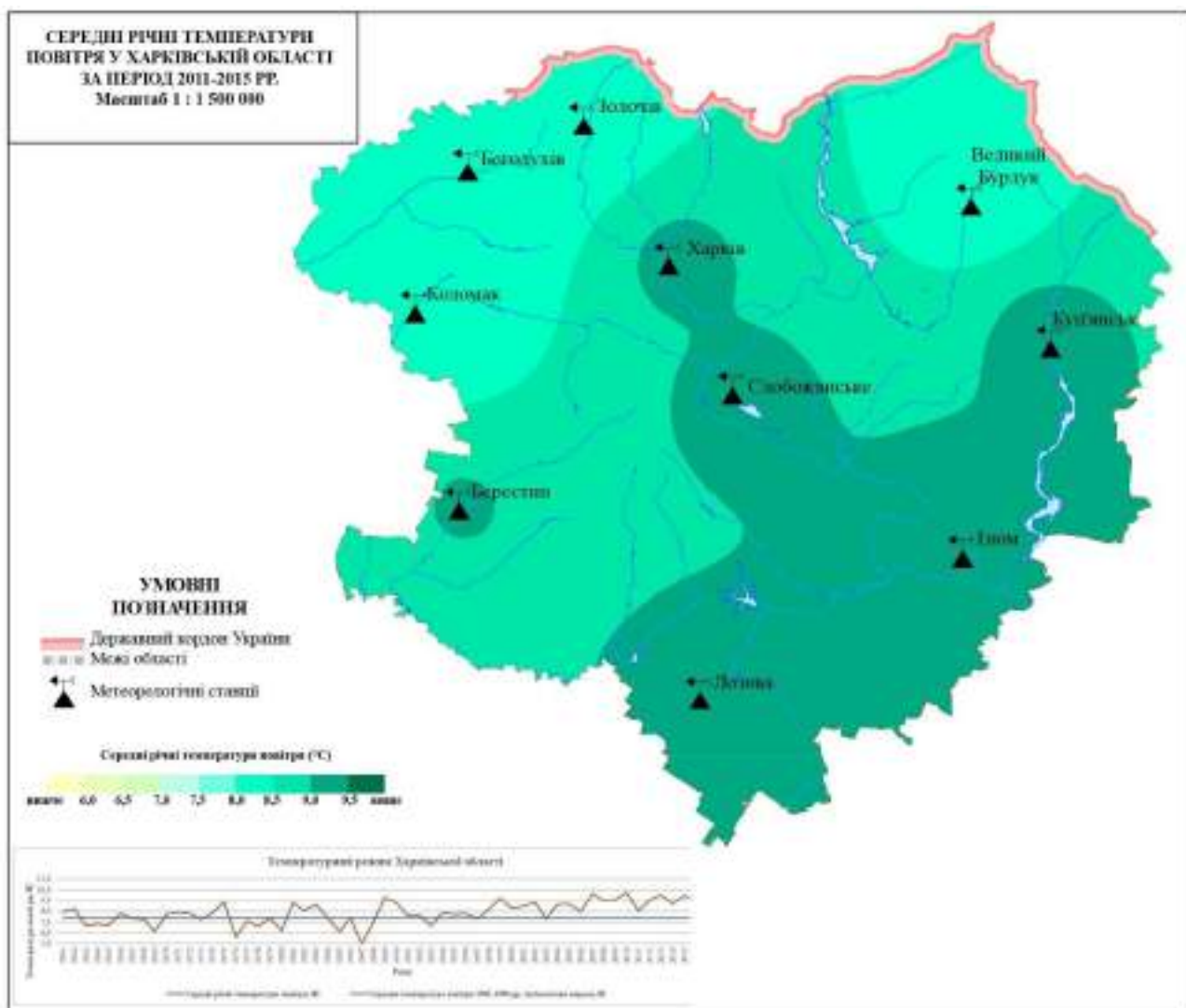


Рис. Б.35. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 2011-2015 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

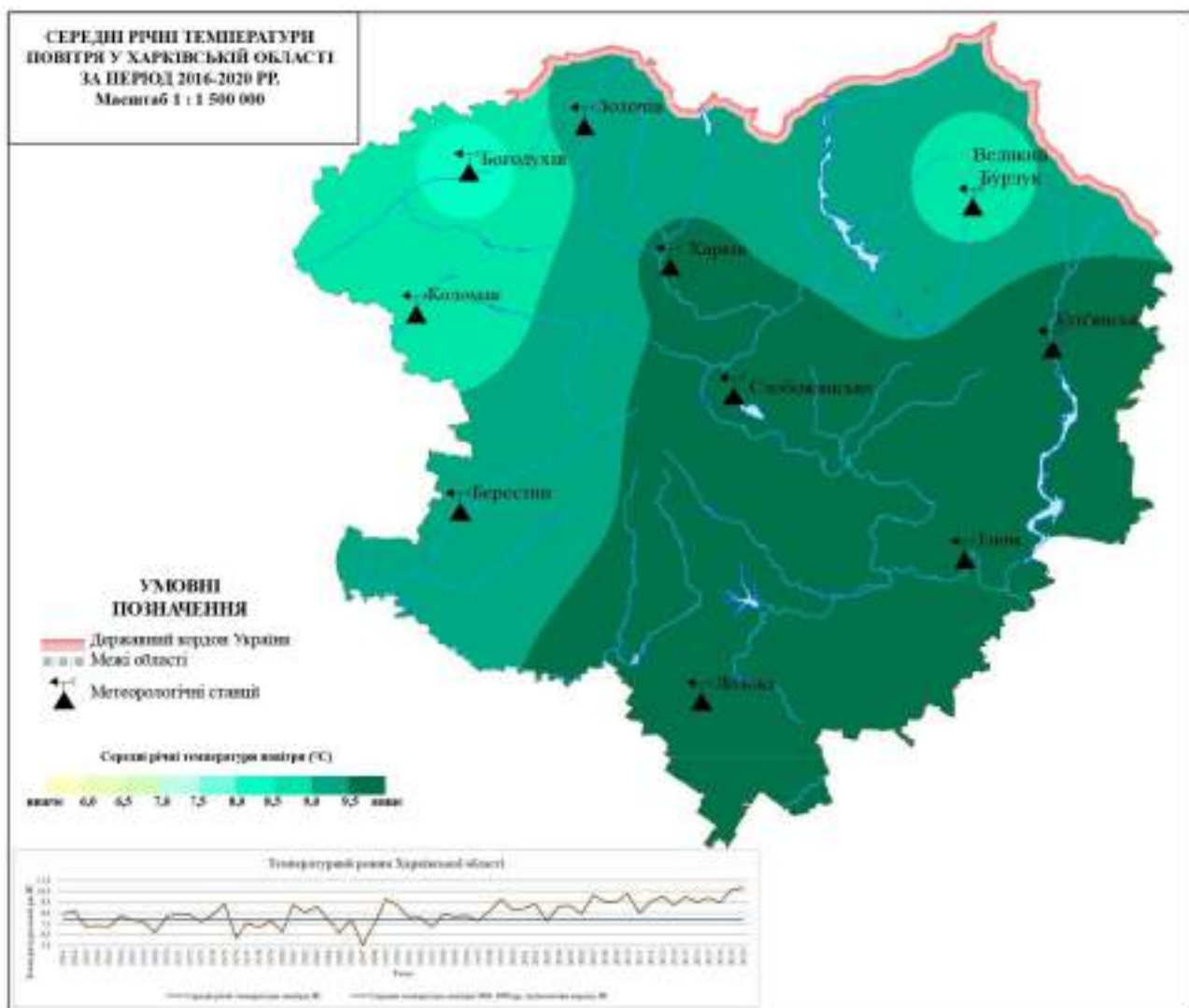


Рис. Б.36. Середні річні температури повітря у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

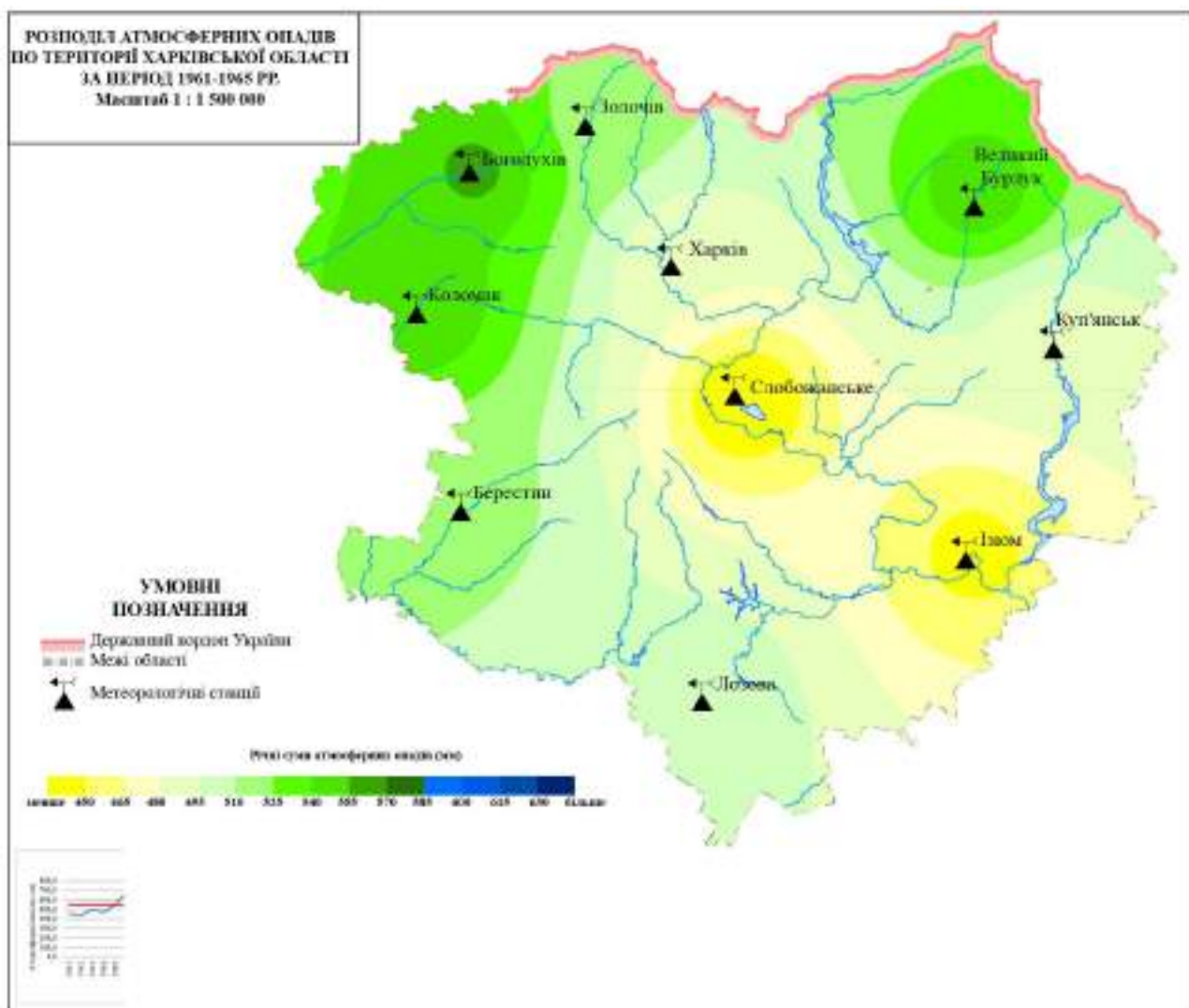


Рис. Б.37. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1961-1965 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

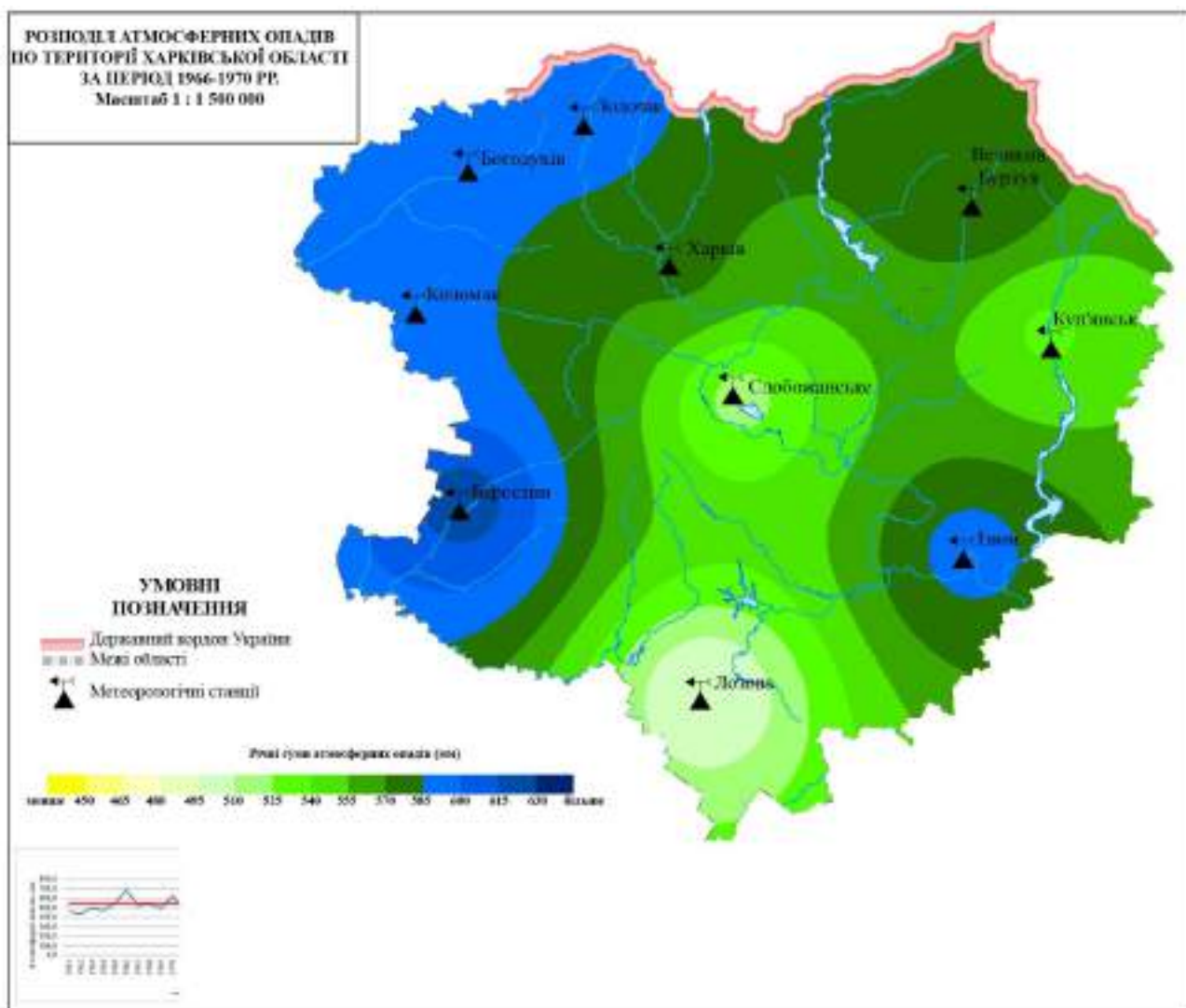


Рис. Б.38. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1966-1970 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

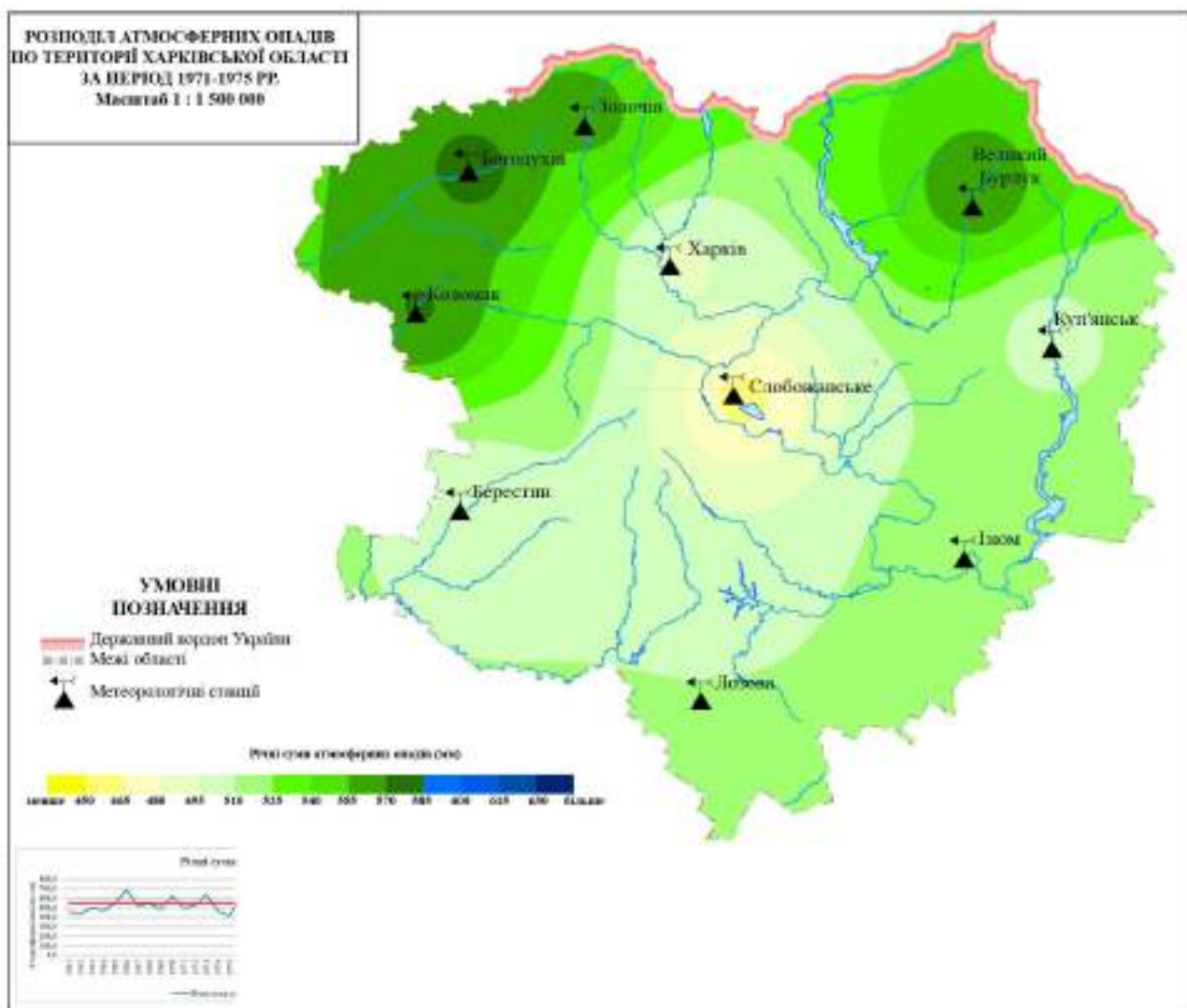


Рис. Б.39. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1971-1975 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

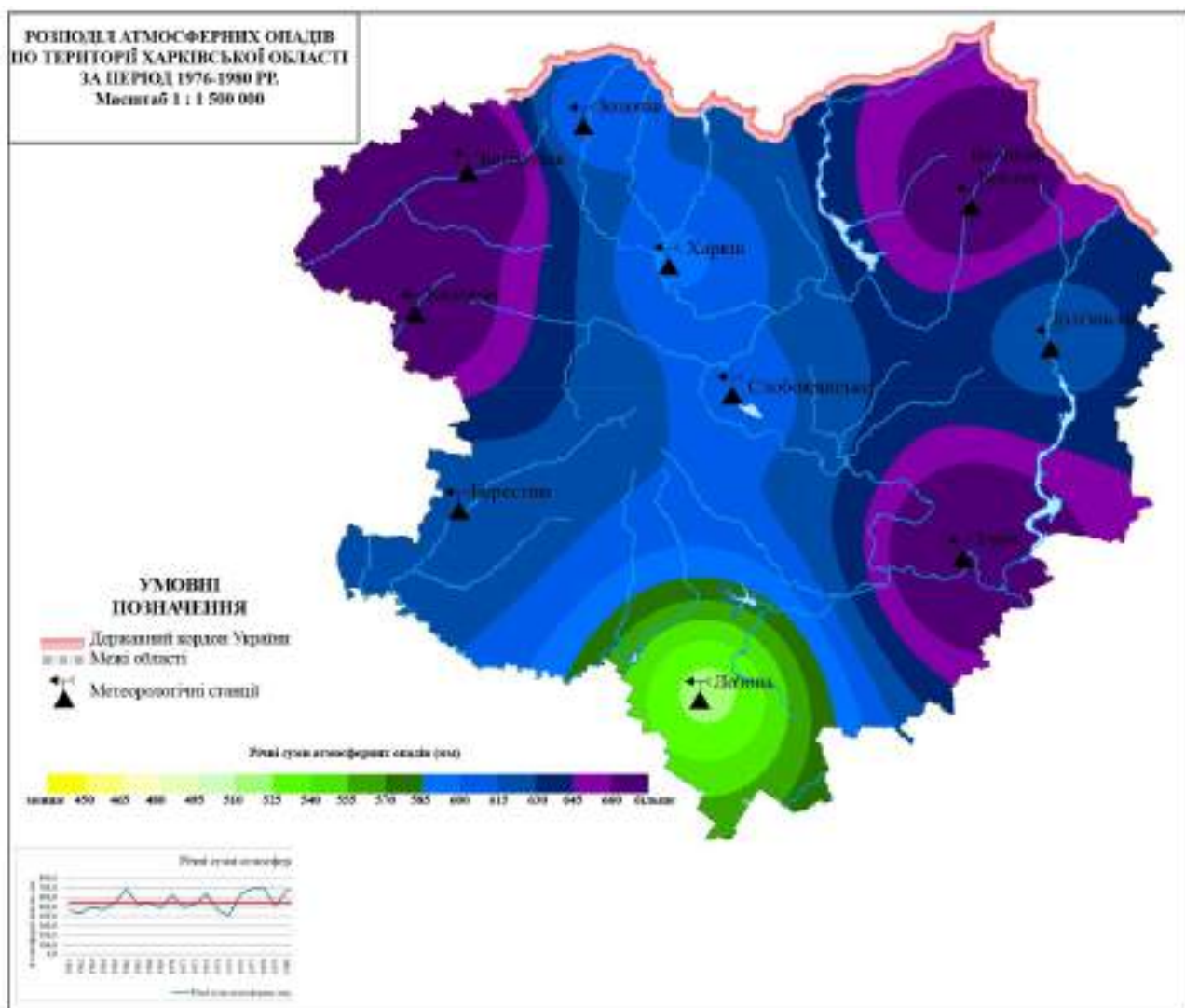


Рис. Б.40. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1976-1980 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

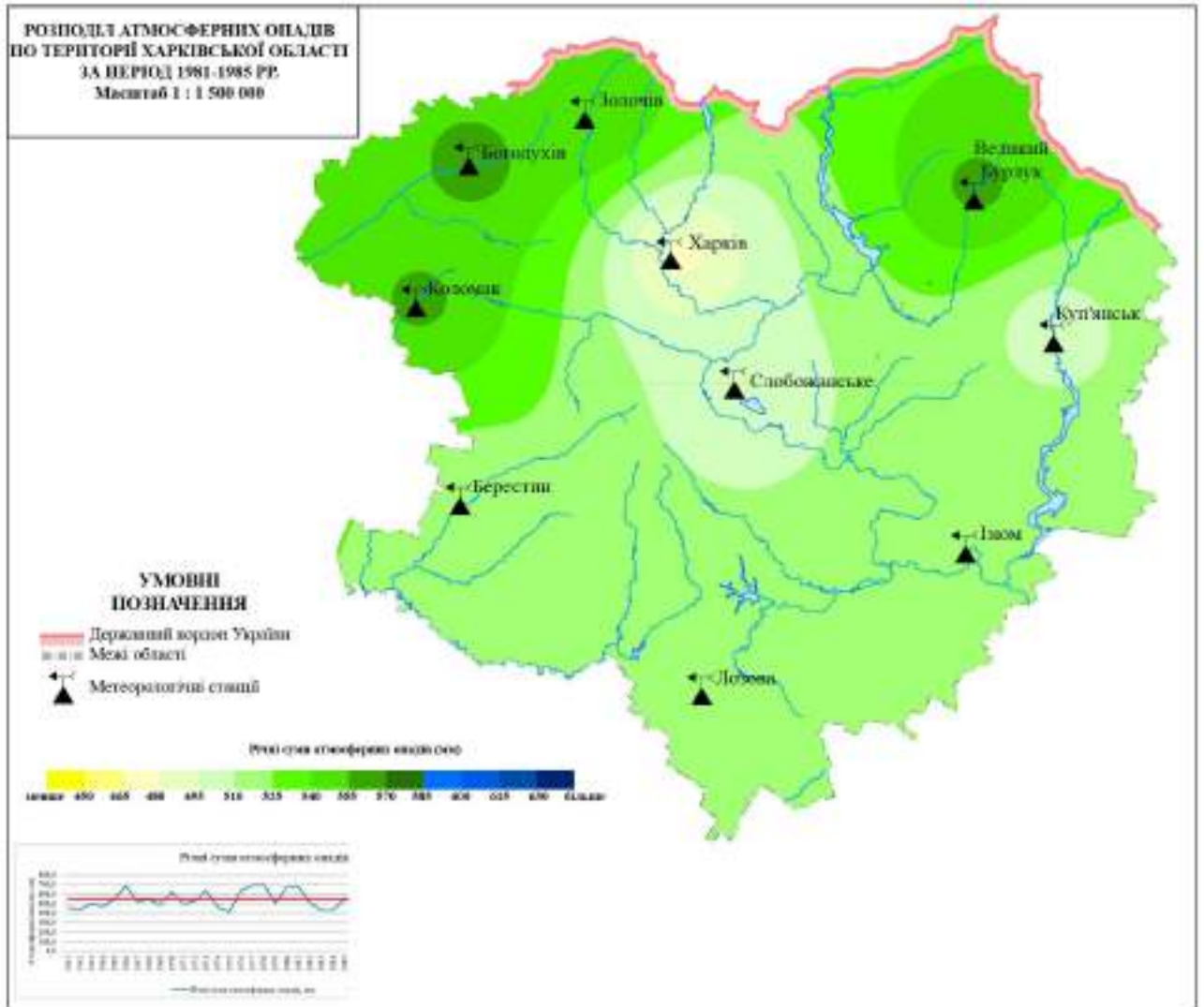


Рис. Б.41. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1981-1985 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

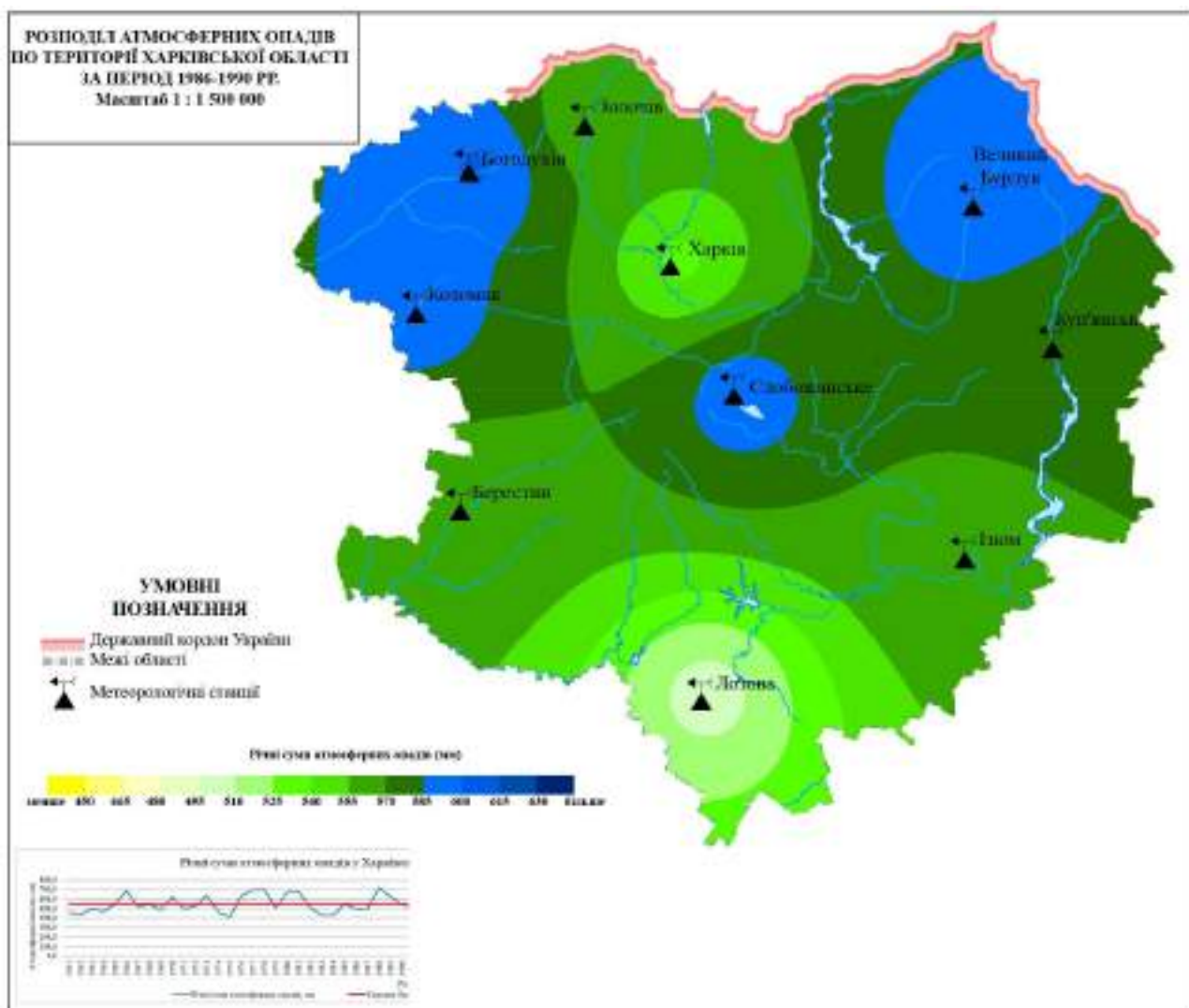


Рис. Б.42. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1986-1990 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

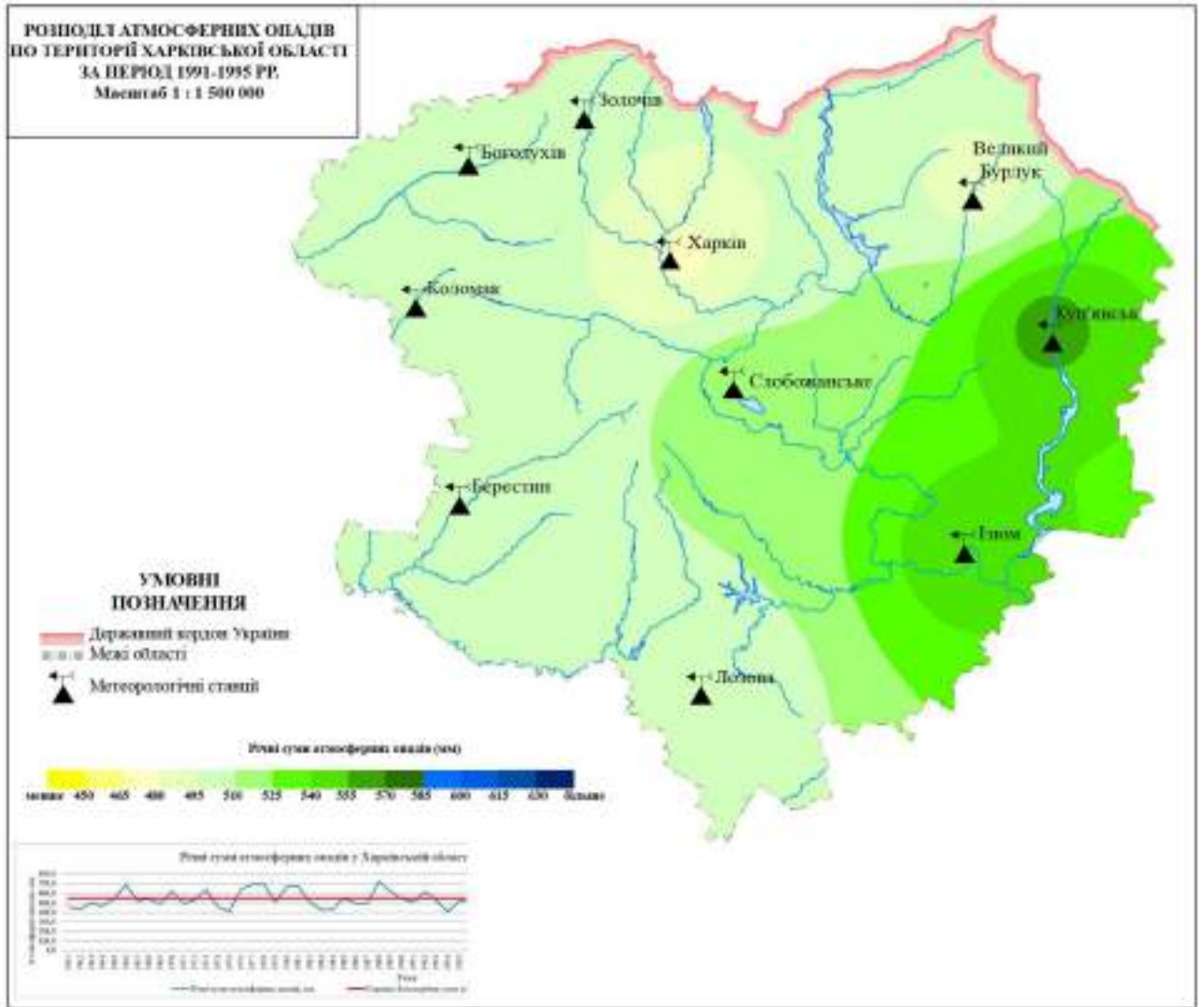


Рис. Б.43. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1991-1995 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

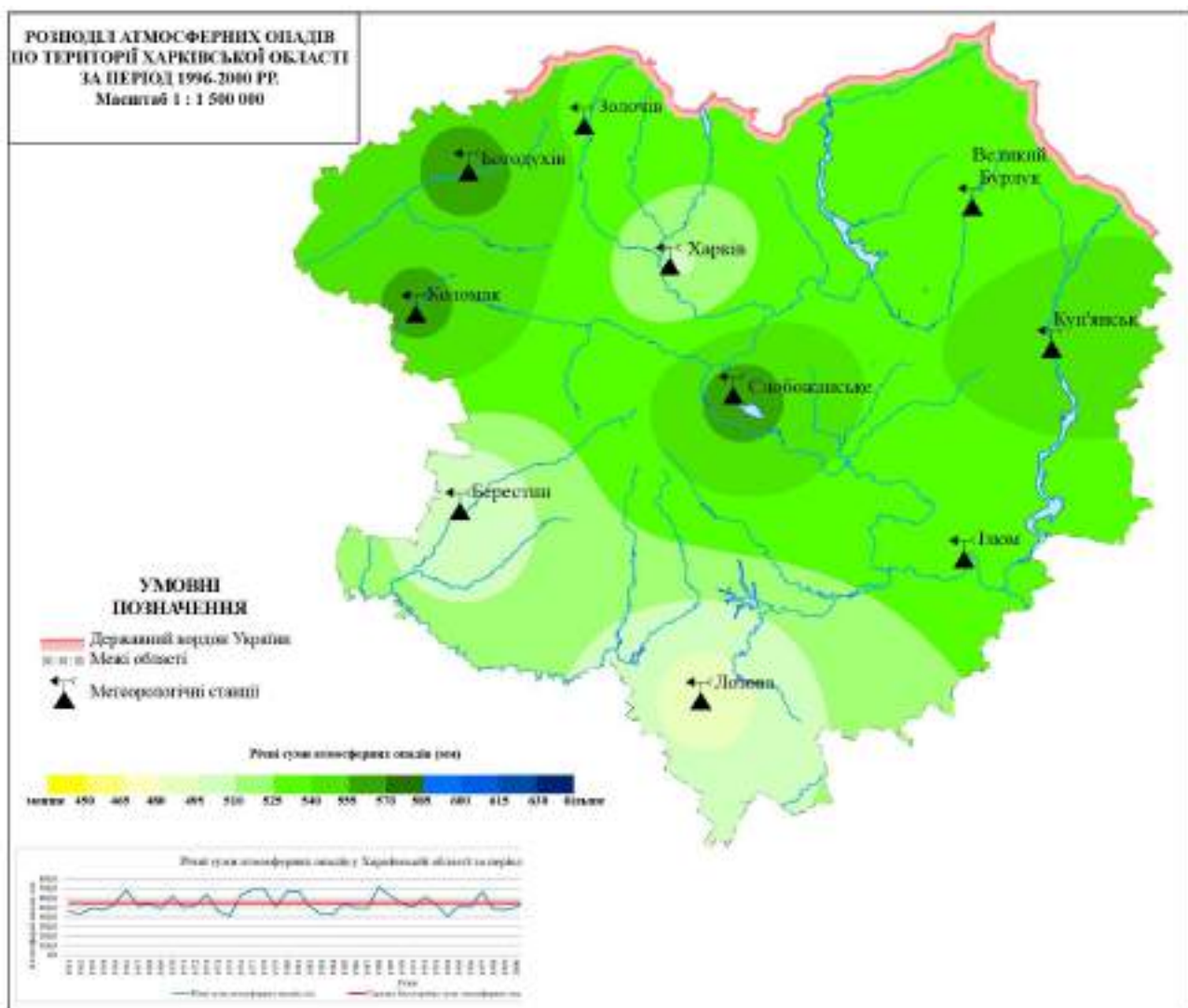


Рис. Б.44. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 1996-2000 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

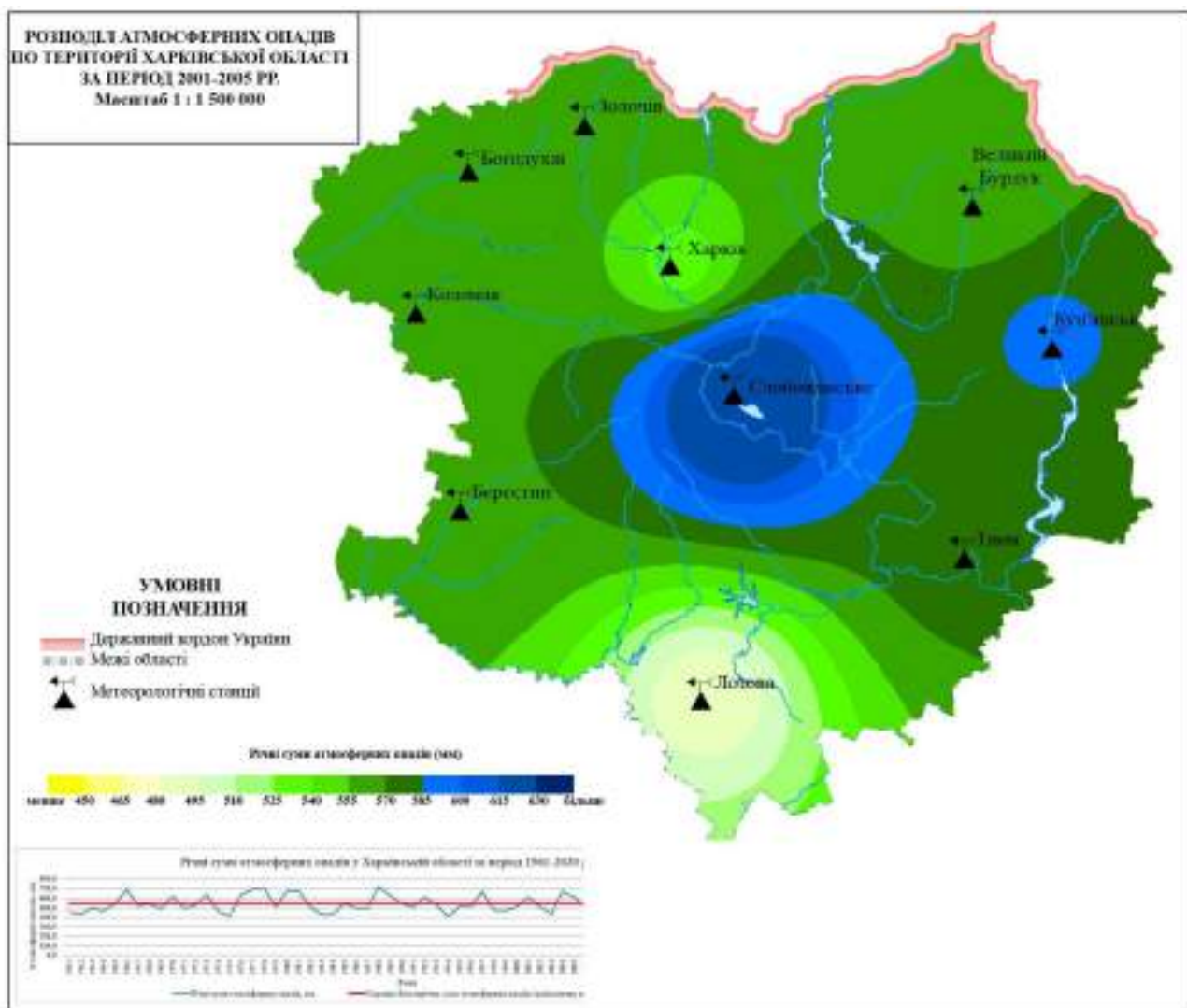


Рис. Б.45. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 2001-2005 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

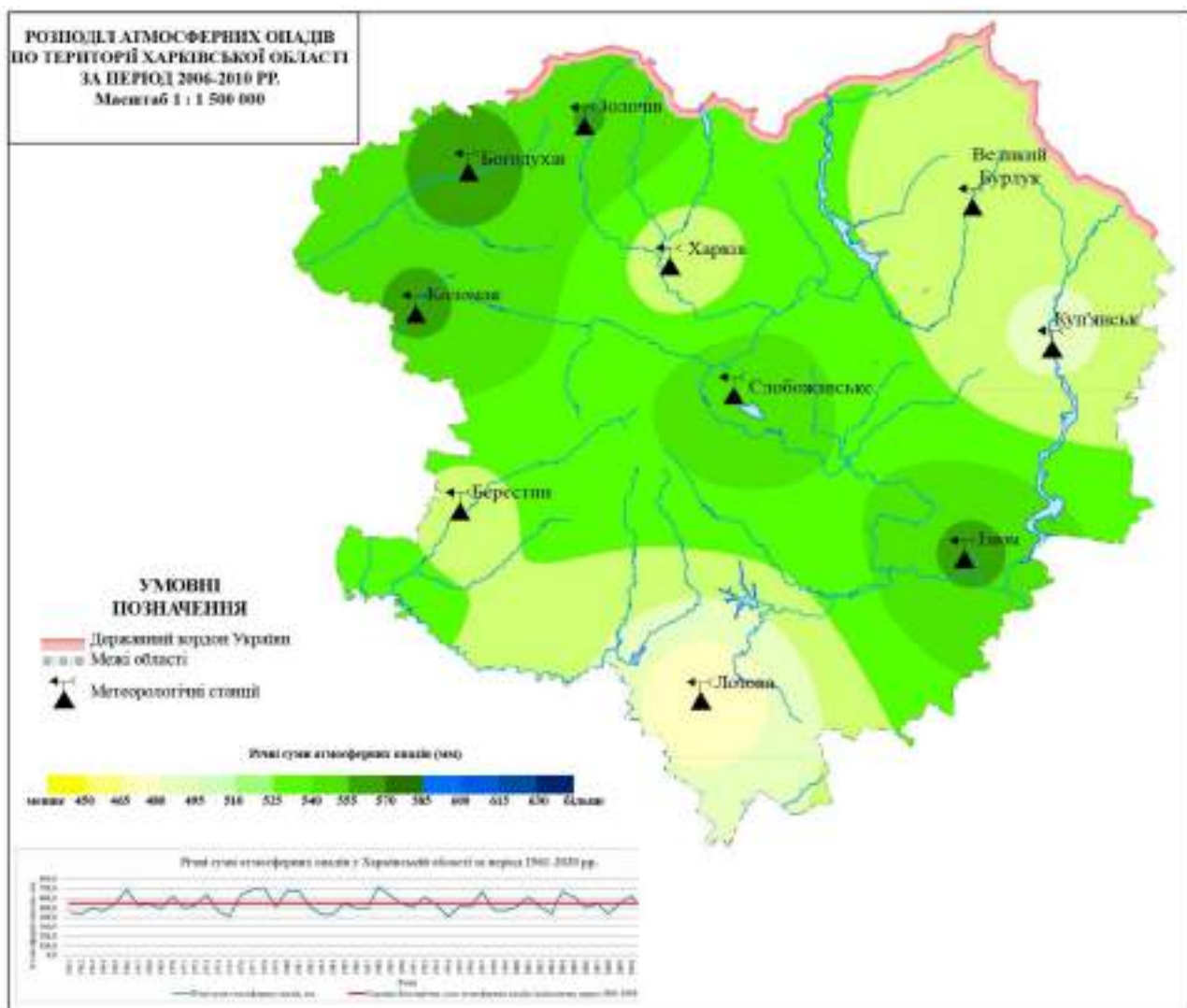


Рис. Б.46. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 2006-2010 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

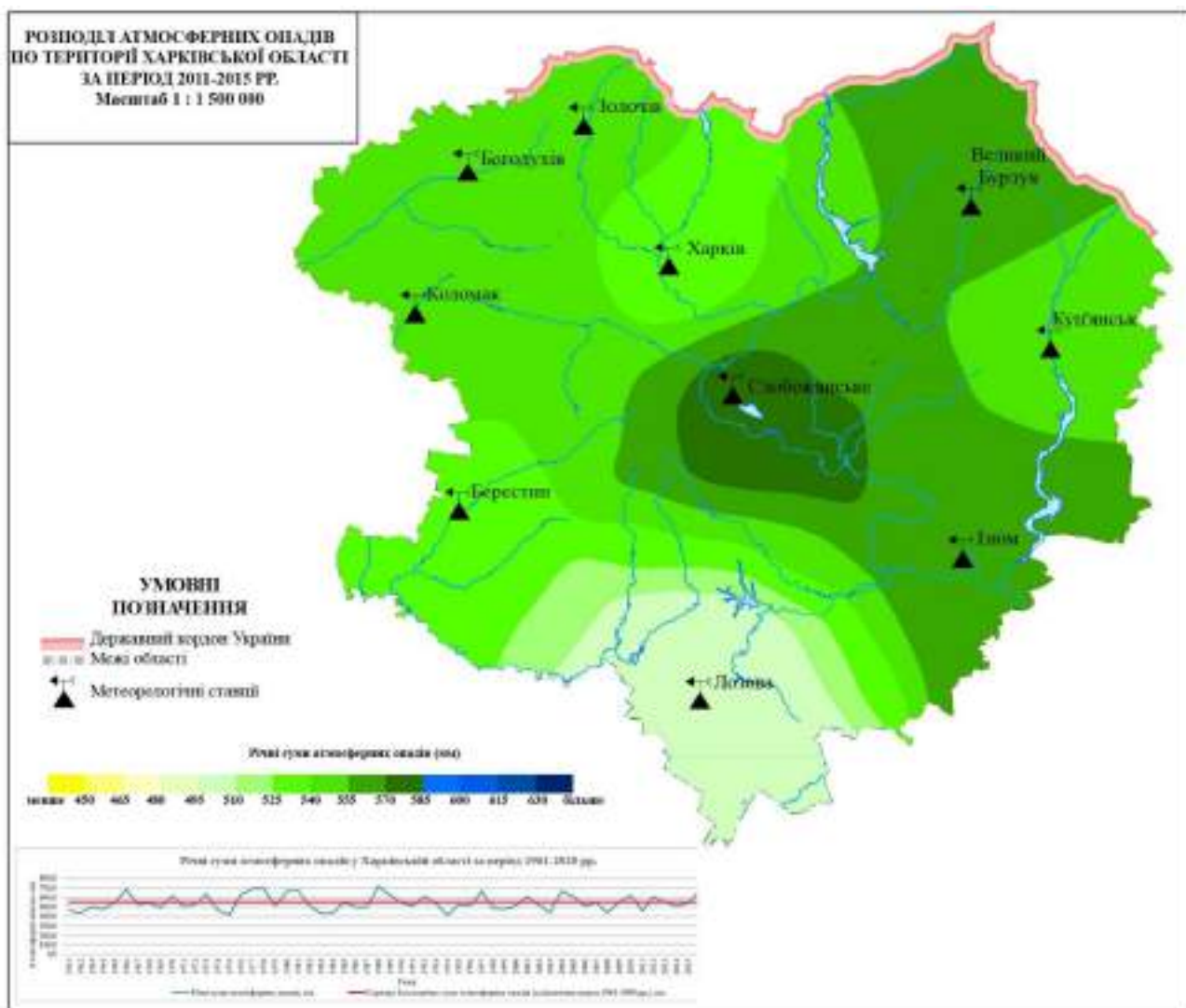


Рис. Б.47. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 2011-2015 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

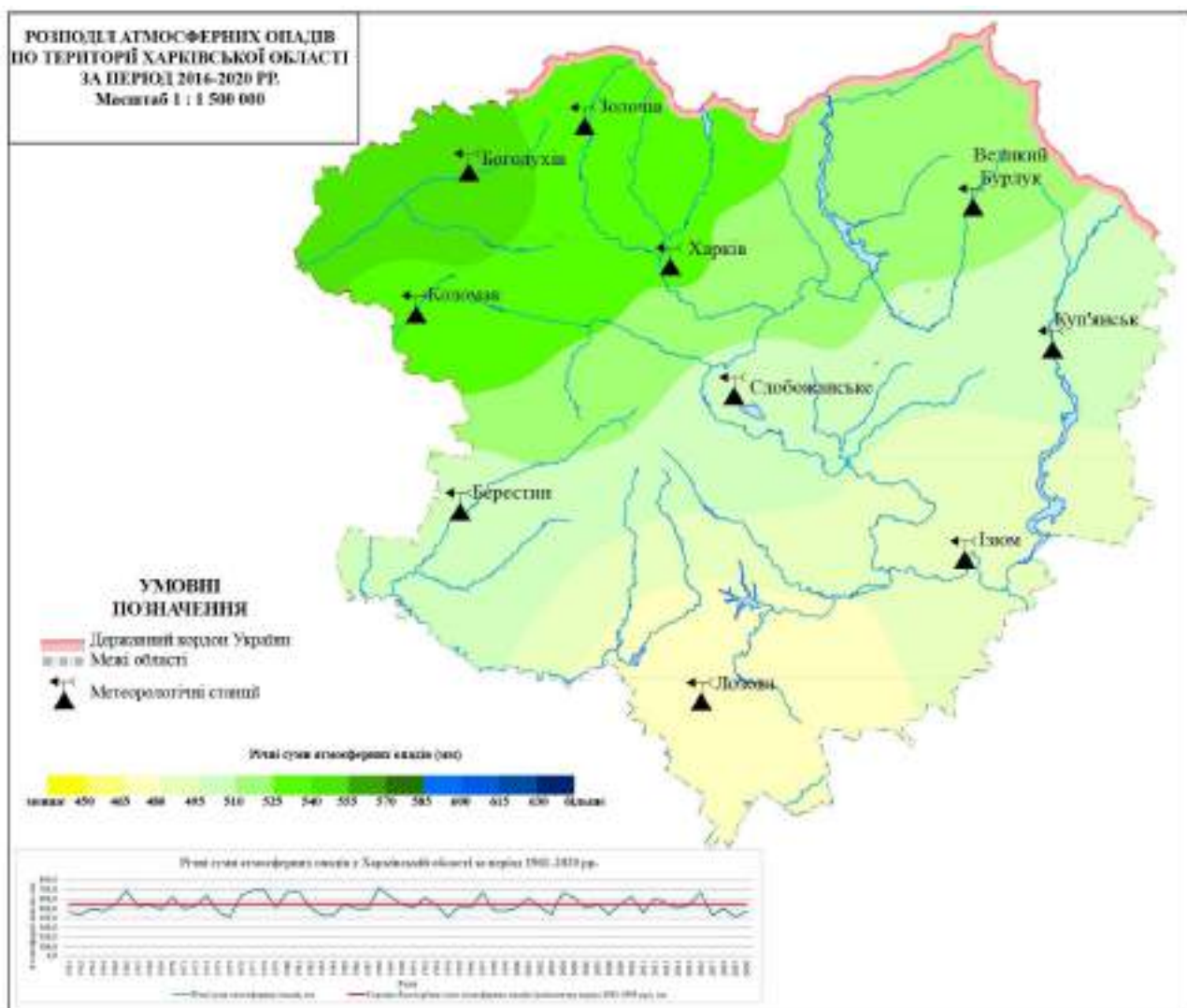


Рис. Б.48. Суми атмосферних опадів у Харківській області за період 2016-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК В. ВНУТРІШНЬОРІЧНИЙ ХІД ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ

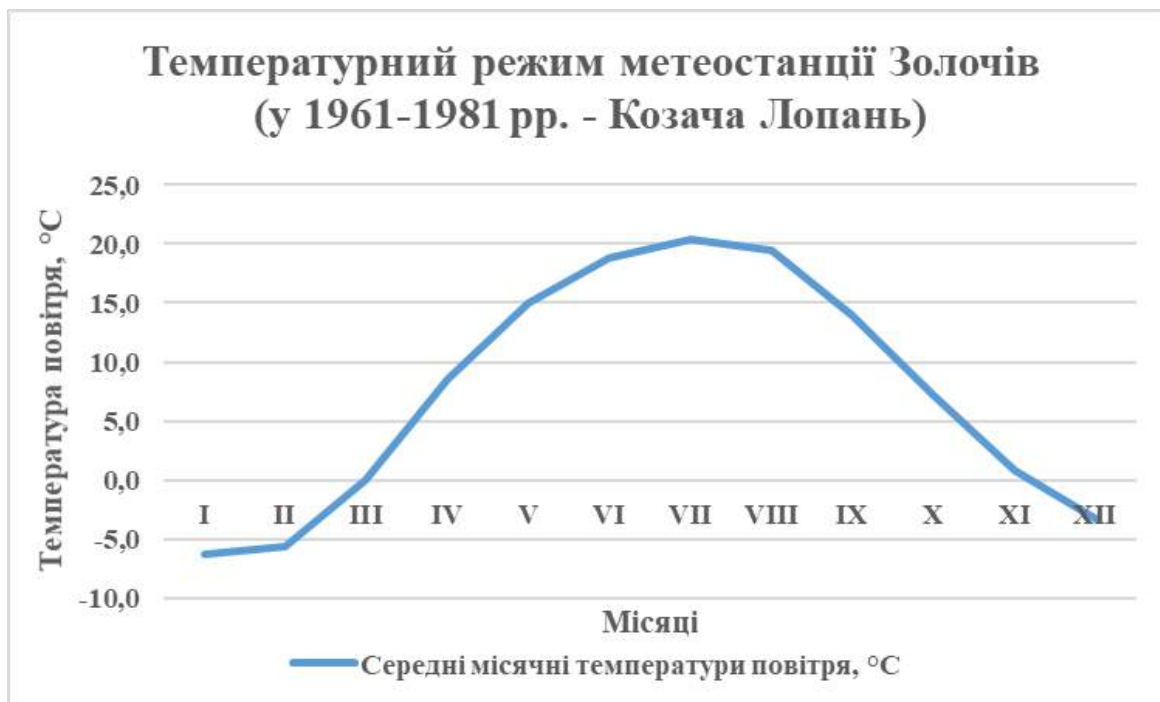


Рис. В.1. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Золочів (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

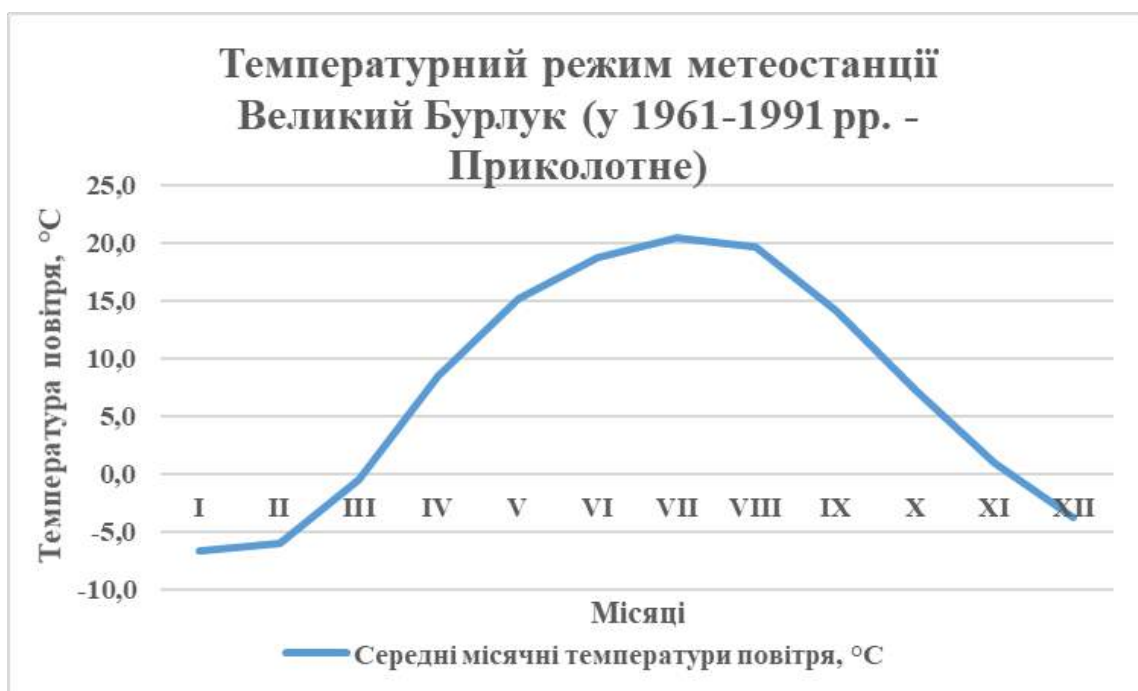


Рис. В.2. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Великий Бурлук (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. В.3. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Харків (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

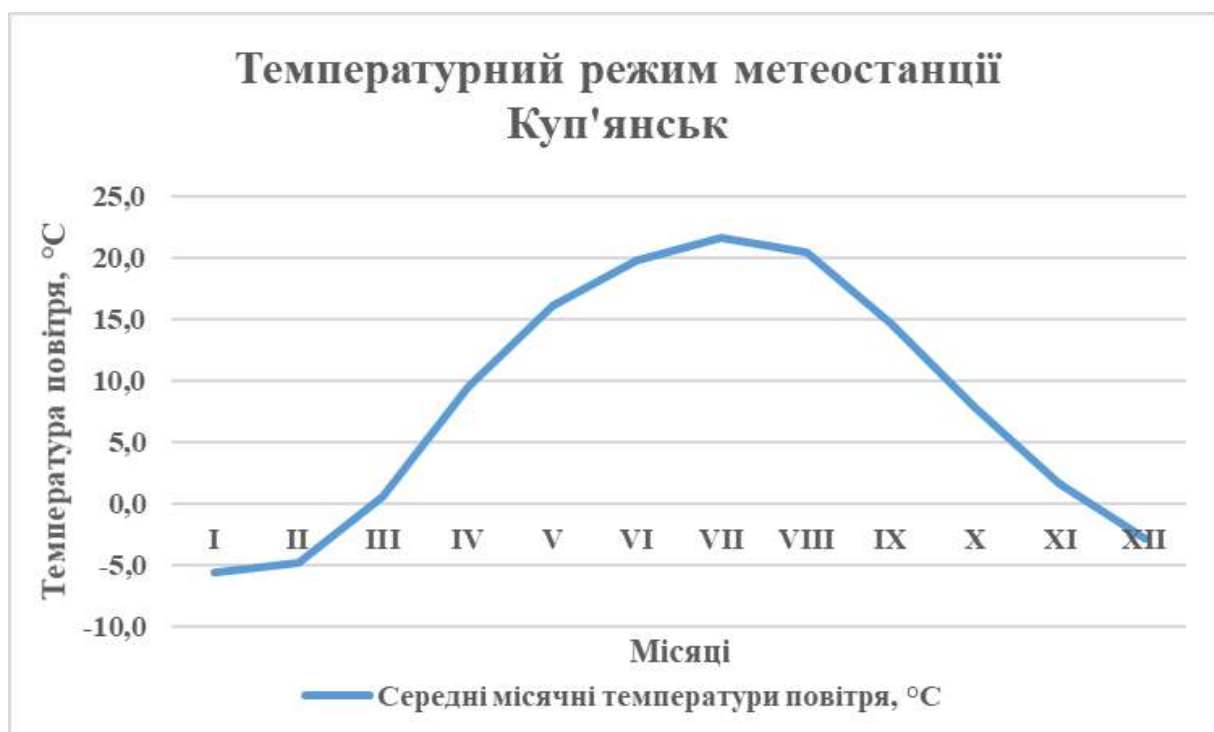


Рис. В.4. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Куп'янськ (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

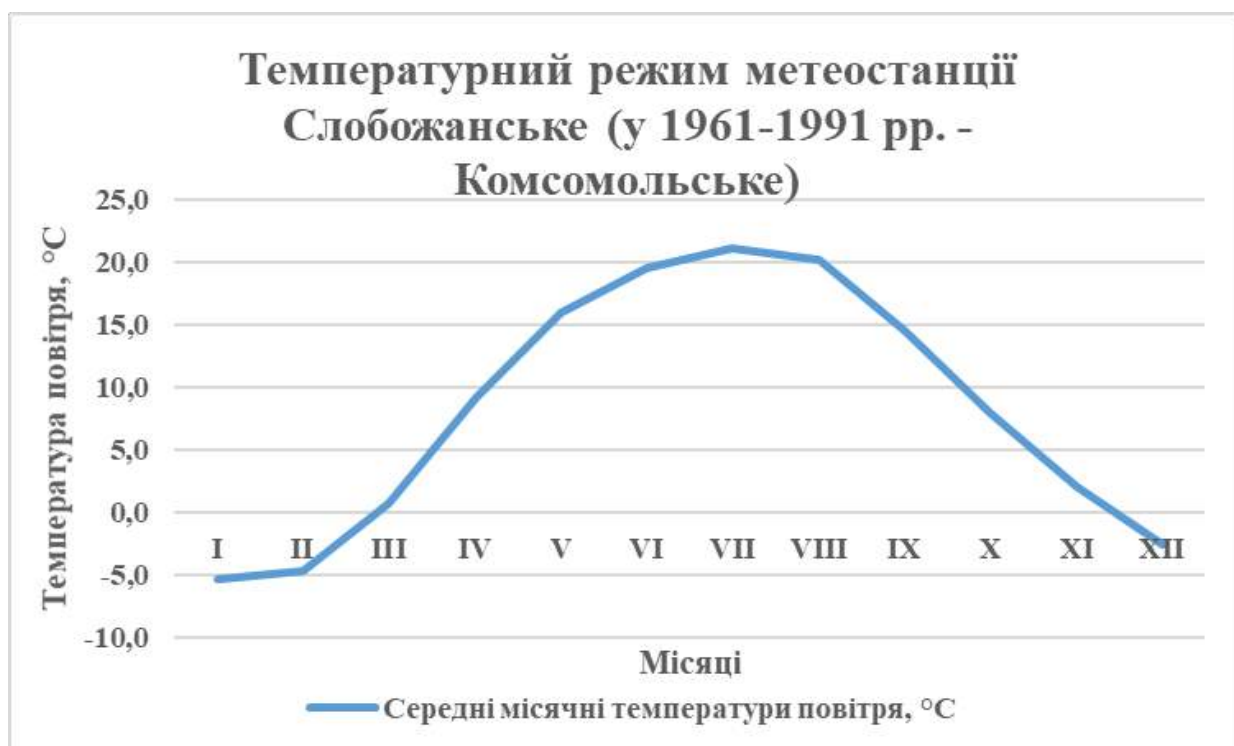


Рис. В.5. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Слобожанське (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

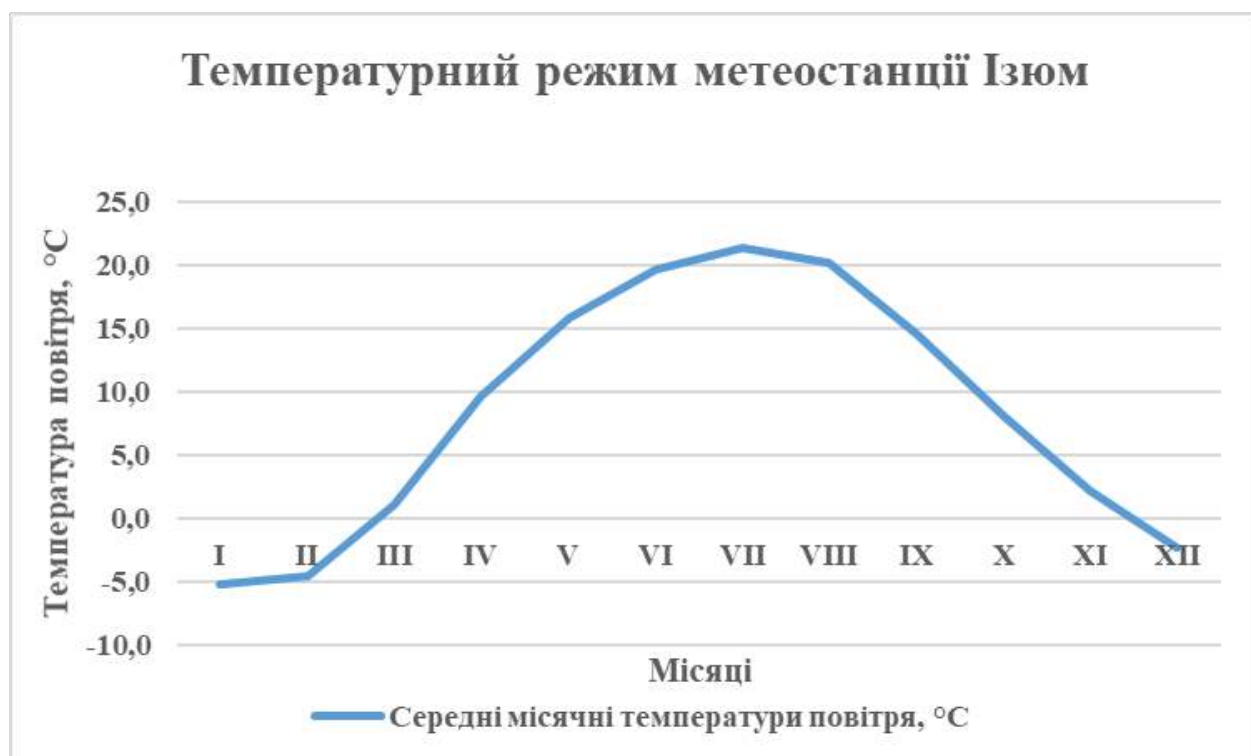


Рис. В.6. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Ізюм (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

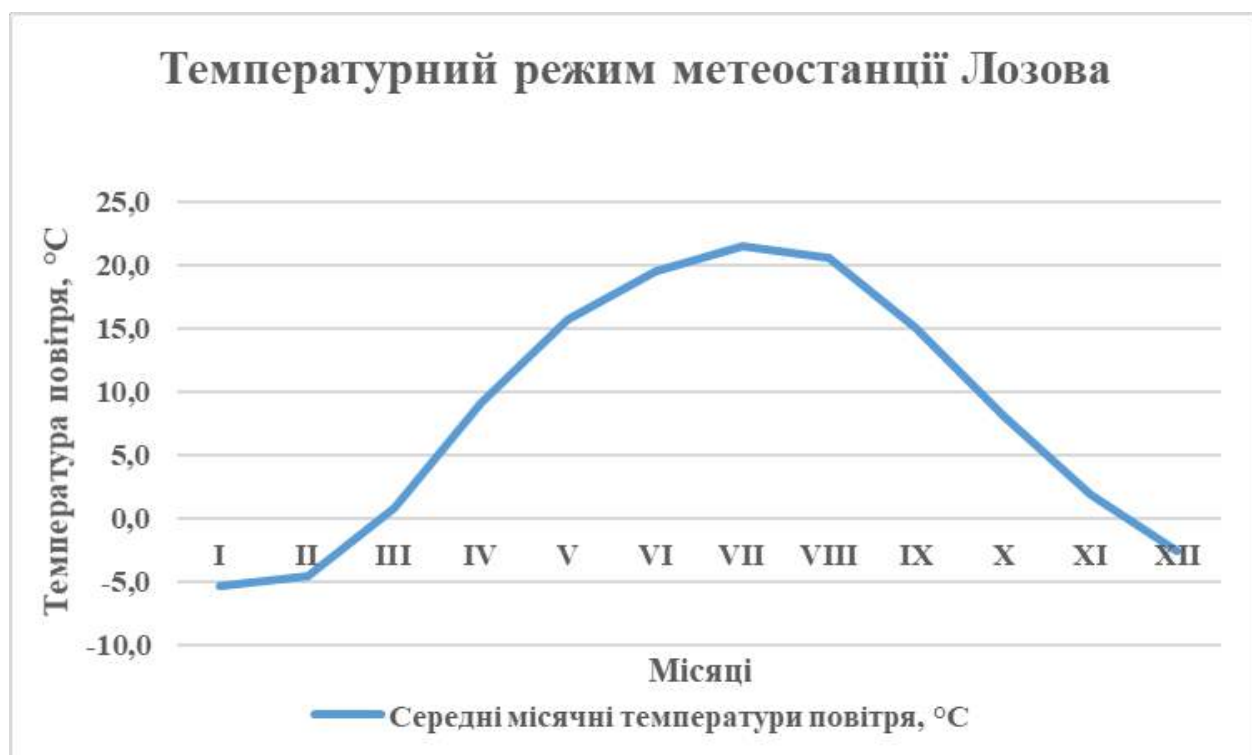


Рис. В.7. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Лозова (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

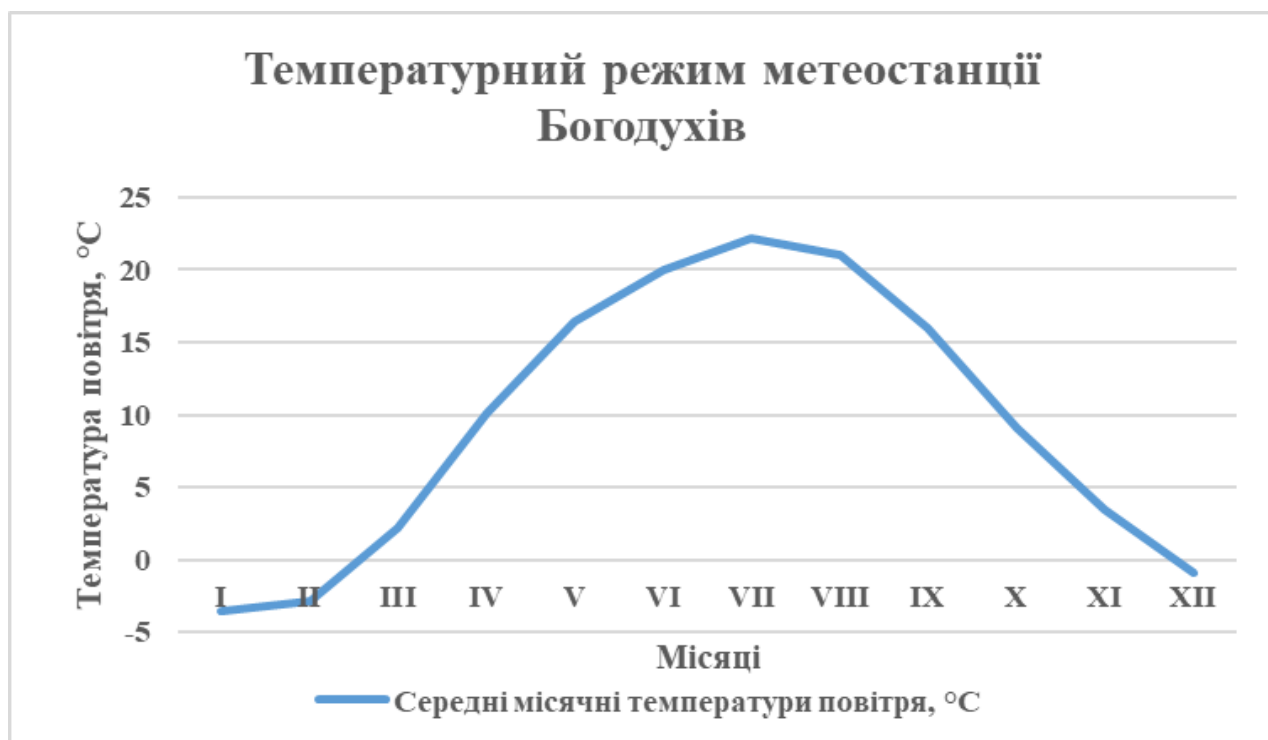


Рис. В.8. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Богодухів (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

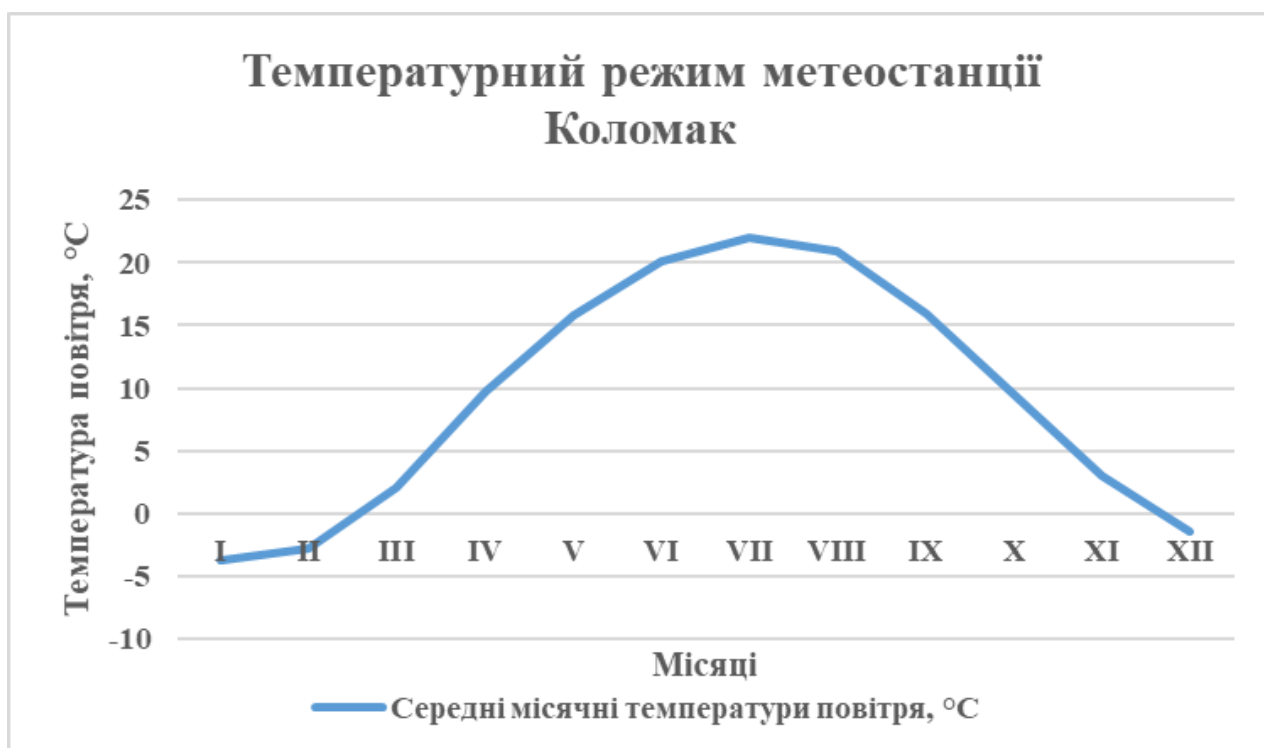


Рис. В.9. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Коломак (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

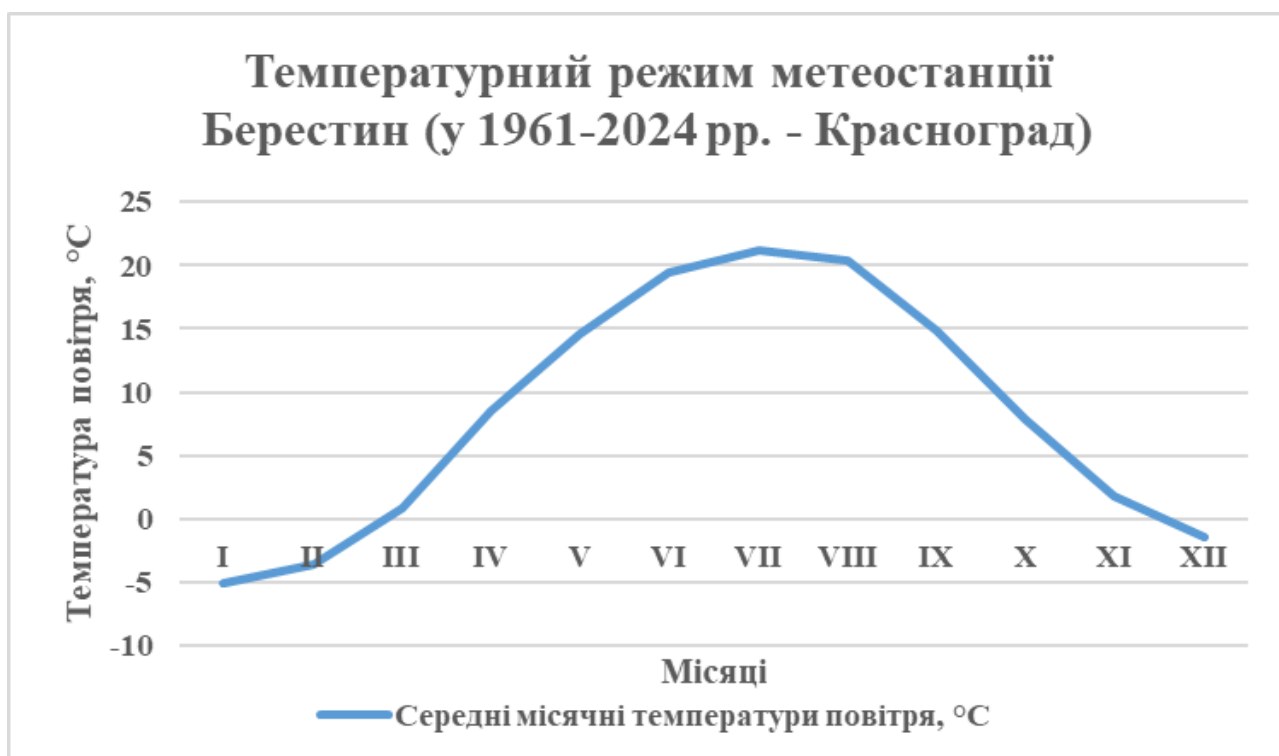


Рис. В.10. Внутрішньорічний хід температури повітря на метеостанції Берестин (у 1961-2024 рр. – Красноград) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Г. ГРАФІКИ ДЛЯ ДИНАМІЧНИХ КАРТ



Рис. Г.1. Динаміка середніх температур січня впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Г.2. Динаміка середніх температур липня впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Г.3. Динаміка середніх річних температур впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Г.4. Динаміка сум атмосферних опадів впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Г. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СІЧНЕВИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ



Рис. Г.1. Динаміка середніх січневих температур повітря в Золочеві впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Г.2. Динаміка середніх січневих температур повітря у Великому Бурлуці впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Г.3. Динаміка середніх січневих температур повітря в Харкові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

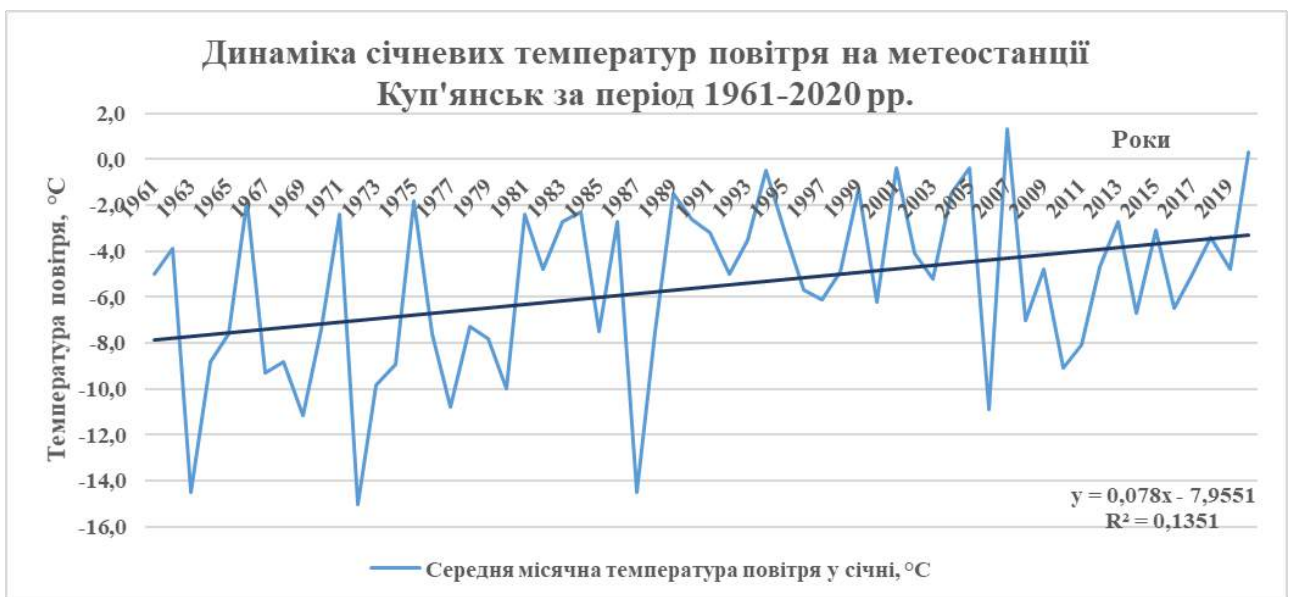


Рис. Г.4. Динаміка середніх січневих температур повітря в Куп'янську впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

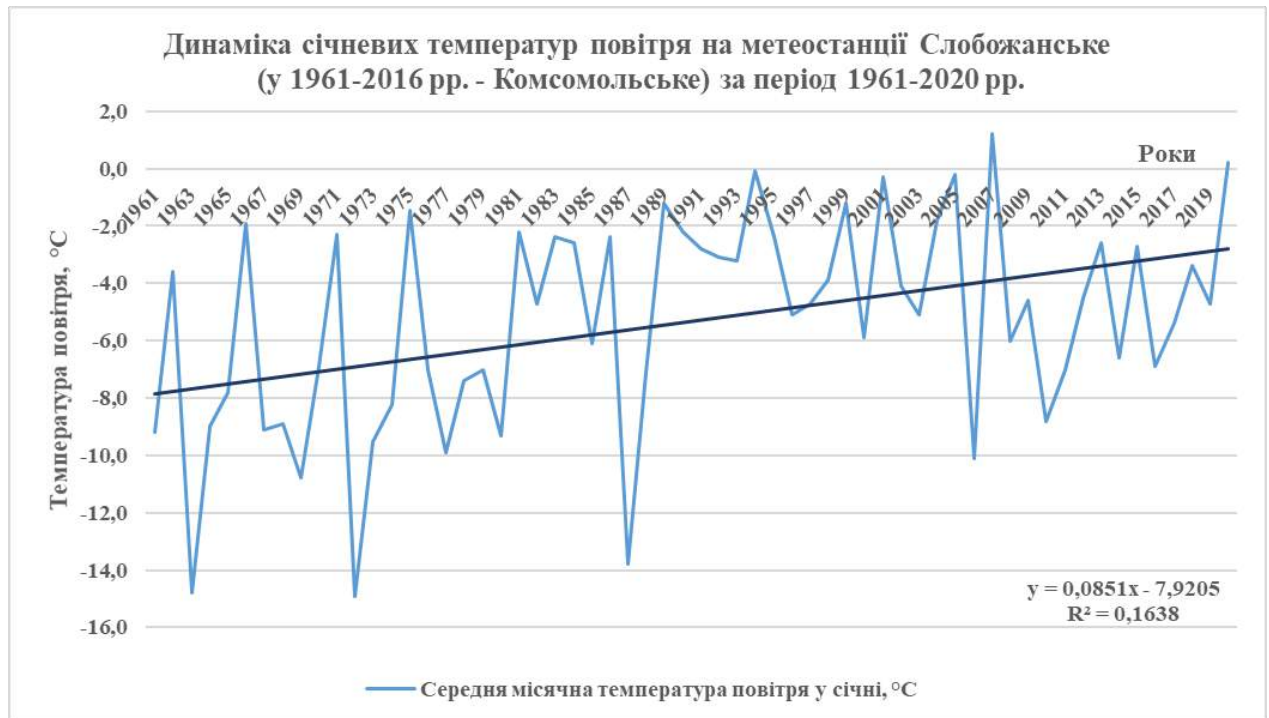


Рис. І.5. Динаміка середніх січневих температур повітря у Слобожанському впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

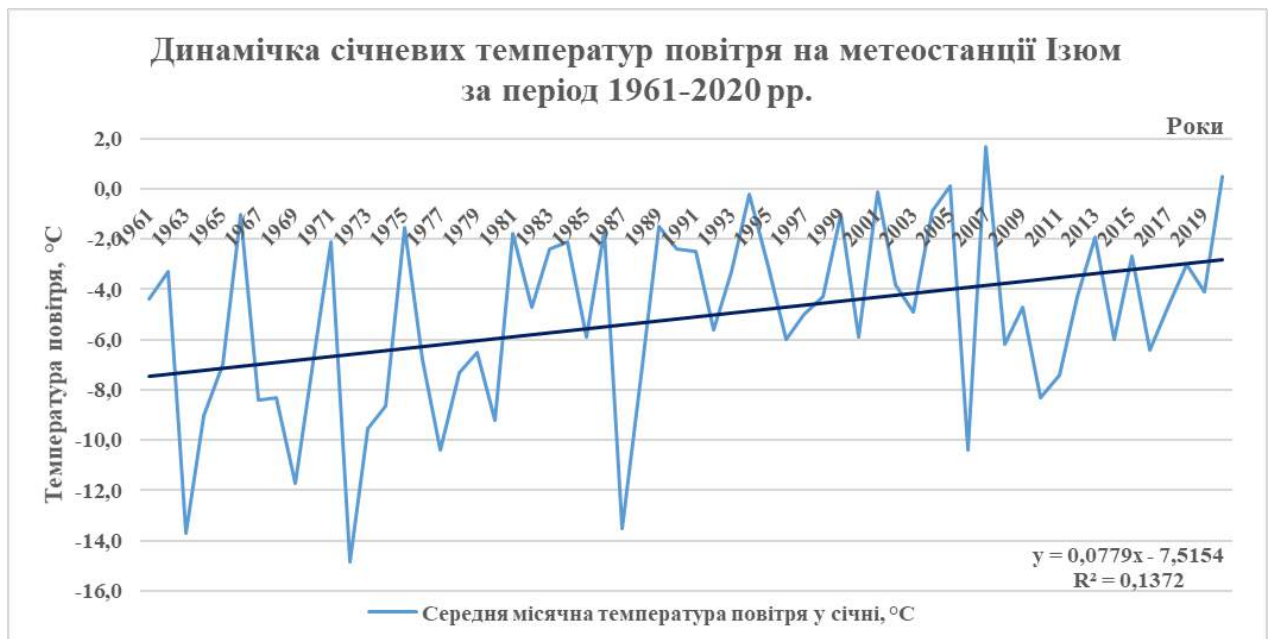


Рис. І.6. Динаміка середніх січневих температур повітря в Ізюмі впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.7. Динаміка середніх січневих температур повітря у Лозовій впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.8. Динаміка середніх січневих температур повітря у Богодухові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

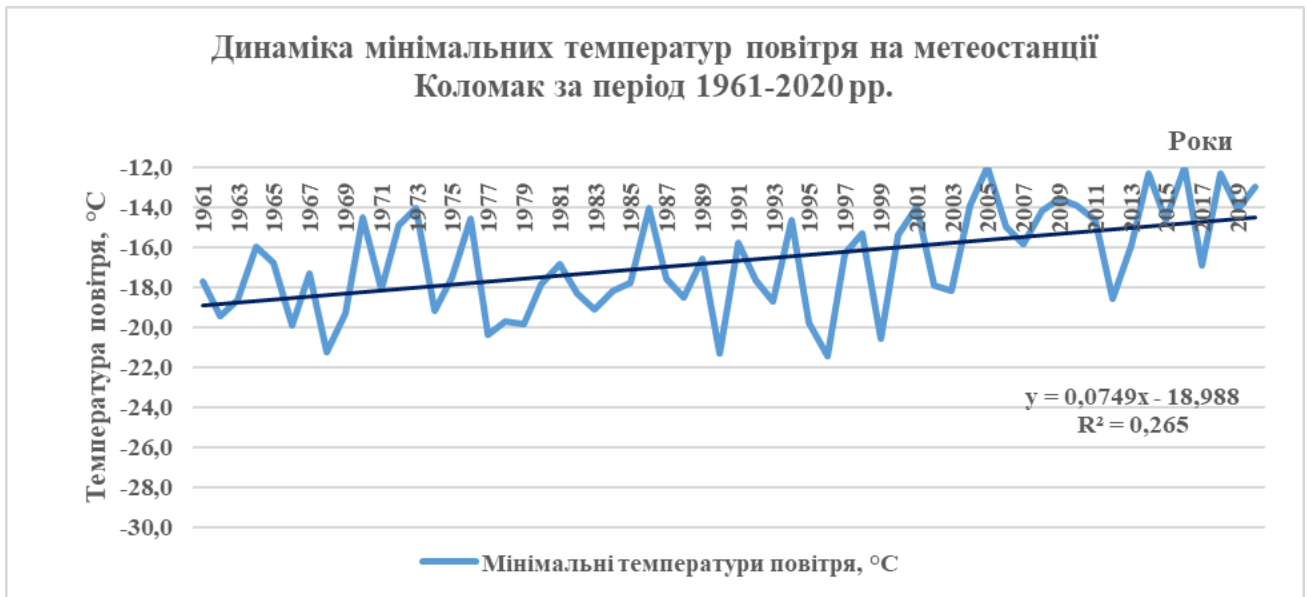


Рис. І.9. Динаміка середніх січневих температур повітря у Коломаку впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.10. Динаміка середніх січневих температур повітря у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Д. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ЛИПНЕВИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ



Рис. Д.1. Динаміка середніх липневих температур повітря у Золочеві впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.2. Динаміка середніх липневих температур повітря у Великому Бурлуці впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.3. Динаміка середніх липневих температур повітря у Харкові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.4. Динаміка середніх липневих температур повітря у Куп'янську впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.5. Динаміка середніх липневих температур повітря у Слобожанському впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.6. Динаміка середніх липневих температур повітря в Ізюмі впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.7. Динаміка середніх липневих температур повітря у Лозовій впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

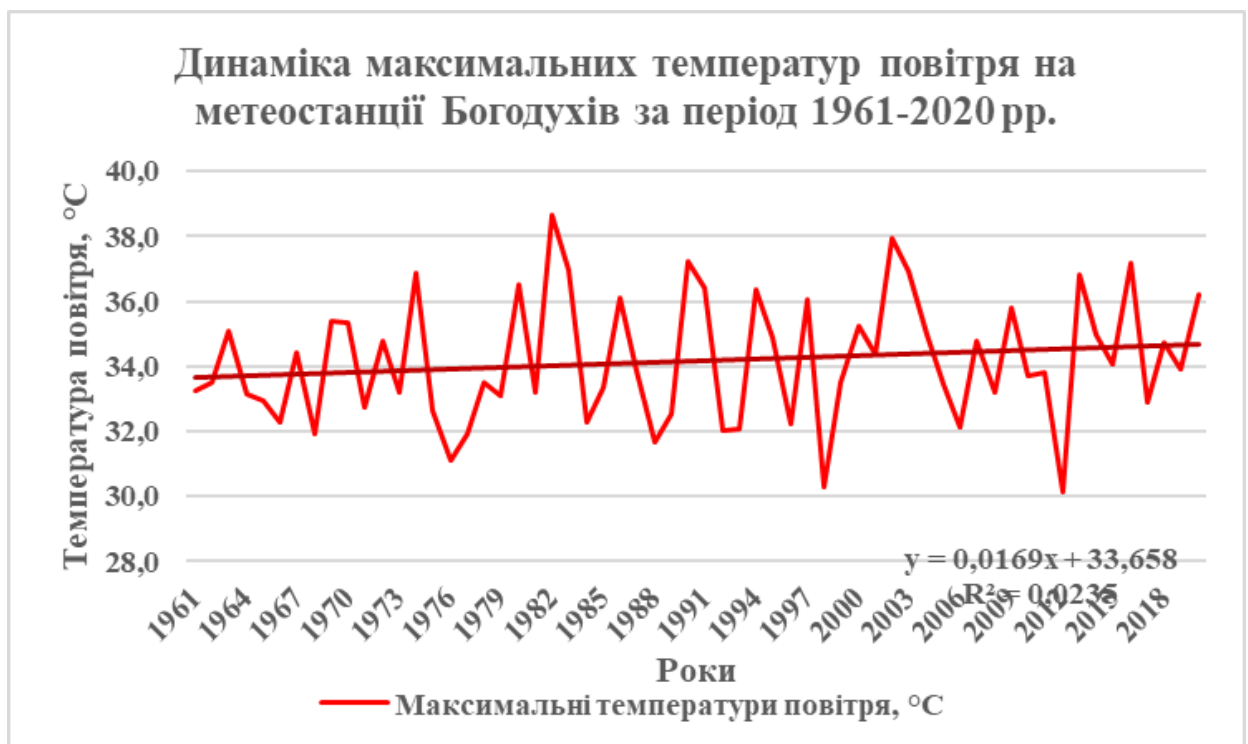


Рис. Д.8. Динаміка середніх липневих температур повітря у Богодухові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.9. Динаміка середніх липневих температур повітря у Коломаку впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Д.10. Динаміка середніх липневих температур повітря у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Е. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СЕЗОННИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ

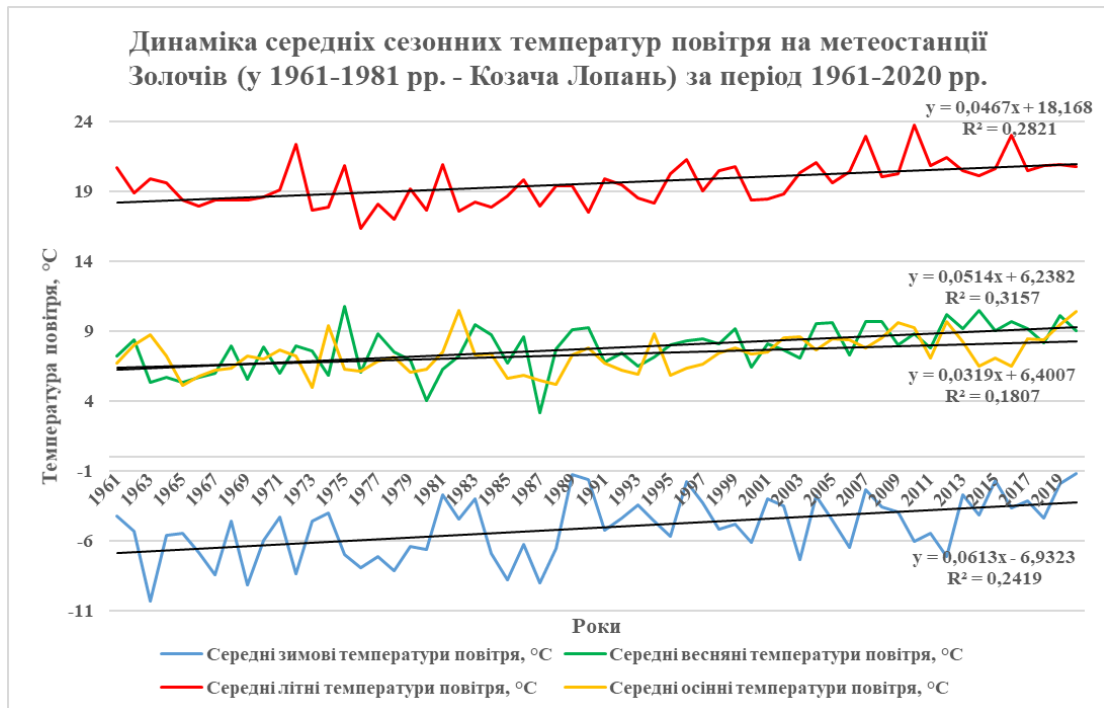


Рис. Е.1. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Золочеві впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

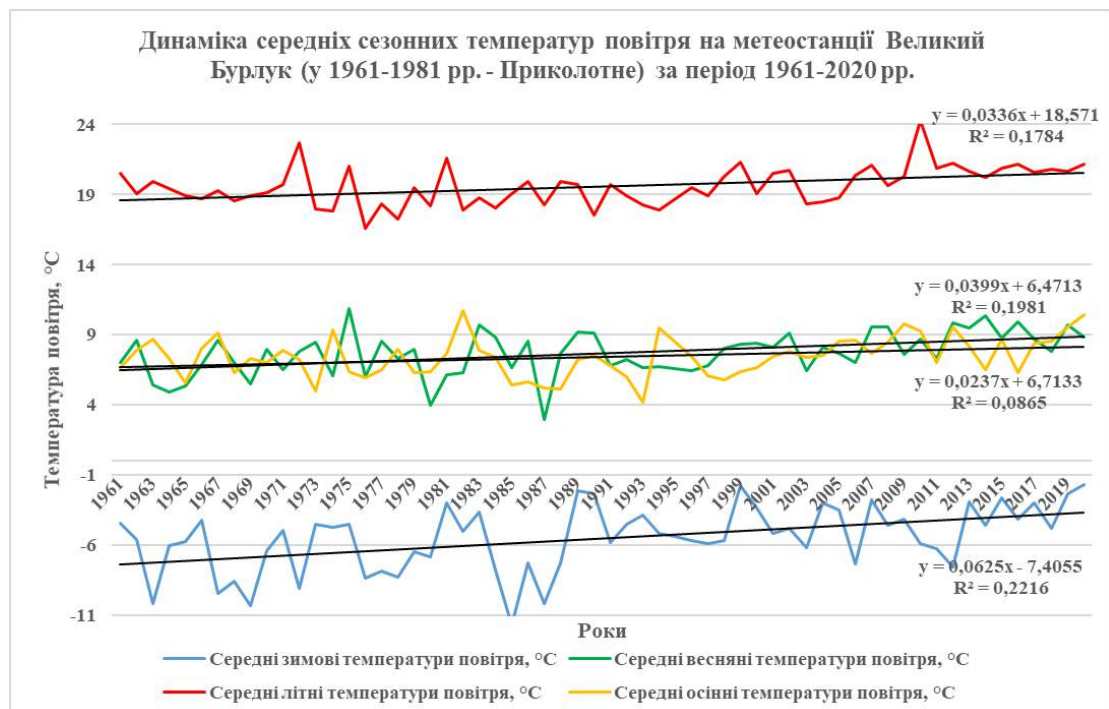


Рис. Е.2. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Великому Бурлуці впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

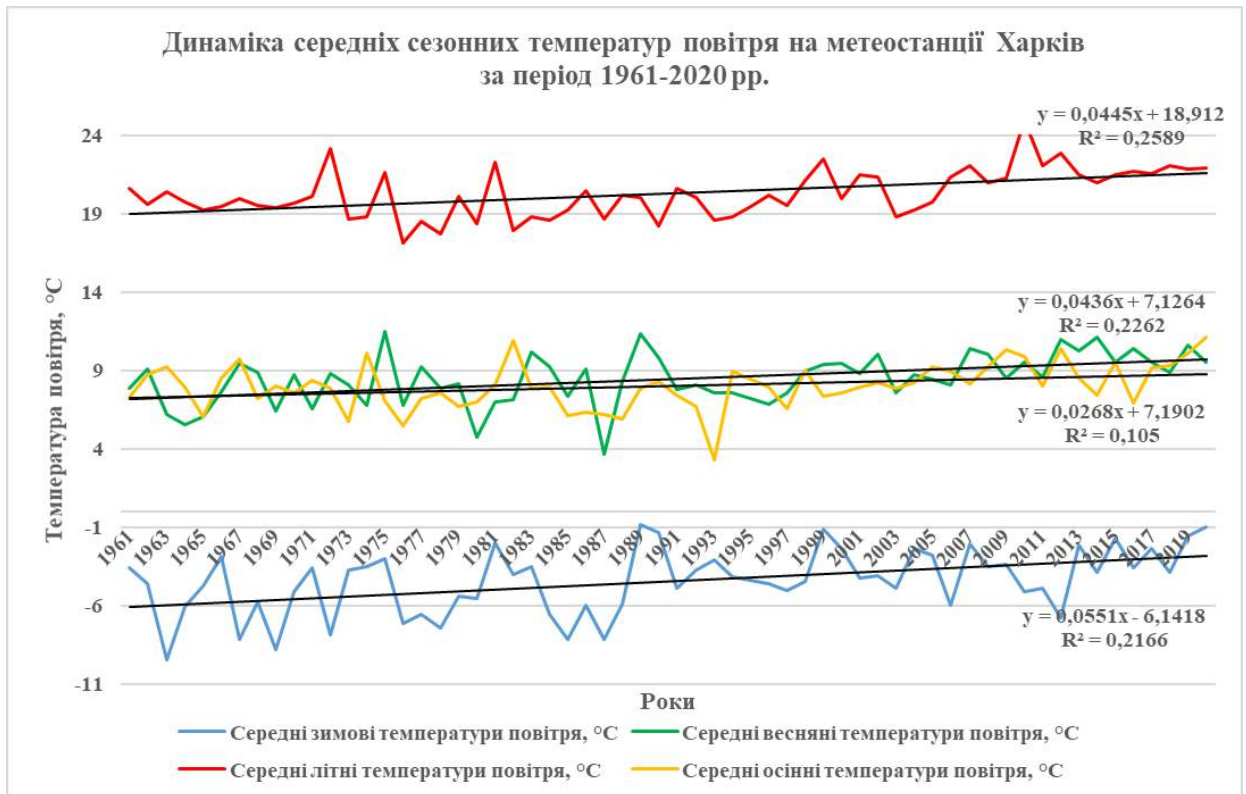


Рис. Е.3. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Харкові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

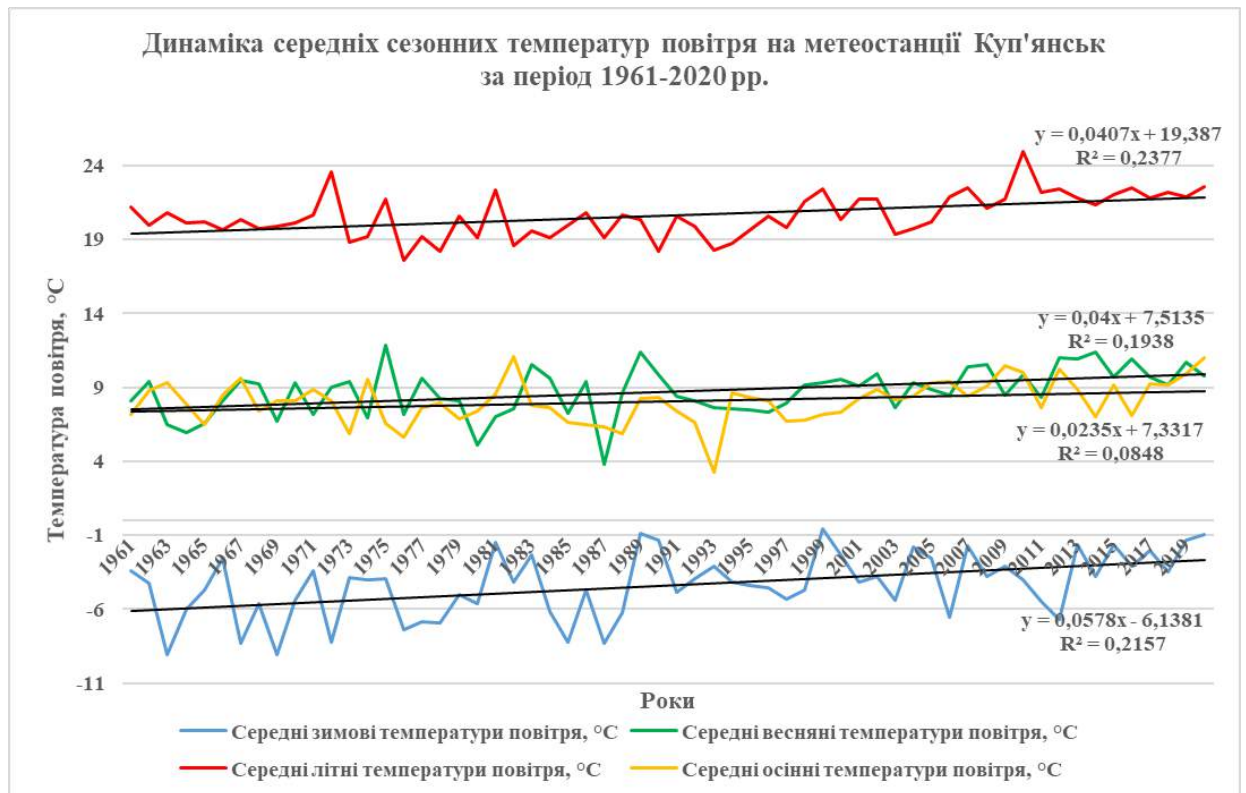


Рис. Е.4. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Куп'янську впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

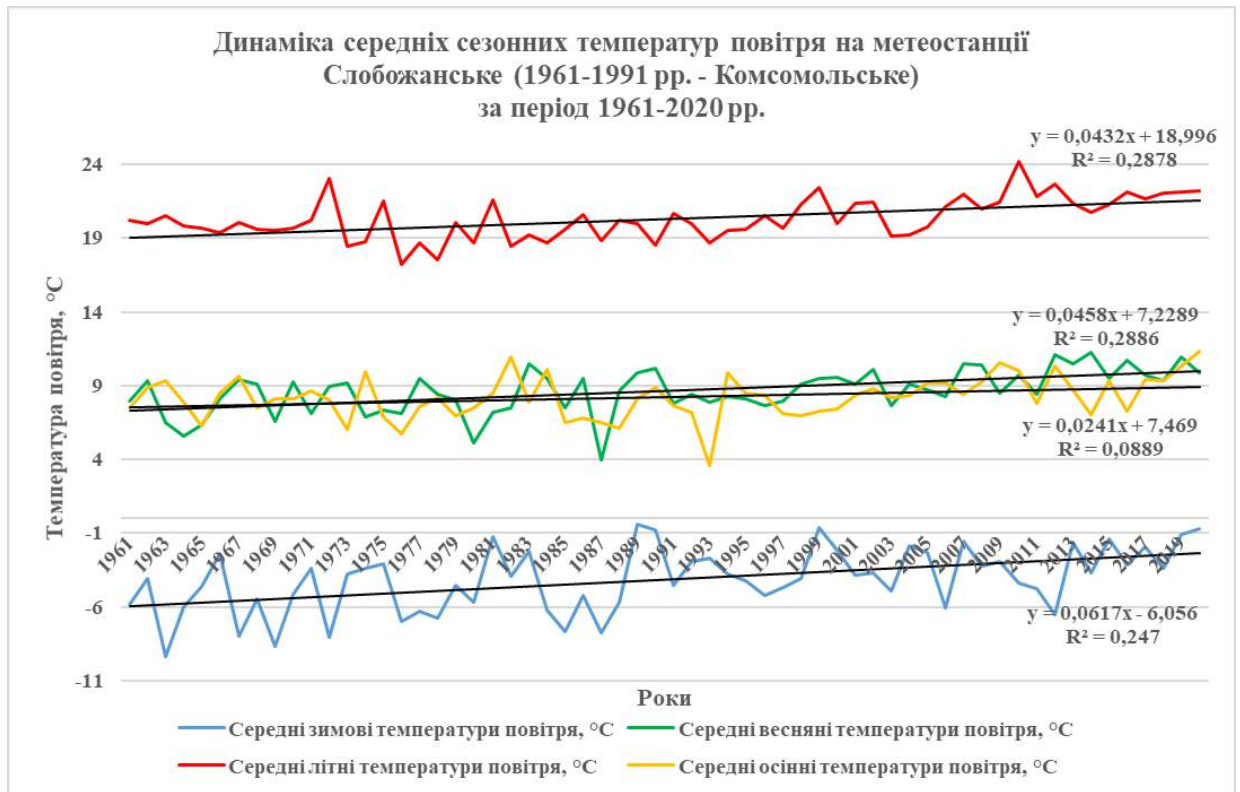


Рис. Е.5. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Слобожанському впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

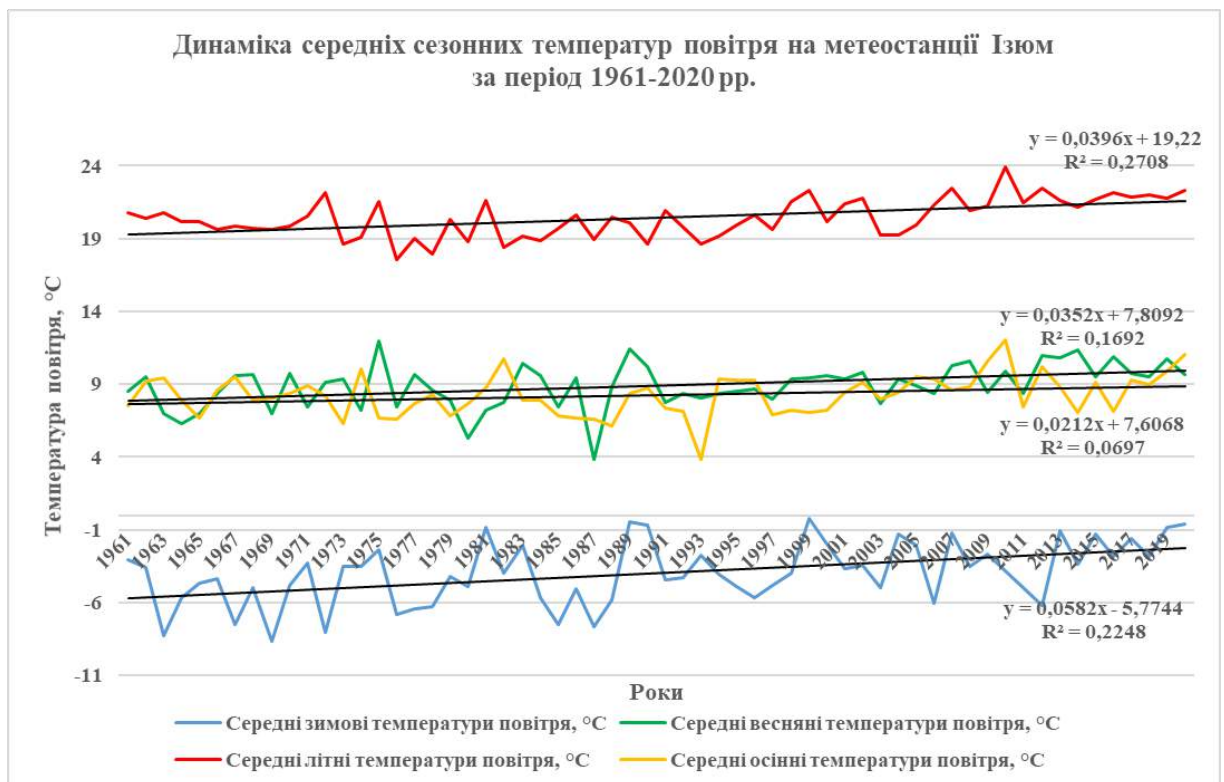


Рис. Е.6. Динаміка середніх сезонних температур повітря в Ізіумі впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

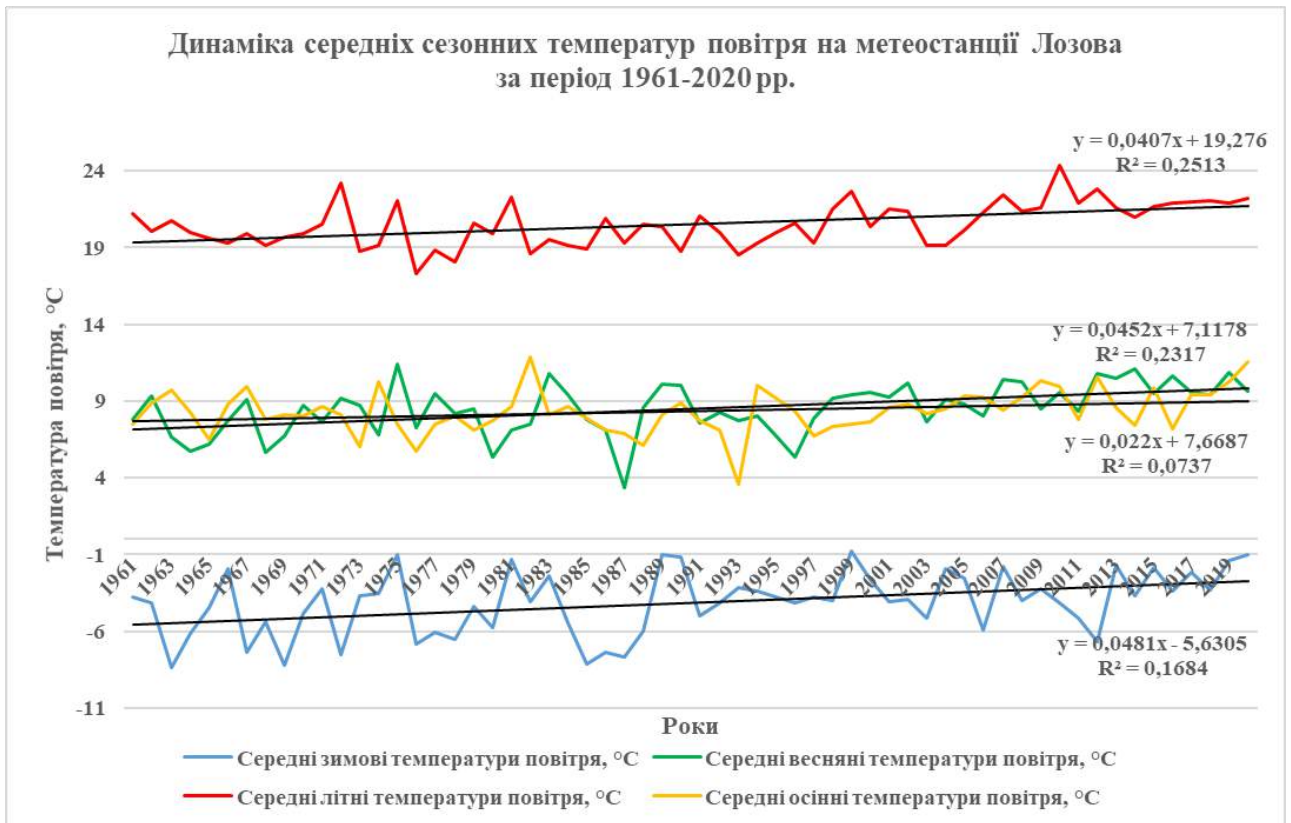


Рис. Е.7. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Лозовій впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

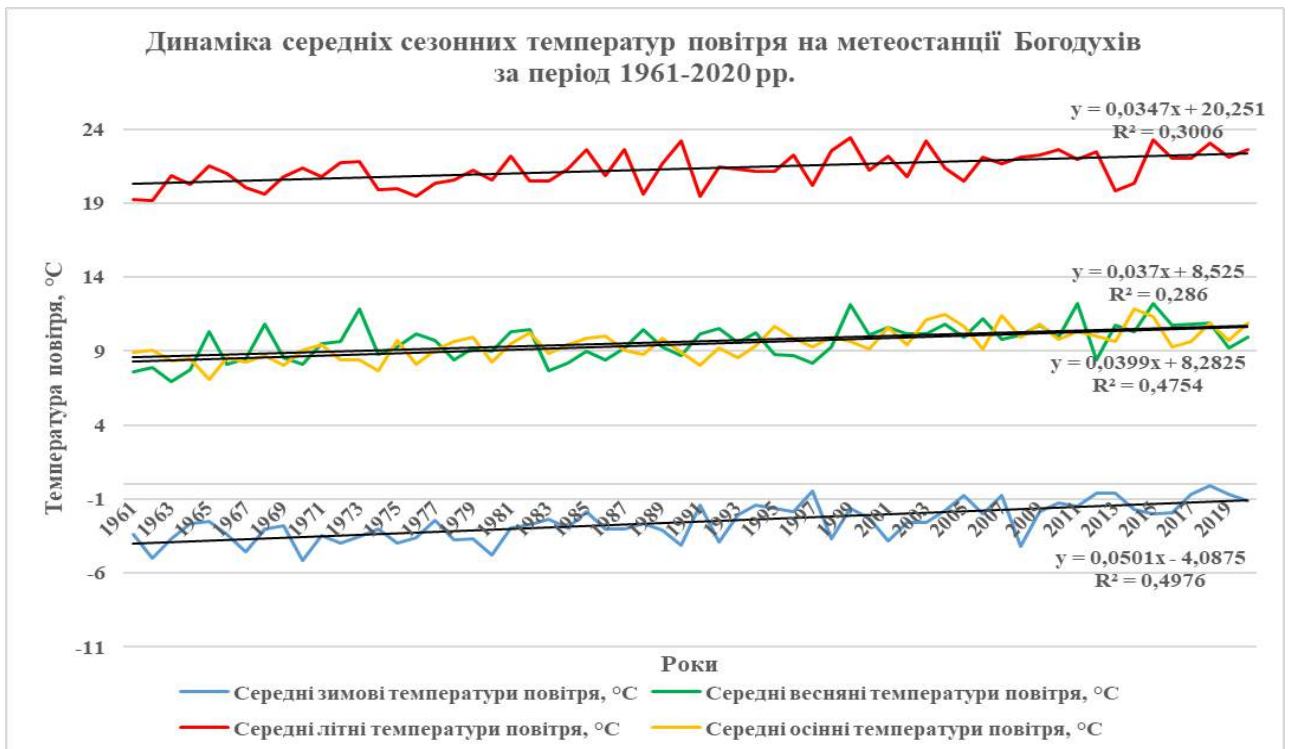


Рис. Е.8. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Богодухові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

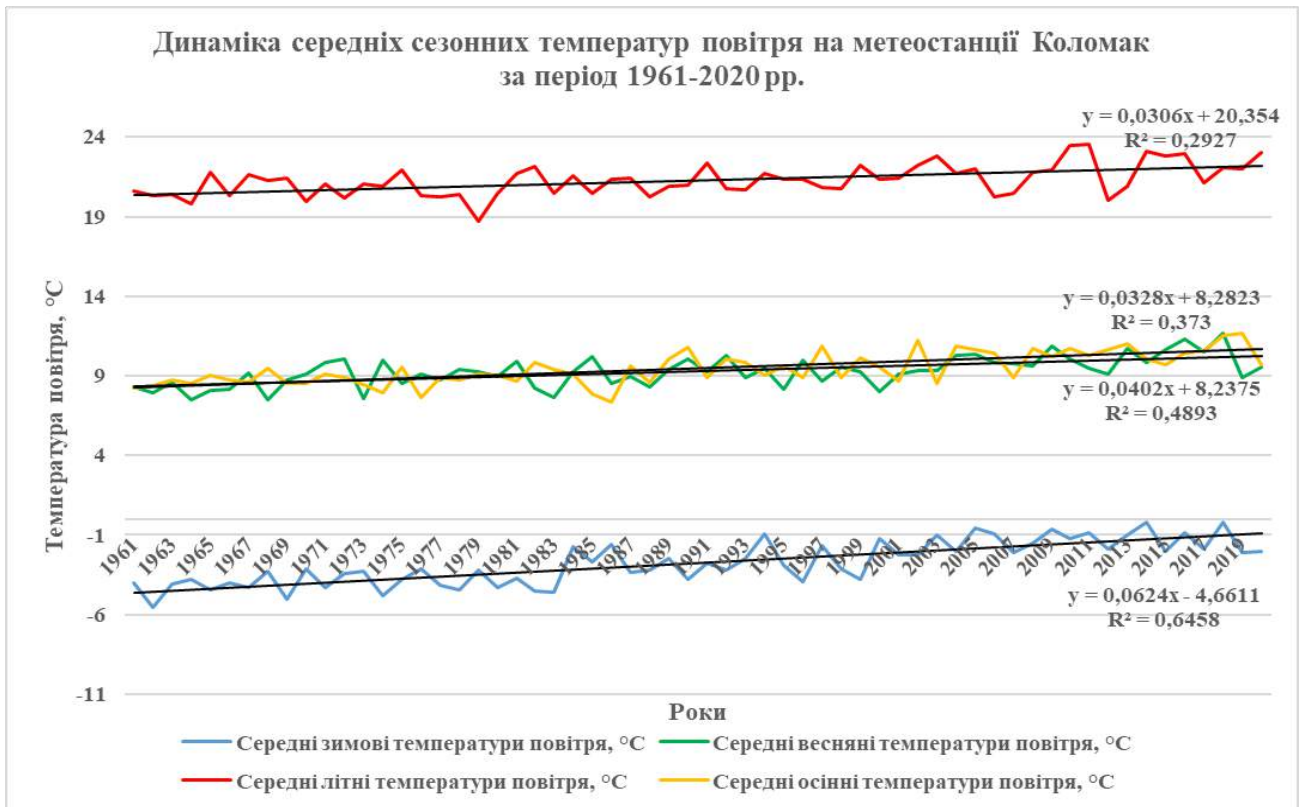


Рис. Е.9. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Коломаку впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

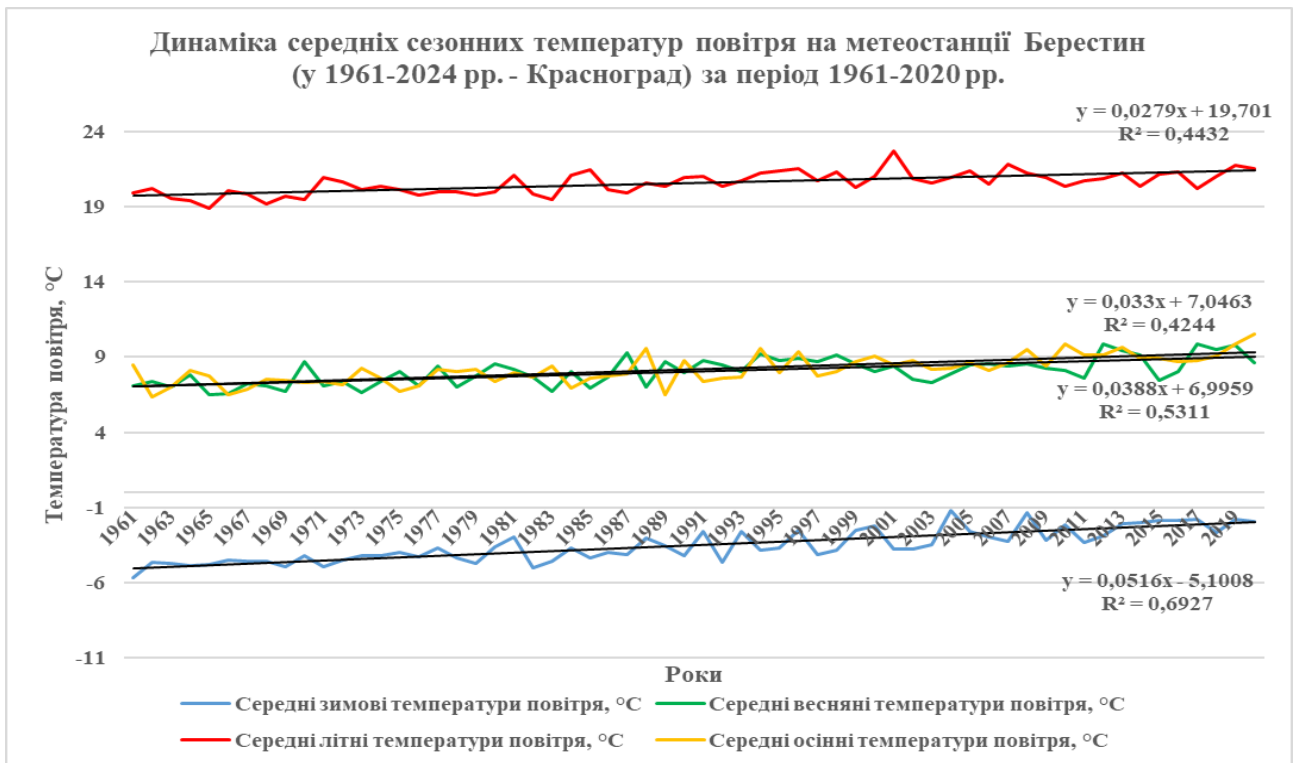


Рис. Е.10. Динаміка середніх сезонних температур повітря у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Є. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СЕРЕДНІХ РІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ

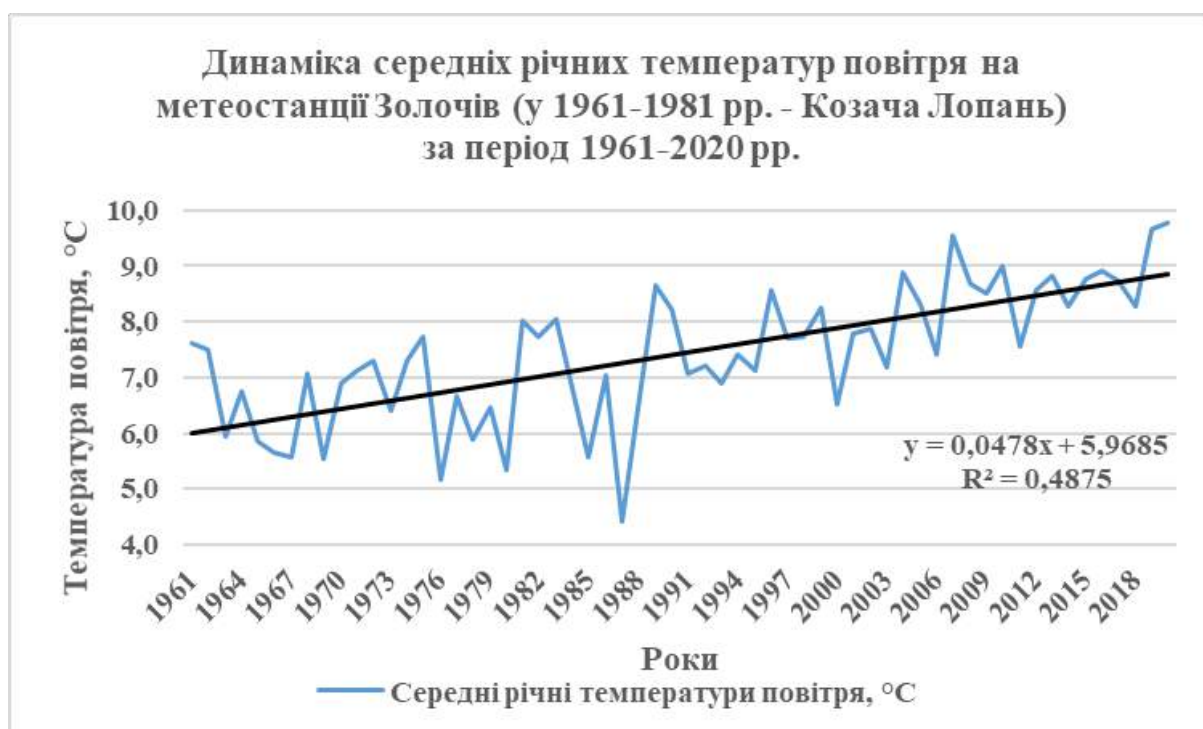


Рис. Є.1. Динаміка середніх річних температур повітря у Золочеві впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Є.2. Динаміка середніх річних температур повітря у Великому Бурлуці впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

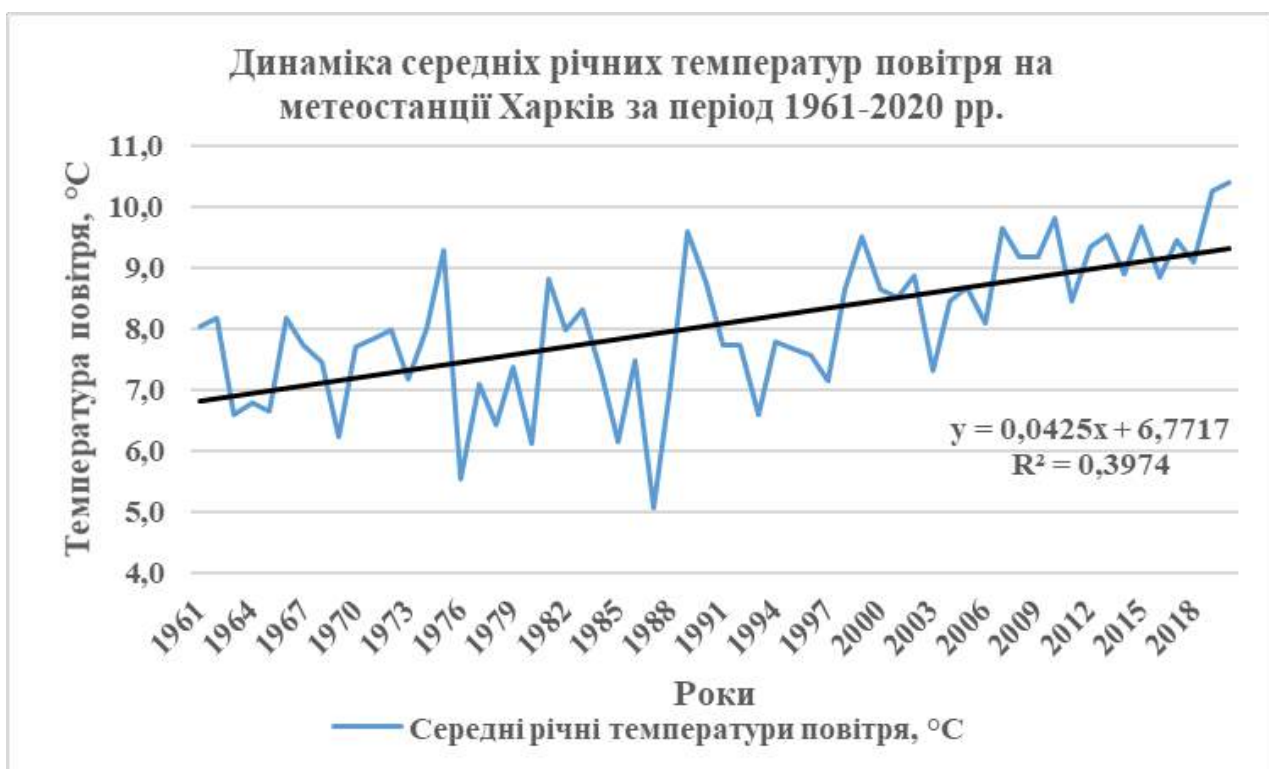


Рис. Є.3. Динаміка середніх річних температур повітря у Харкові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

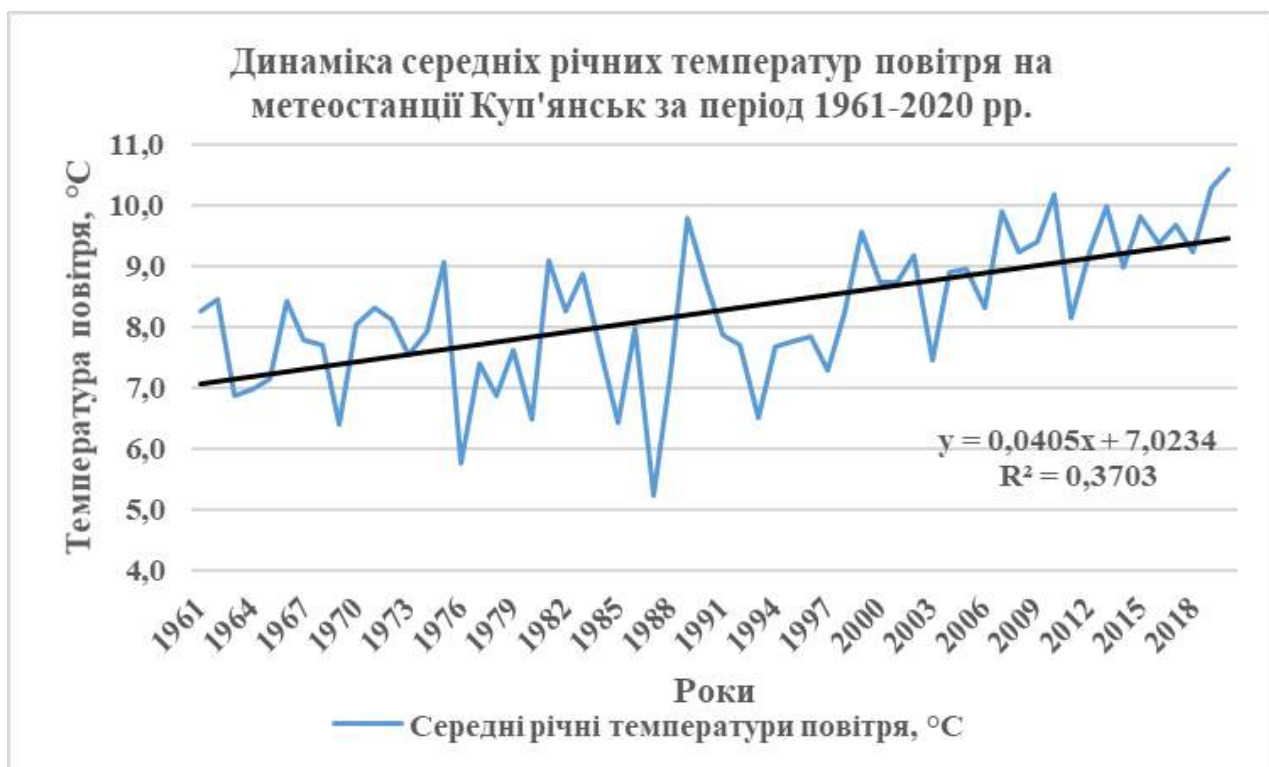


Рис. Є.4. Динаміка середніх річних температур повітря у Куп'янську впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

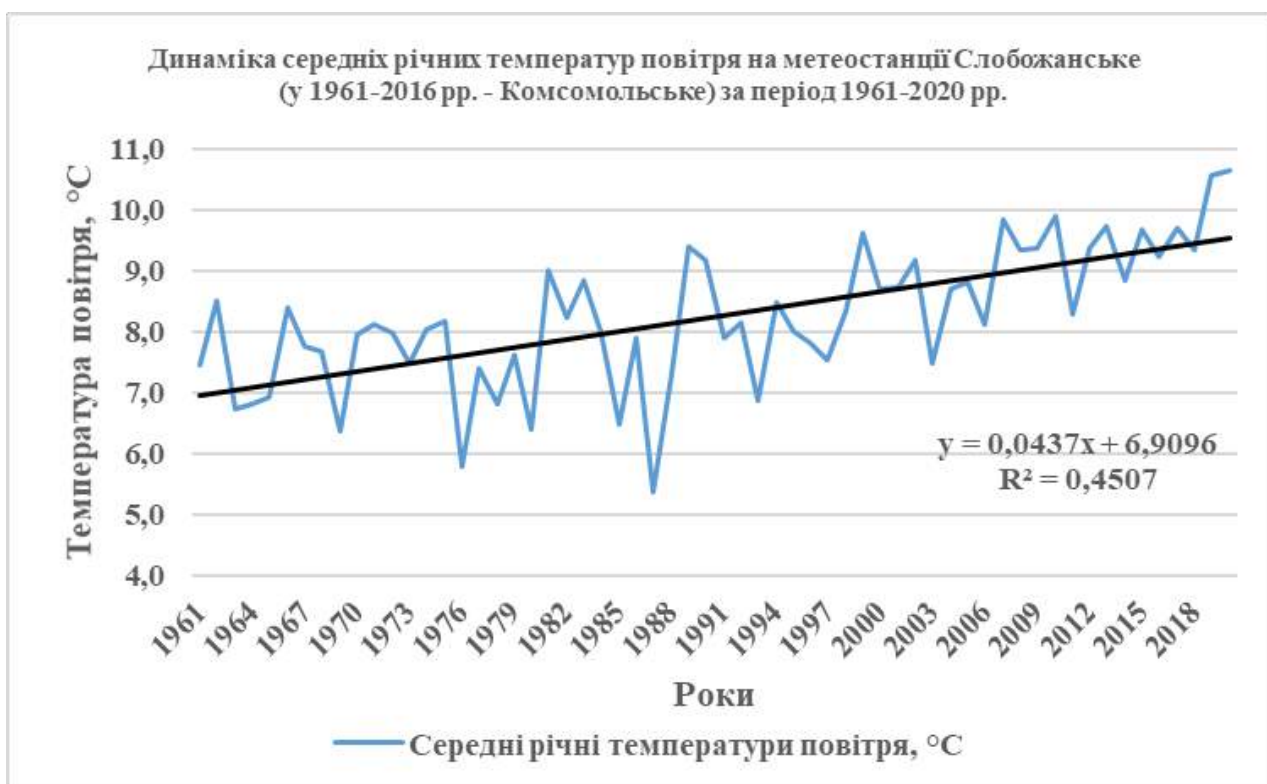


Рис. Є.5. Динаміка середніх річних температур повітря у Слобожанському впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

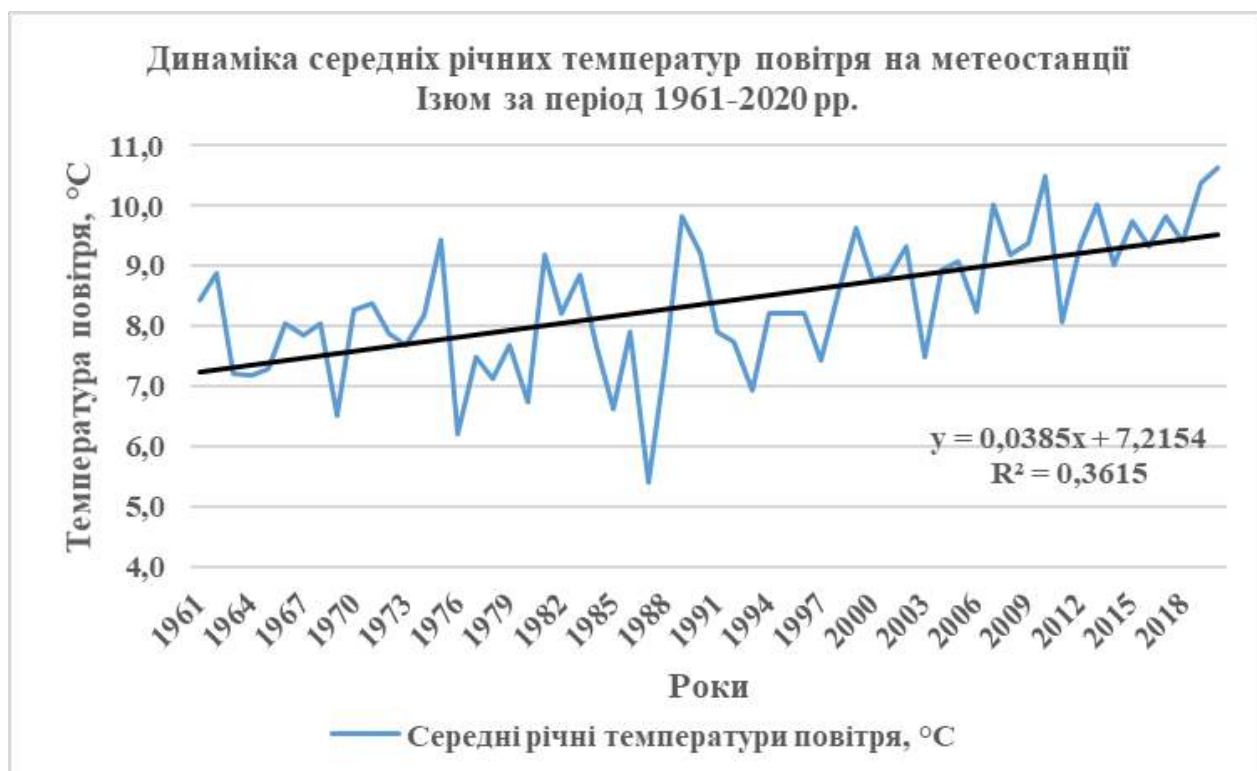


Рис. Є.6. Динаміка середніх річних температур повітря в Ізюмі впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

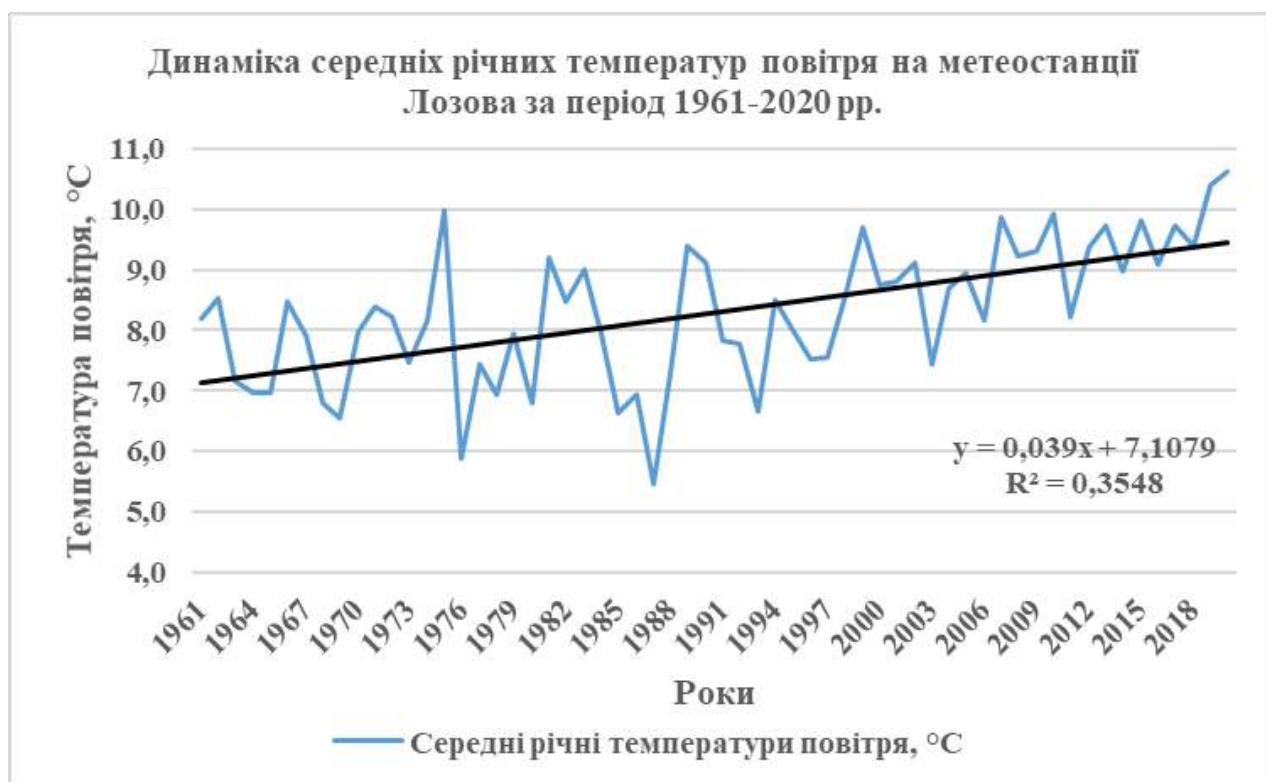


Рис. Є.7. Динаміка середніх річних температур повітря у Лозовій впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

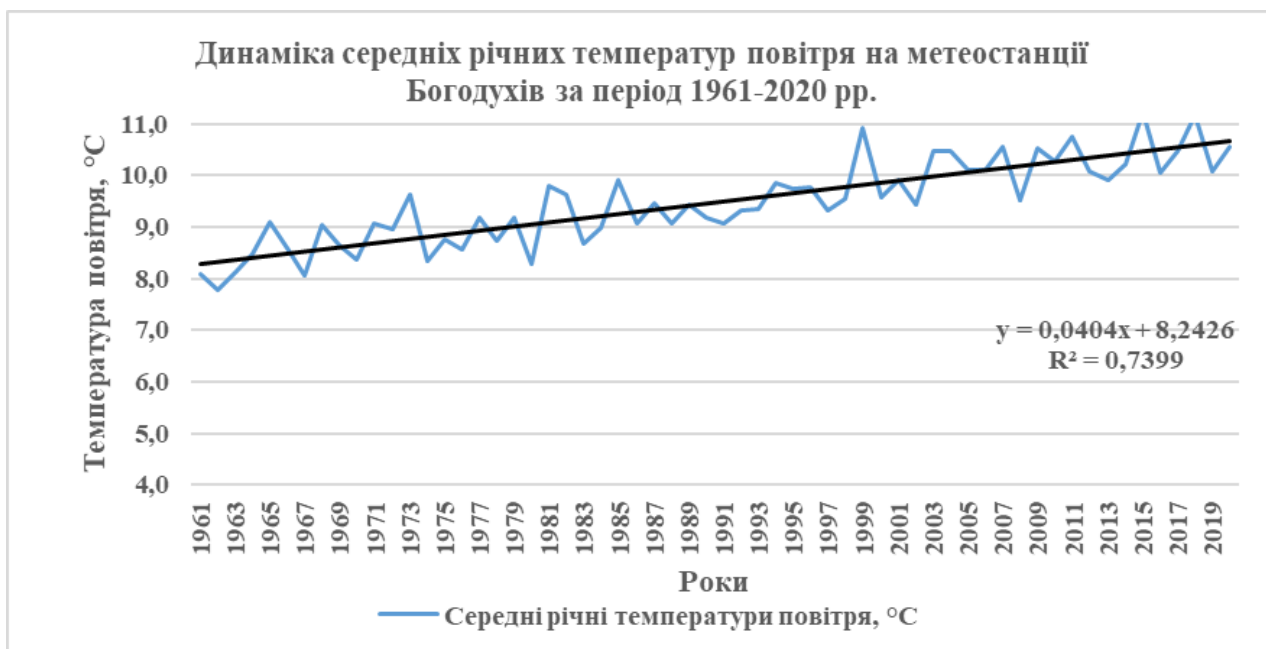


Рис. Є.8. Динаміка середніх річних температур повітря у Богодухові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

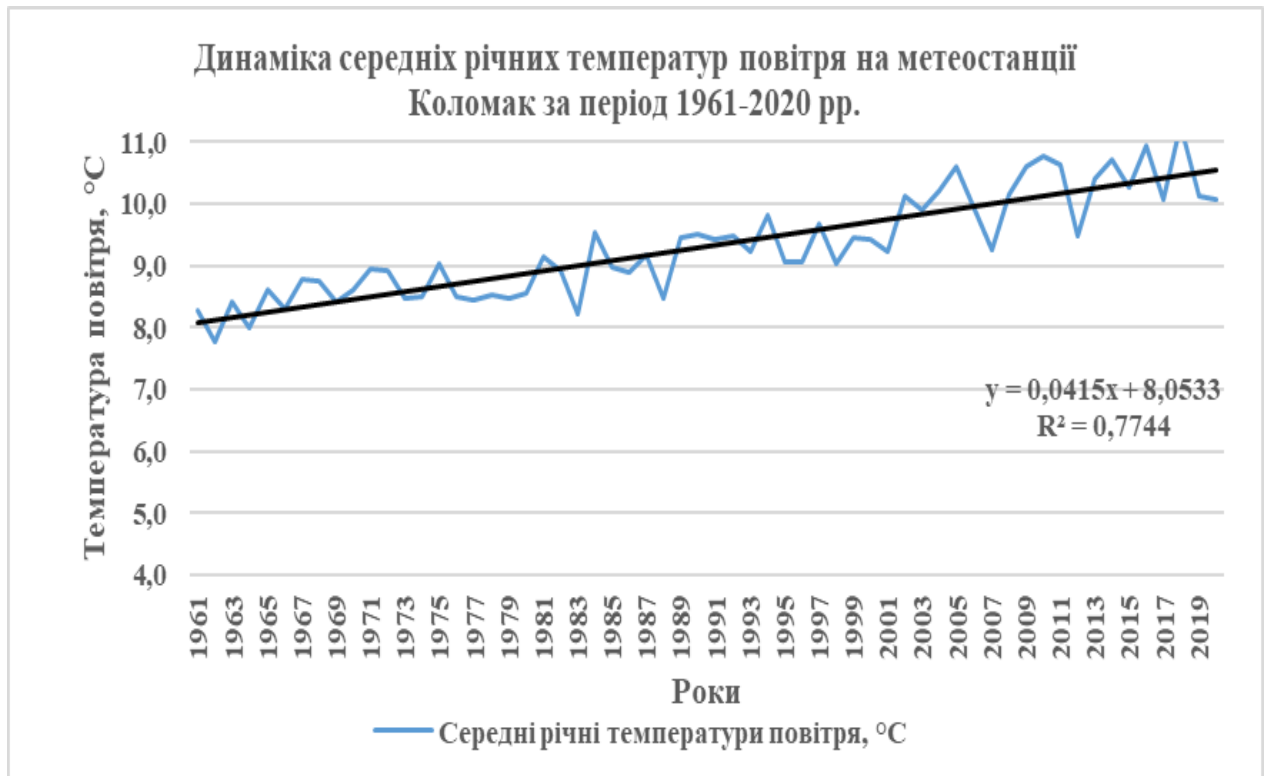


Рис. Є.9. Динаміка середніх річних температур повітря у Коломаку впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

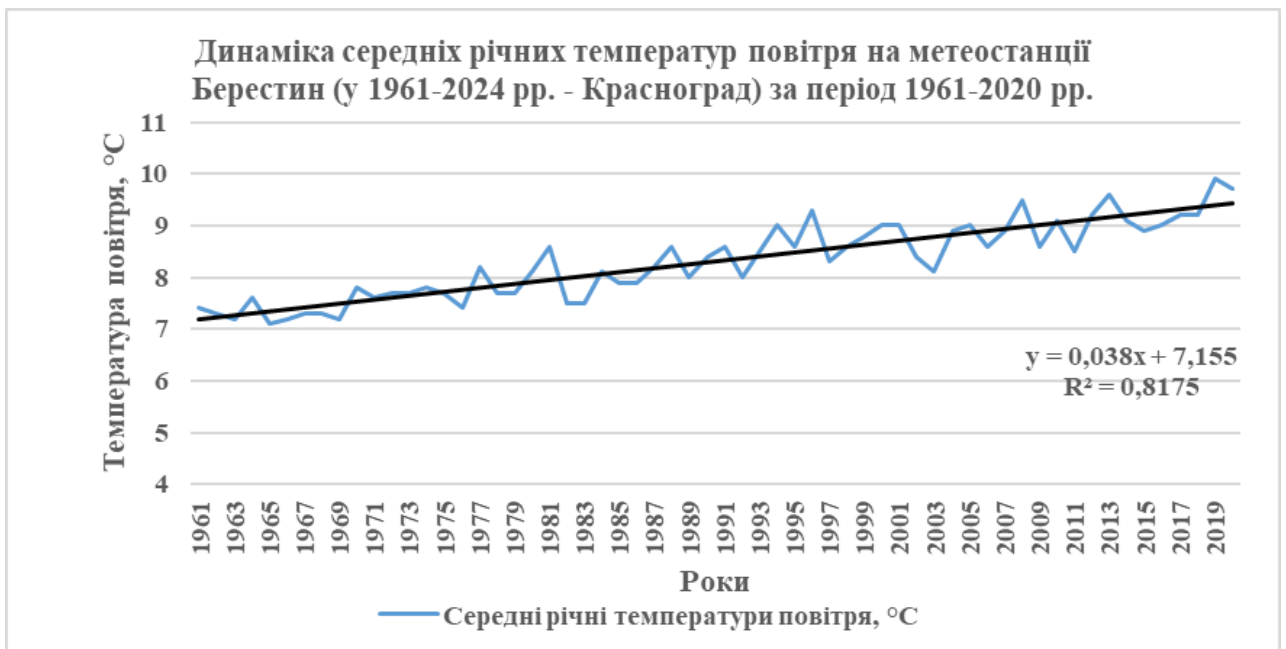


Рис. Є.10. Динаміка середніх річних температур повітря у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Ж. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА МАКСИМАЛЬНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ



Рис. Ж.1. Динаміка максимальних температур повітря у Золочеві впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

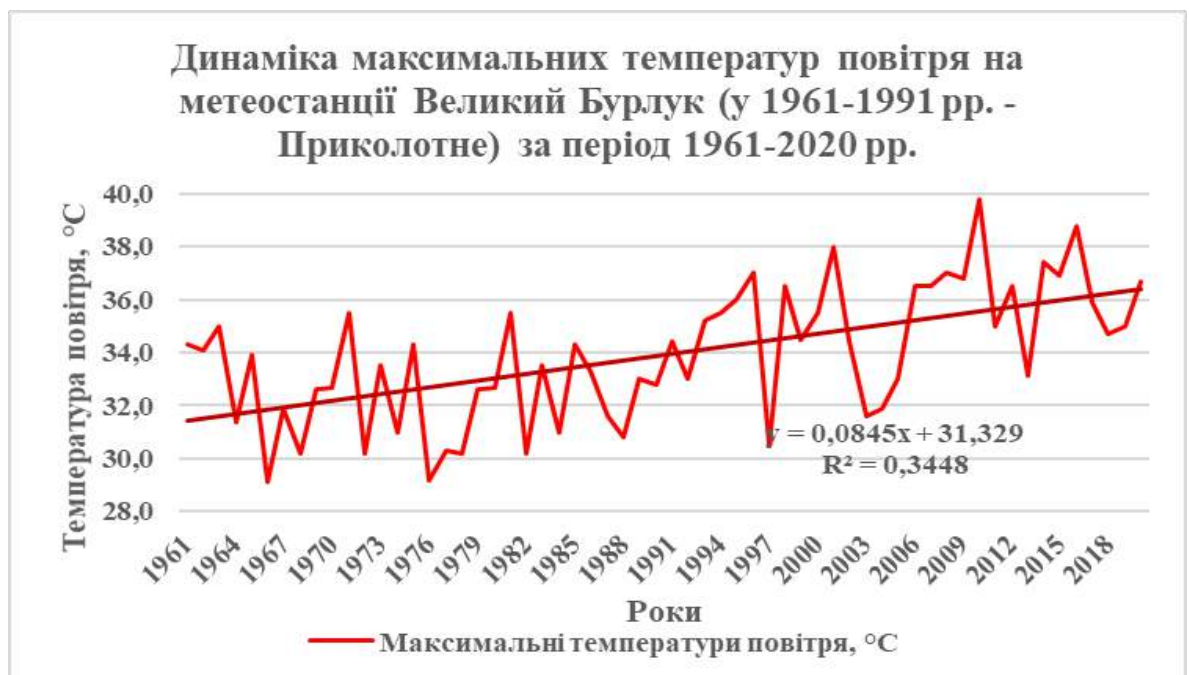


Рис. Ж.2. Динаміка максимальних температур повітря у Великому Бурлуці впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Ж.3. Динаміка максимальних температур повітря у Харкові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Ж.4. Динаміка максимальних температур повітря у Куп'янську впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Ж.5. Динаміка максимальних температур повітря у Слобожанському впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Ж.6. Динаміка максимальних температур повітря в Ізюмі впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. Ж.7. Динаміка максимальних температур повітря у Лозовій впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

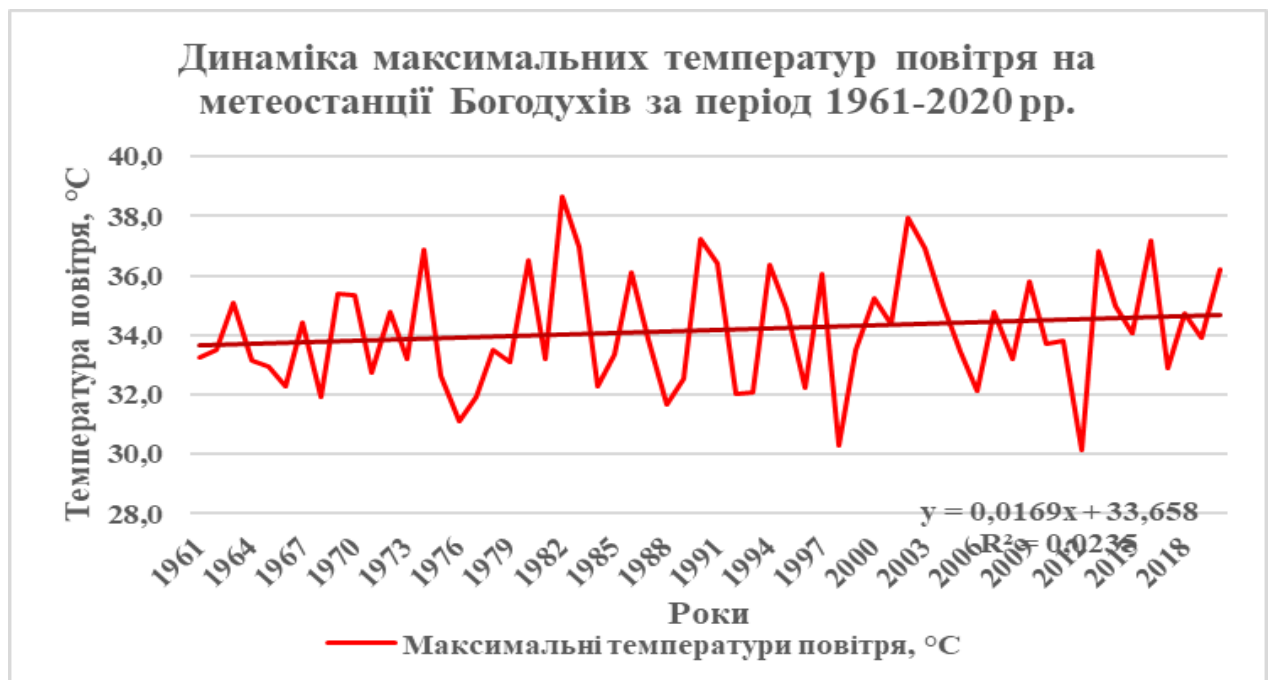


Рис. Ж.8. Динаміка максимальних температур повітря у Богодухові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

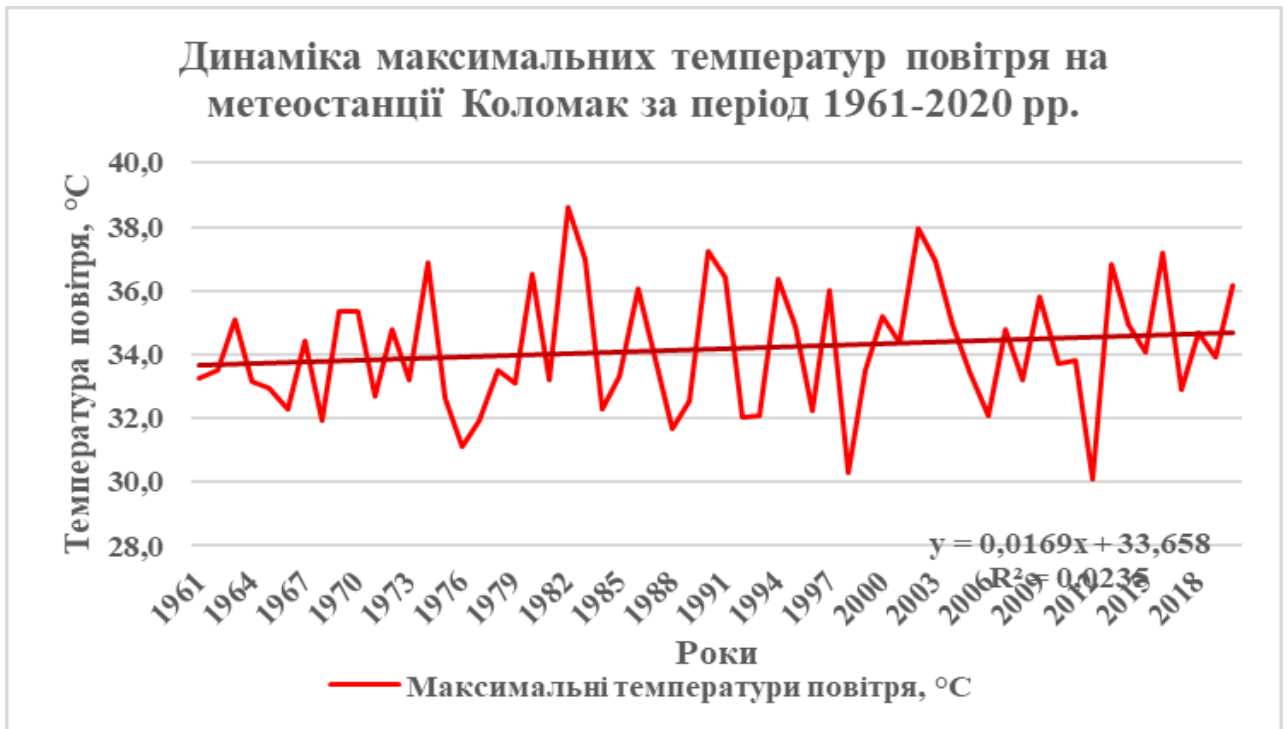


Рис. Ж.9. Динаміка максимальних температур повітря у Коломаку впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

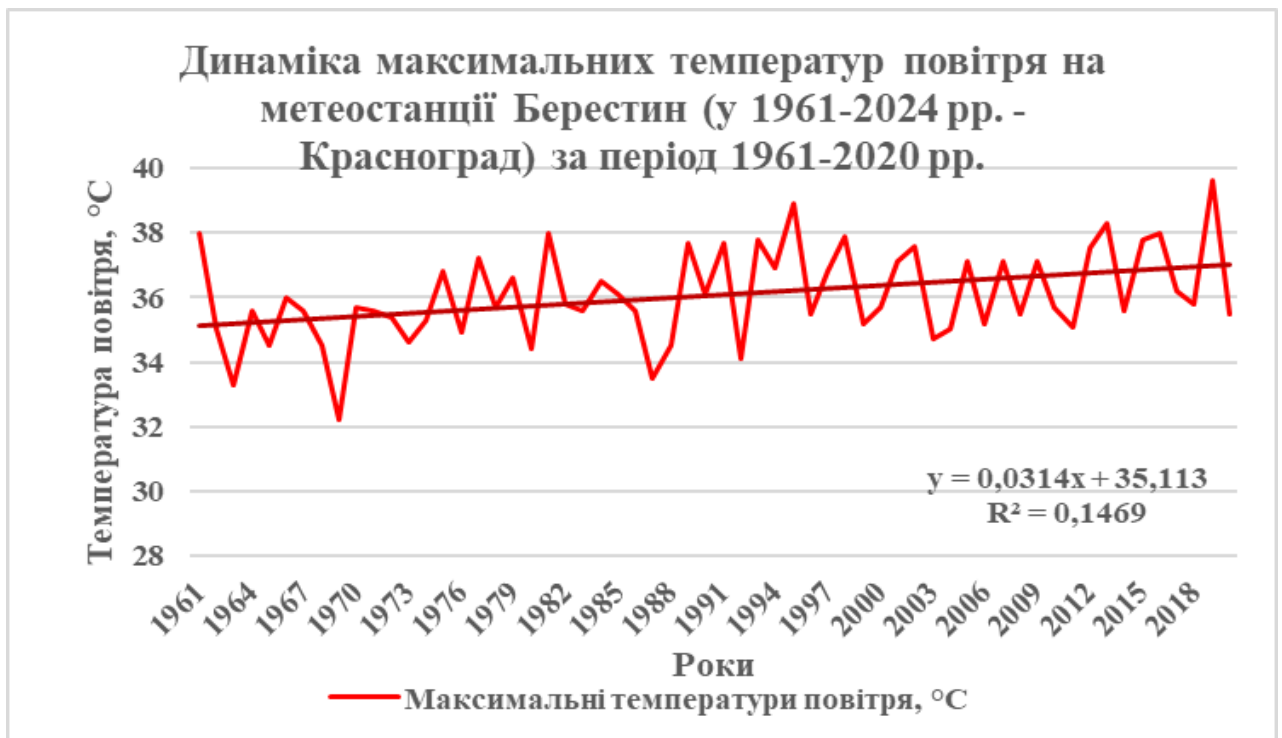


Рис. Ж.10. Динаміка максимальних температур повітря у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК 3. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА МІНІМАЛЬНИХ ТЕМПЕРАТУР ПОВІТРЯ



Рис. 3.1. Динаміка мінімальних температур повітря у Золочеві впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. 3.2. Динаміка мінімальних температур повітря у Великому Бурлуці впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

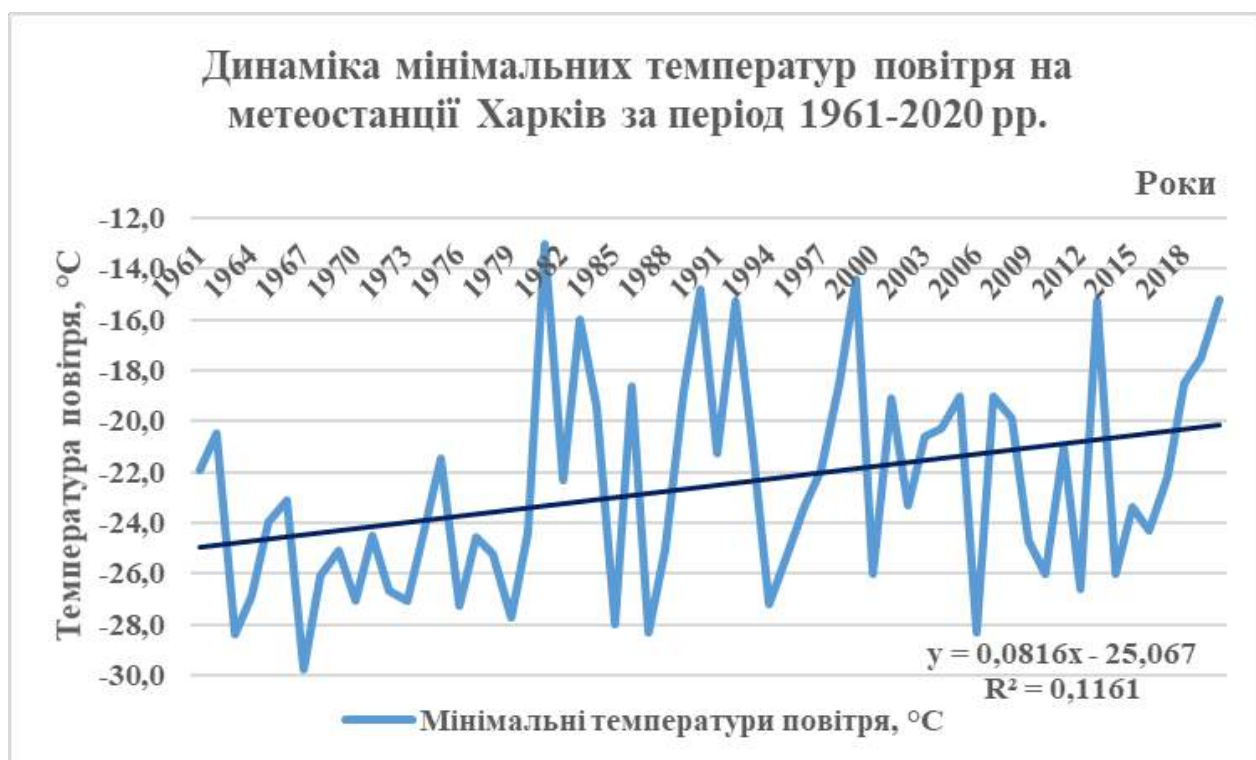


Рис. 3.3. Динаміка мінімальних температур повітря у Харкові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. 3.4. Динаміка мінімальних температур повітря у Куп'янську впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. 3.5. Динаміка мінімальних температур повітря у Слобожанському впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

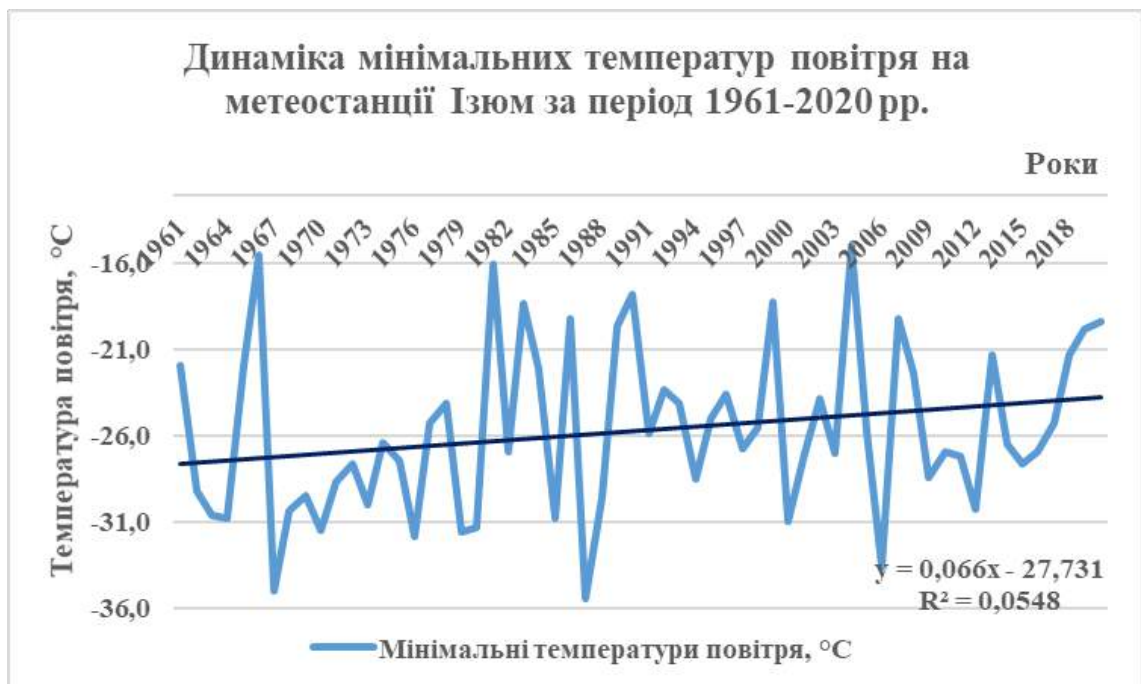


Рис. 3.6. Динаміка мінімальних температур повітря в Ізюмі впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

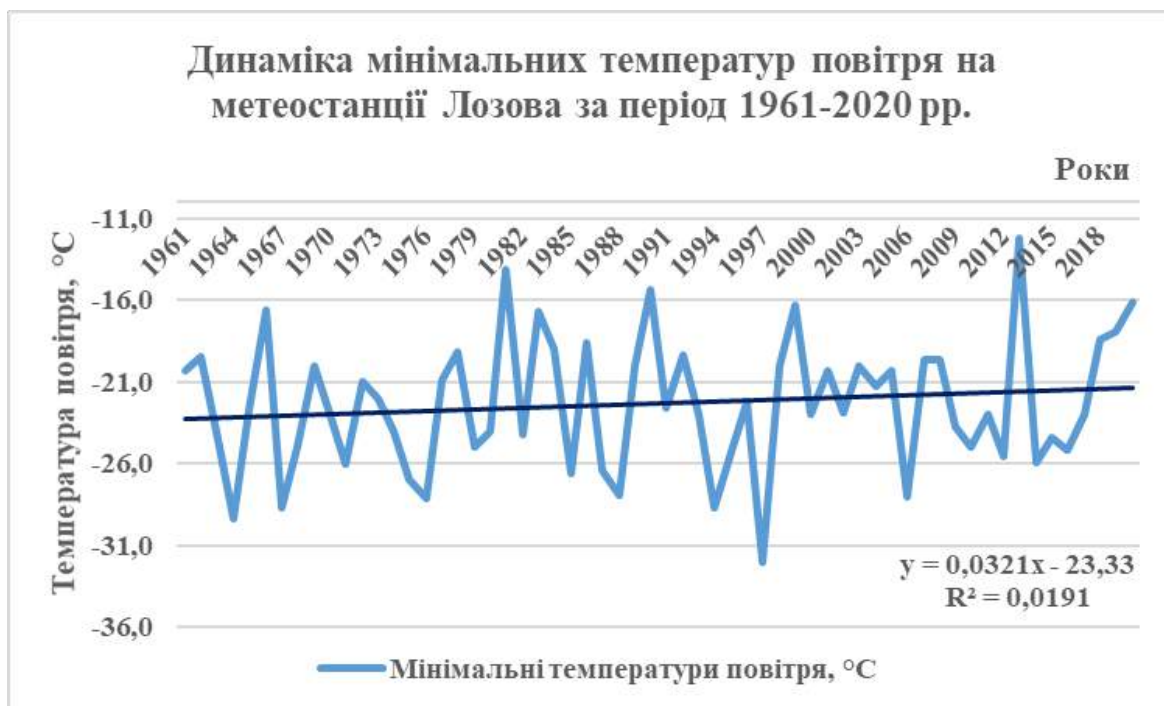


Рис. 3.7. Динаміка мінімальних температур повітря у Лозовій впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

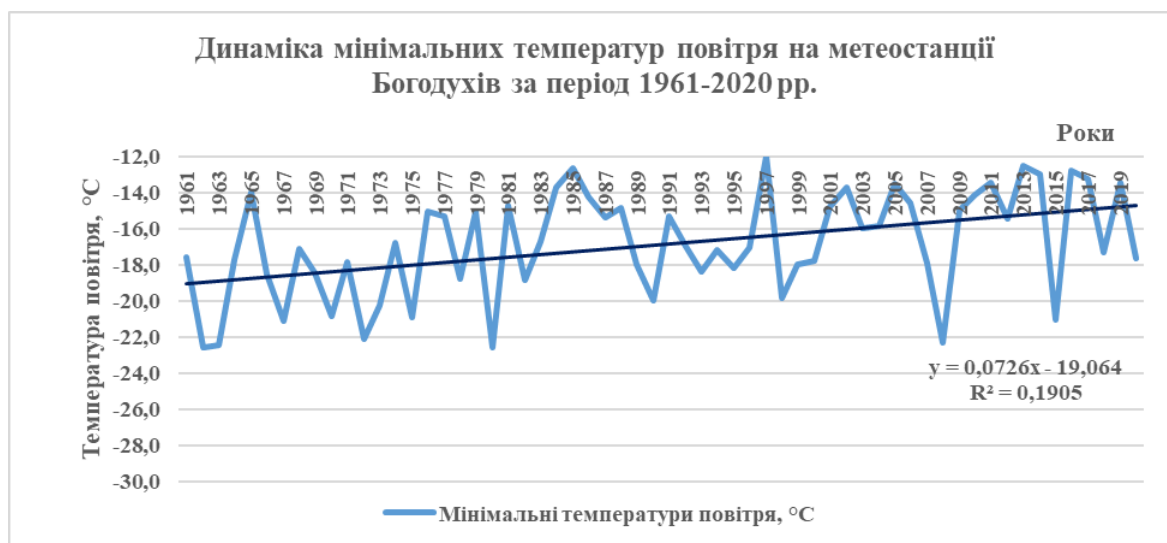


Рис. 3.8. Динаміка мінімальних температур повітря у Богодухові впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. 3.9. Динаміка мінімальних температур повітря у Коломаку впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

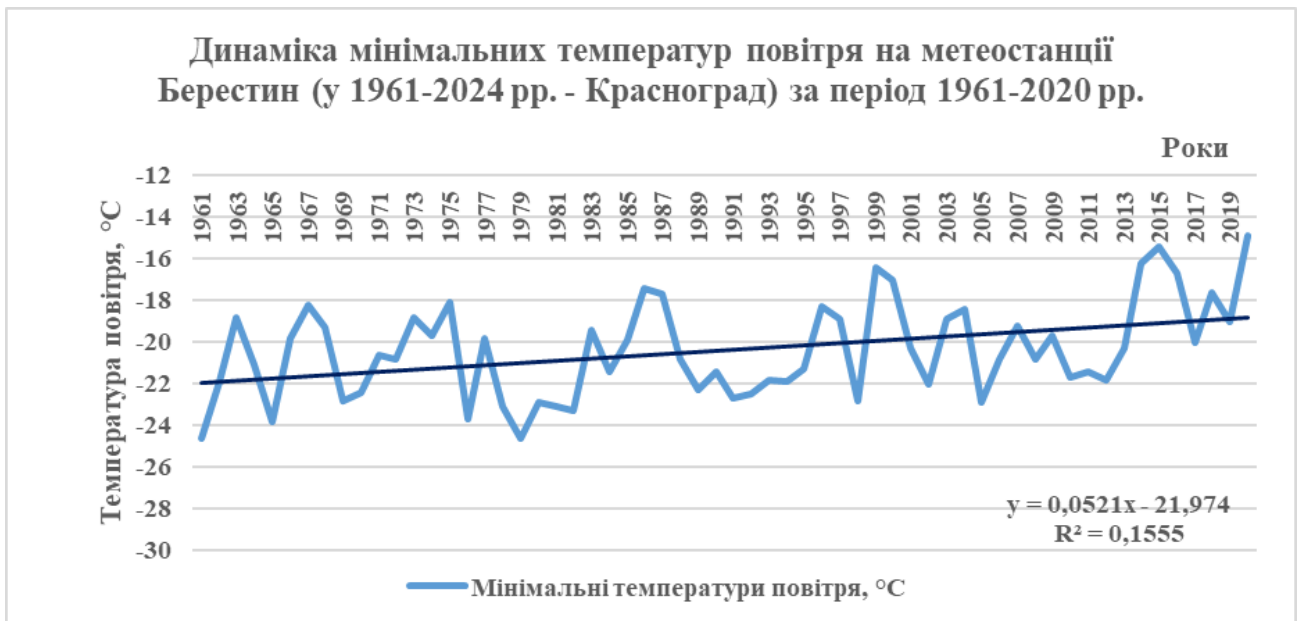


Рис. 3.10. Динаміка мінімальних температур повітря у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК И. ВНУТРІШНЬОРІЧНИЙ ХІД СУМ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ



Рис. И.1. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Золочів (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. И.2. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Великий Бурлук (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

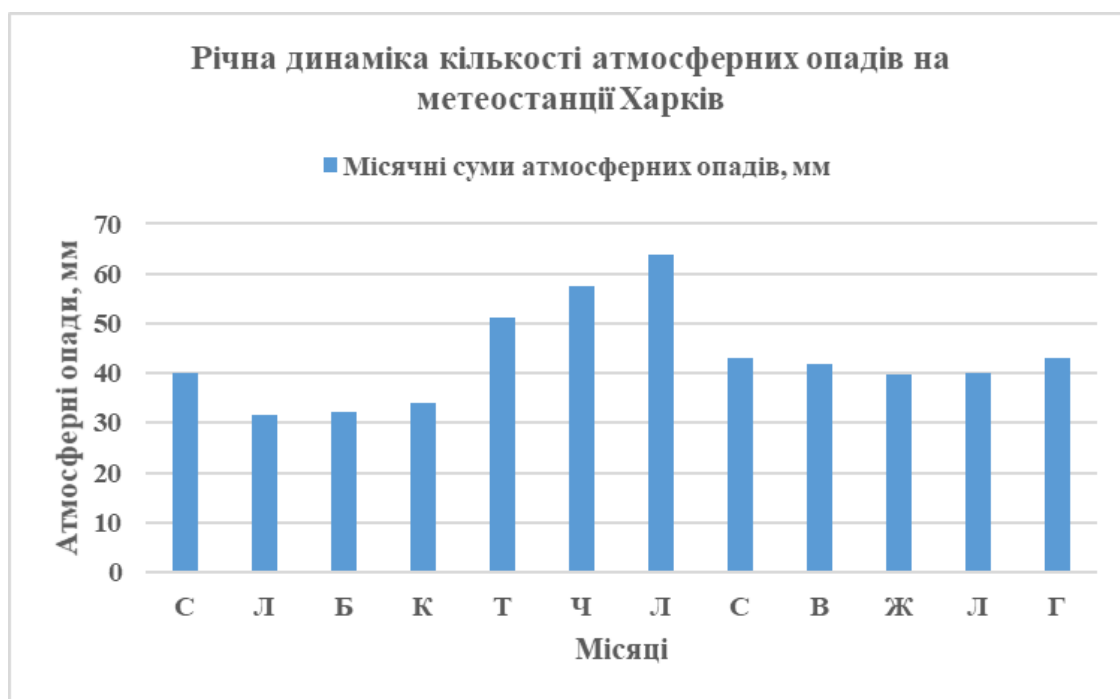


Рис. И.3. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Харків (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. И.4. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Куп'янськ (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. И.5. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Слобожанське (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

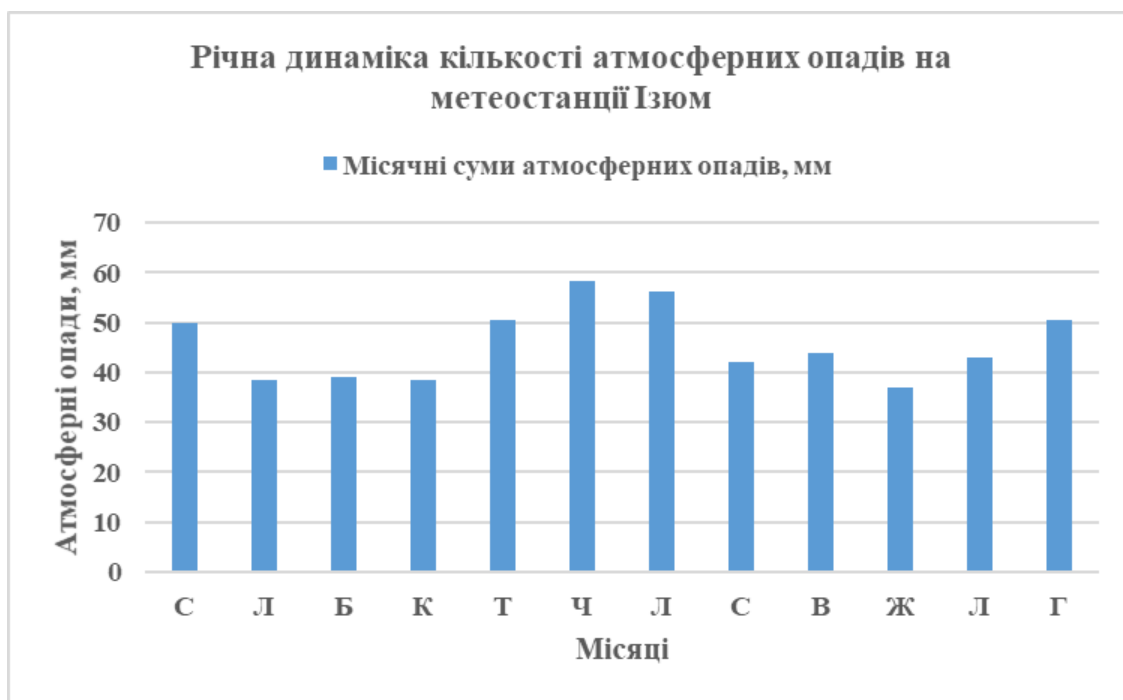


Рис. И.6. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Ізюм (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. И.7. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Лозова (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

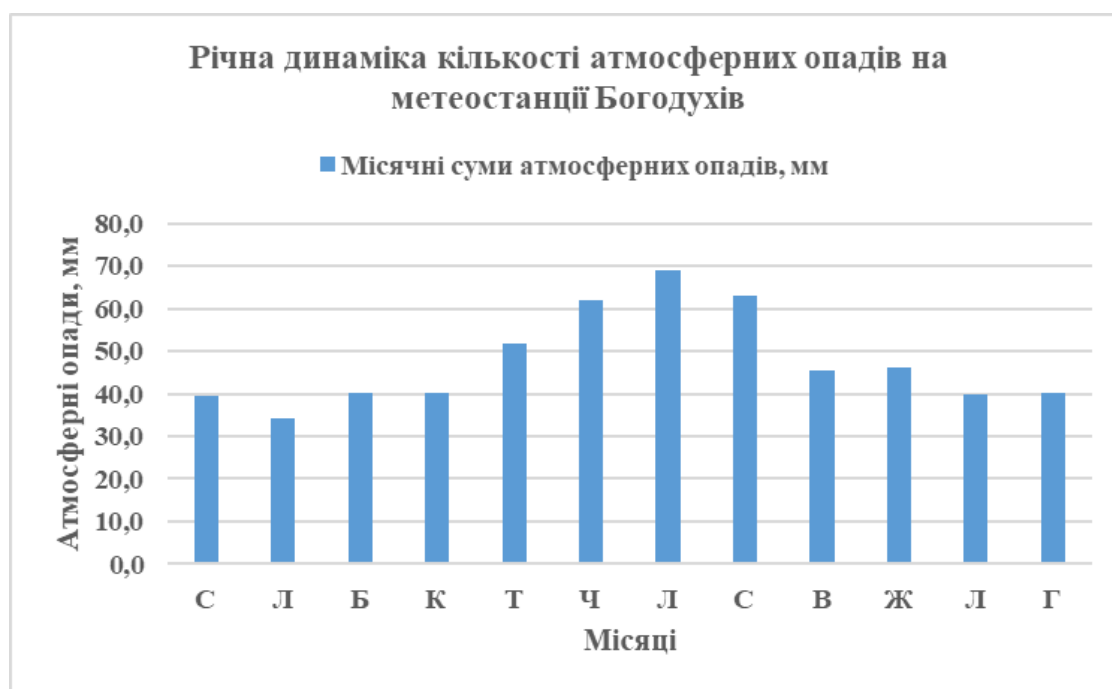


Рис. И.8. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Богодухів (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. И.9. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Коломак (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

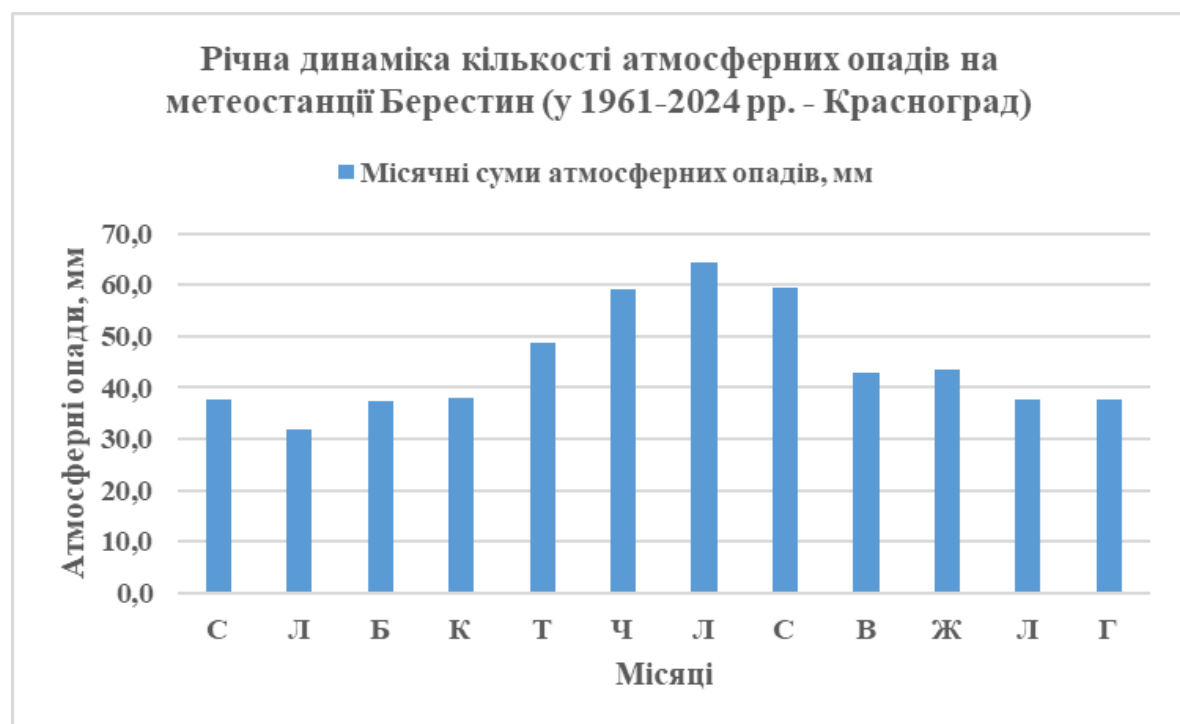


Рис. И.10. Внутрішньорічна динаміка кількості опадів на метеостанції Берестин (у 1961-2024 рр. – Красноград) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК І. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СУМ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ



Рис. І.1. Динаміка кількості опадів у Золочеві за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

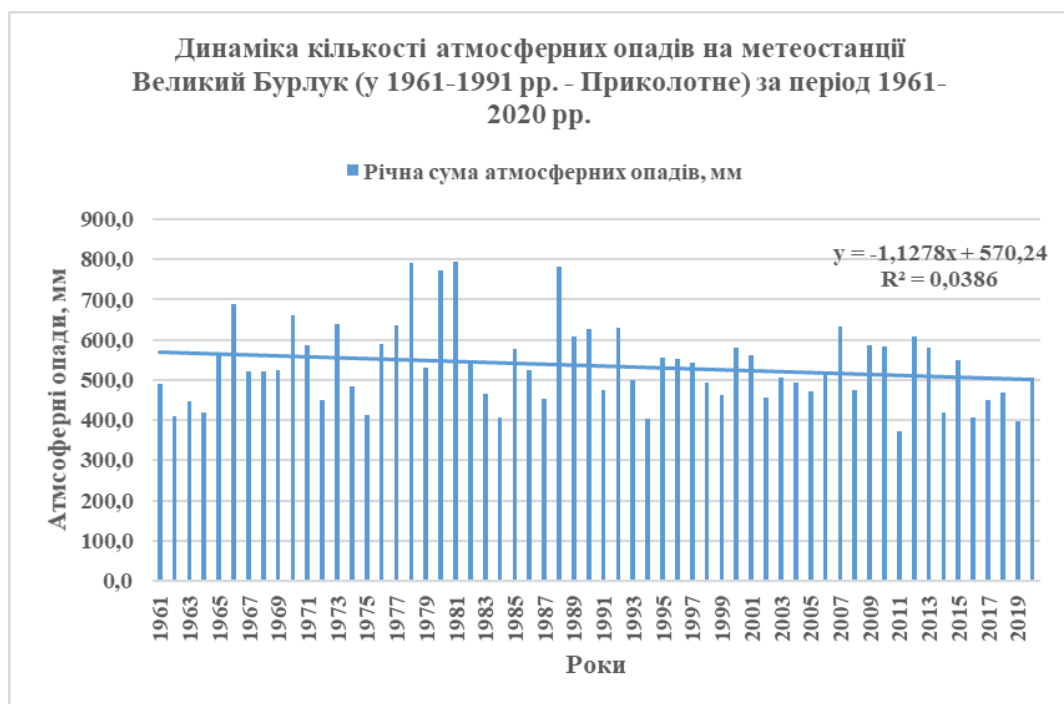


Рис. І.2. Динаміка кількості опадів у Великому Бурлуці за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.3. Динаміка кількості опадів у Харкові за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.4. Динаміка кількості опадів у Куп'янську за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.5. Динаміка кількості опадів у Слобожанському за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.6. Динаміка кількості опадів в Ізюмі за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.7. Динаміка кількості опадів у Лозовій за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.8. Динаміка кількості опадів у Богодухові за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.9. Динаміка кількості опадів у Коломаку за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])



Рис. І.10. Динаміка кількості опадів у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) за період 1961-2020 рр. (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Ї. РОЗИ ВІТРІВ (ПЕРІОД 1961-1990 РР.)

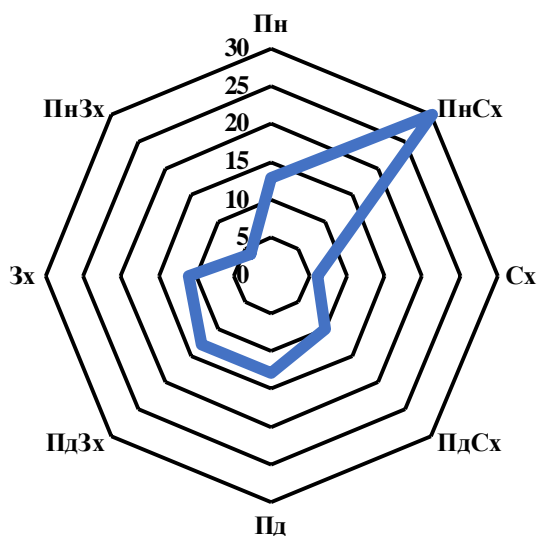


Рис. Ї.1. Роза вітрів у Золочеві (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

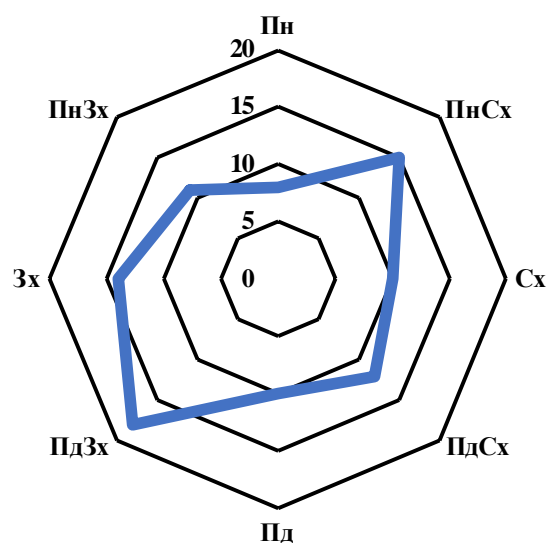


Рис. Ї.2. Роза вітрів у Великому Бурлуці (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

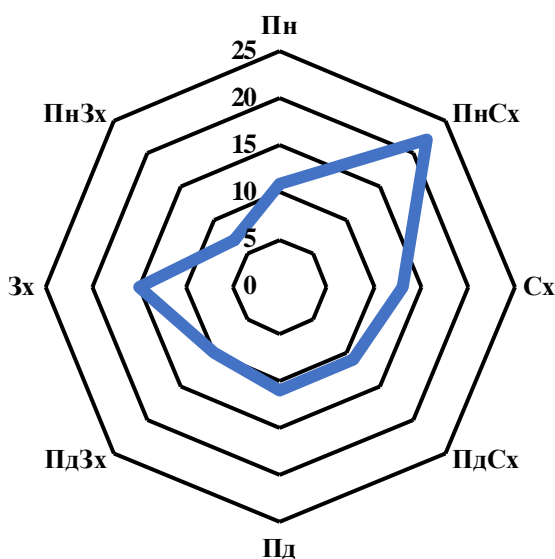


Рис. Ї.3. Роза вітрів у Харкові (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

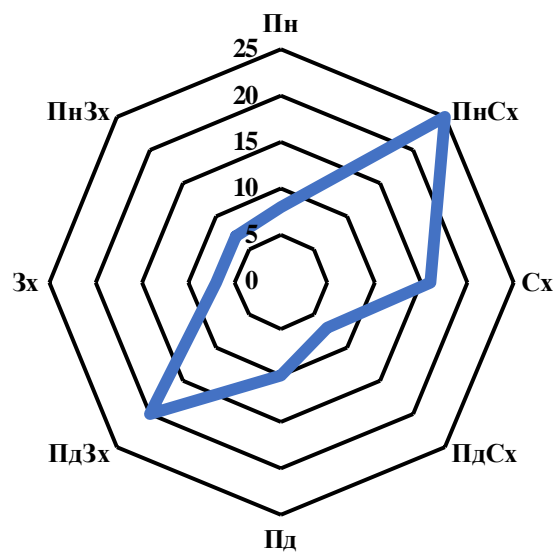


Рис. Ї.4. Роза вітрів у Куп'янську (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

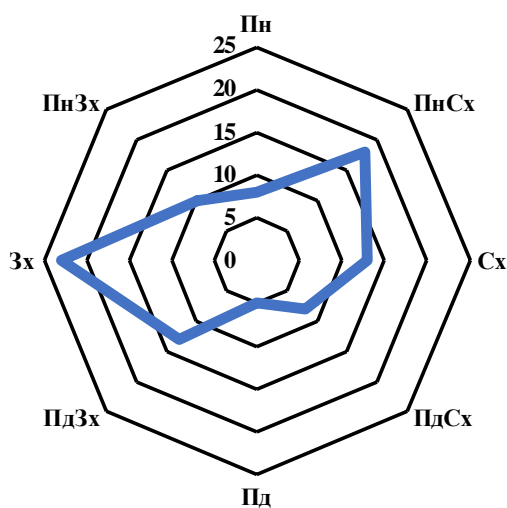


Рис. Ї.5. Роза вітрів у Слобожанському (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

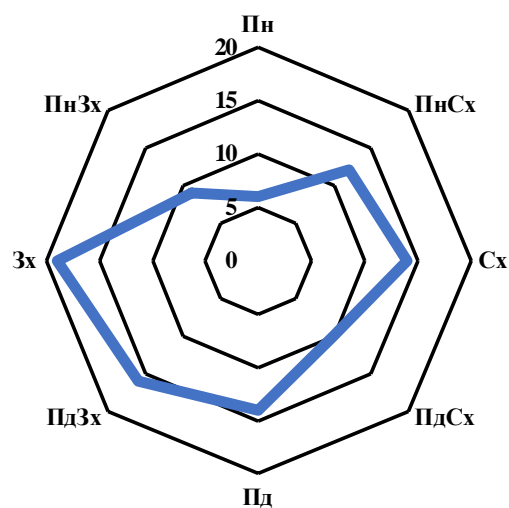


Рис. Ї.6. Роза вітрів в Ізюмі (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

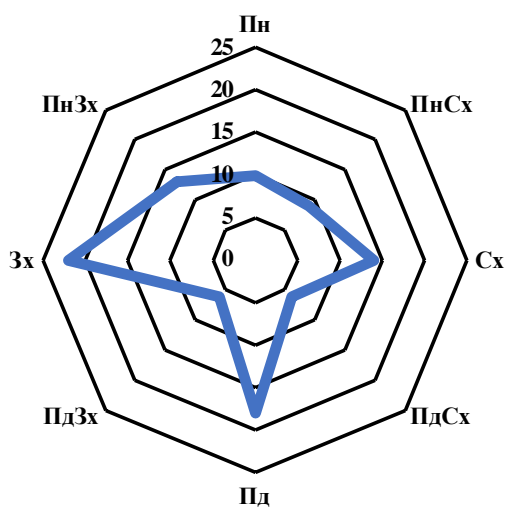


Рис. Ї.7. Роза вітрів у Лозовій (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

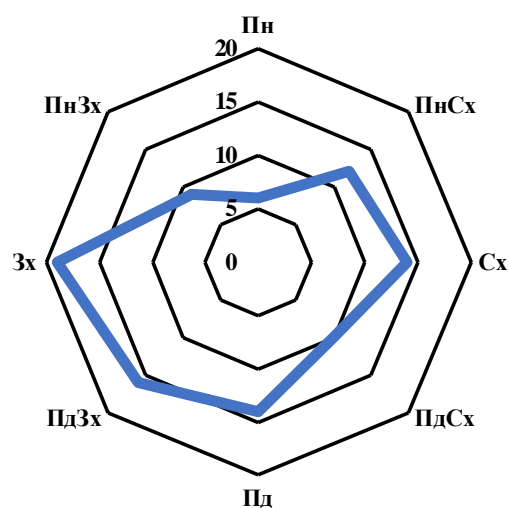


Рис. Ї.8. Роза вітрів у Богодухові (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

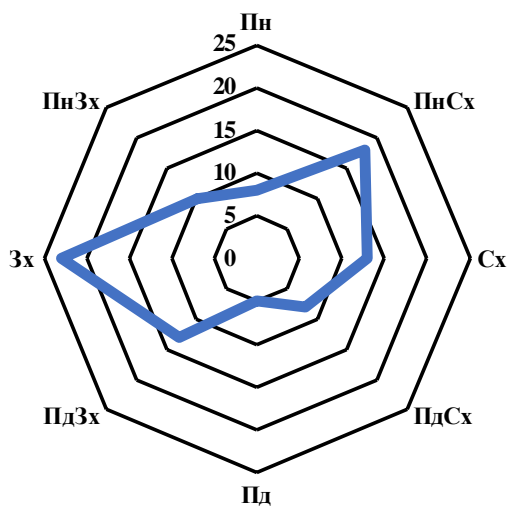


Рис. Ї.9. Роза вітрів у Коломаку (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

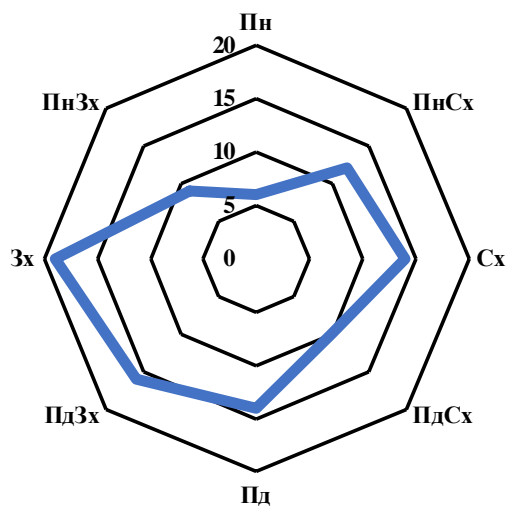


Рис. Ї.10. Роза вітрів у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) (1961-1990 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Й. РОЗИ ВІТРІВ (ПЕРІОД 1991-2020 РР.)

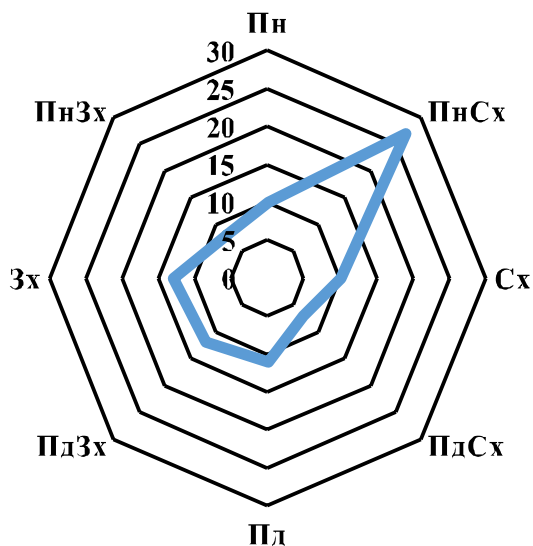


Рис. Й.1. Роза вітрів у Золочеві (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

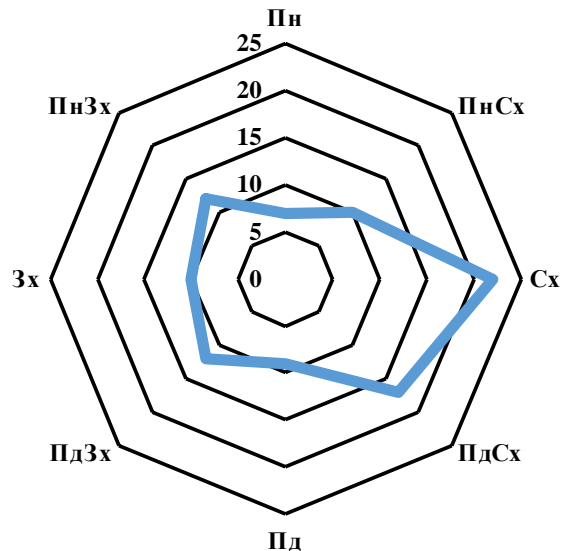


Рис. Й.2. Роза вітрів у Великому Бурлуці (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

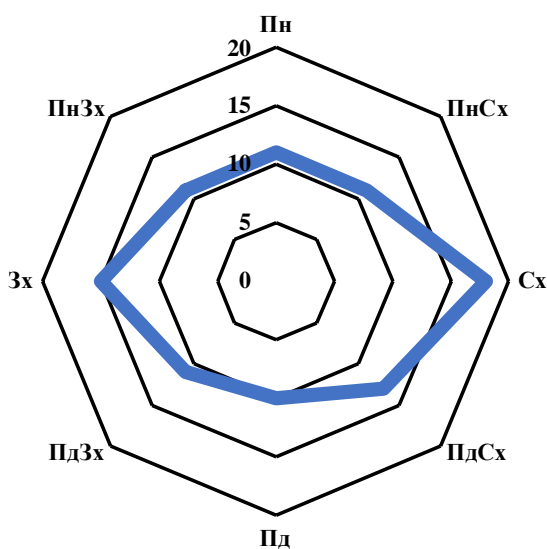


Рис. Й.3. Роза вітрів у Харкові (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

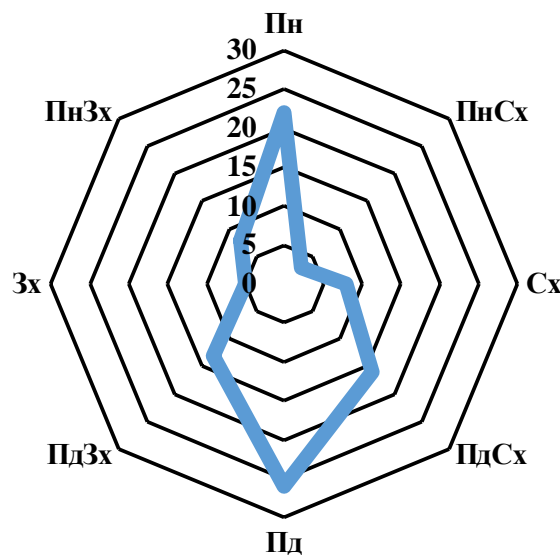


Рис. Й.4. Роза вітрів у Куп'янську (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

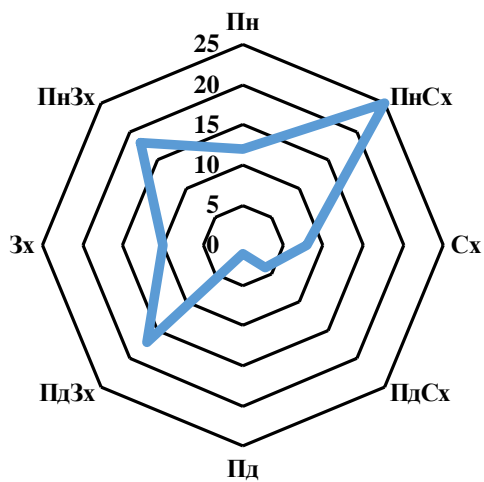


Рис. Й.5. Роза вітрів у Слобожанському (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

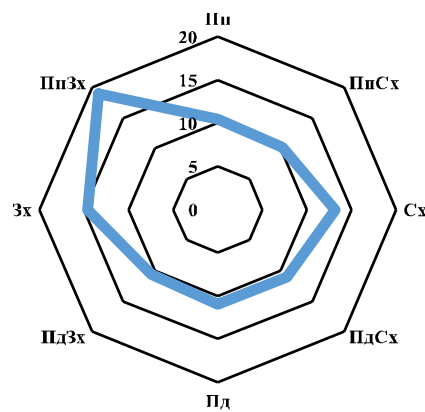


Рис. Й.6. Роза вітрів в Ізюмі (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

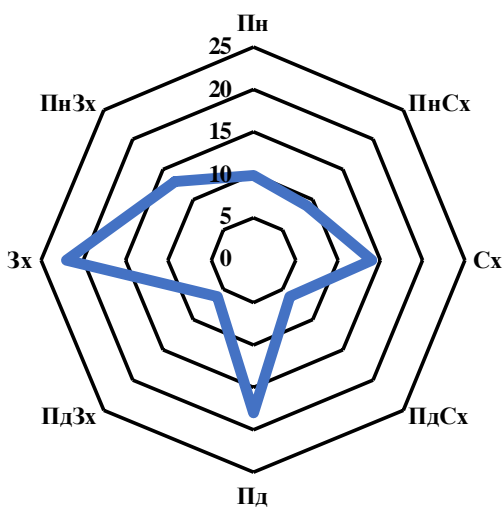


Рис. Й.7. Роза вітрів у Лозовій (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

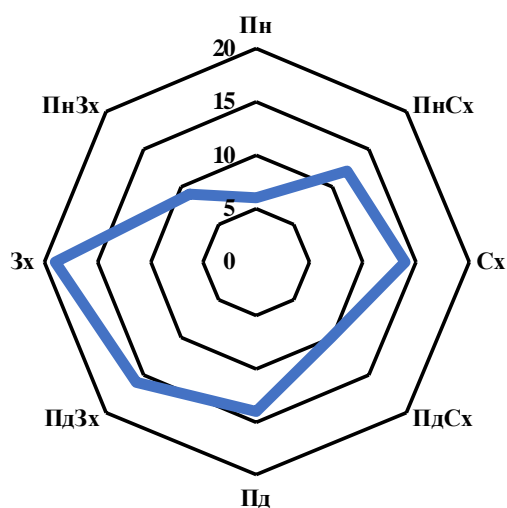


Рис. Й.8. Роза вітрів у Богодухові (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

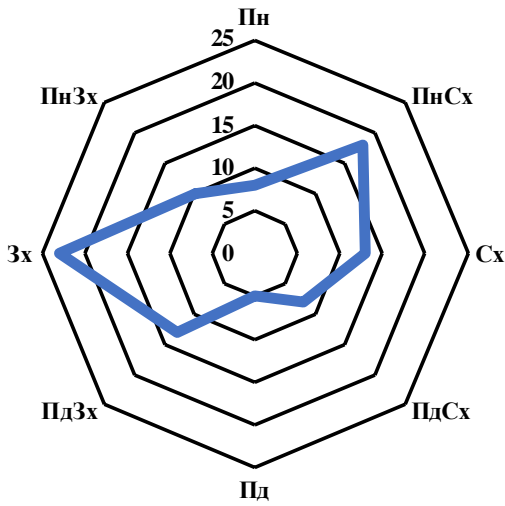


Рис. Й.9. Роза вітрів у Коломаку (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

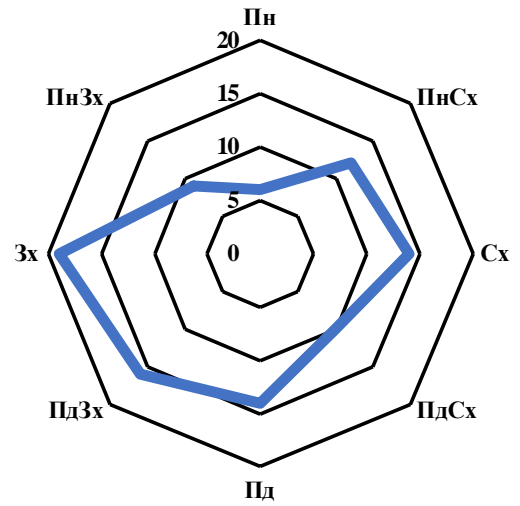


Рис. Й.10. Роза вітрів у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) (1991-2020 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК К. РОЗИ ВІТРІВ (ПЕРІОД 2021-2050 РР.)

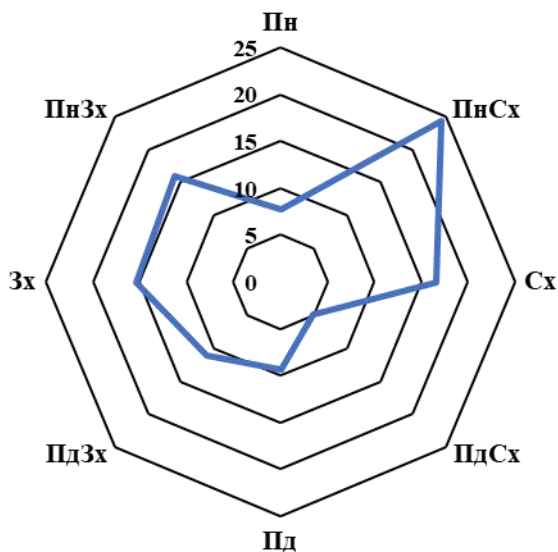


Рис. К.1. Роза вітрів у Золочеві (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

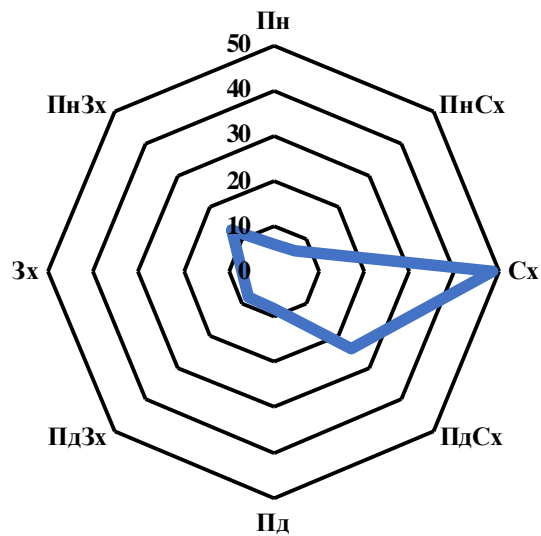


Рис. К.2. Роза вітрів у Великому Бурлуці (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

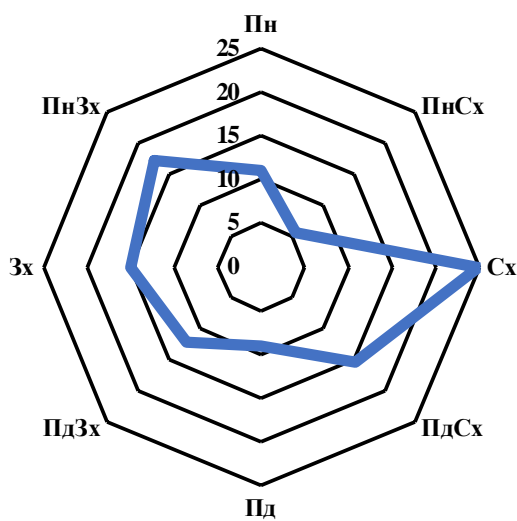


Рис. К.3. Роза вітрів у Харкові (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

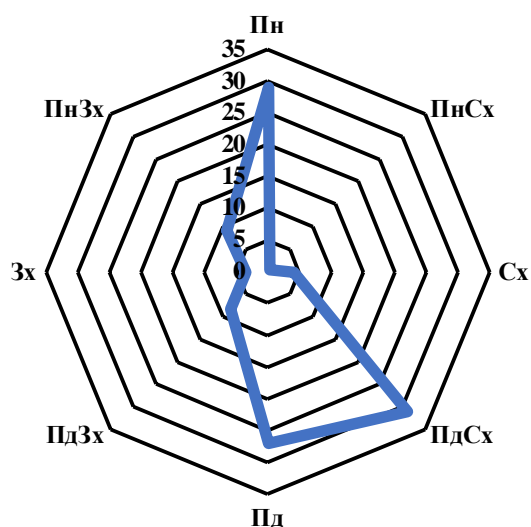


Рис. К.4. Роза вітрів у Куп'янську (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

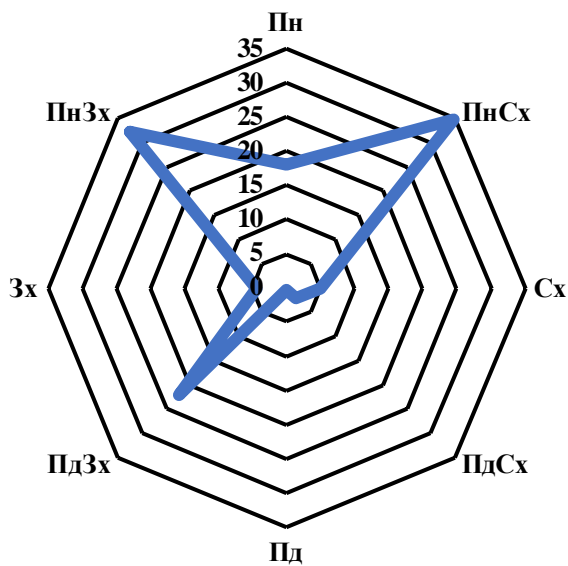


Рис. К.5. Роза вітрів у Слобожанському (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

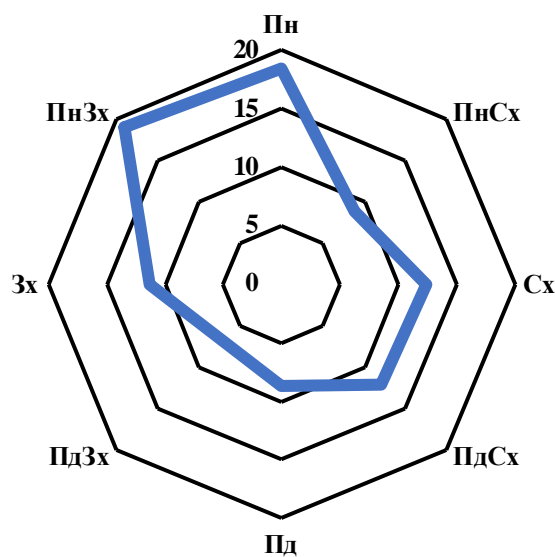


Рис. К.6. Роза вітрів у Ізюмі (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

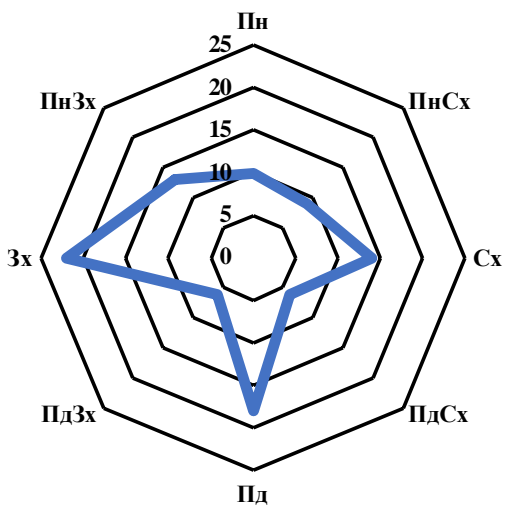


Рис. К.7. Роза вітрів у Лозовій (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

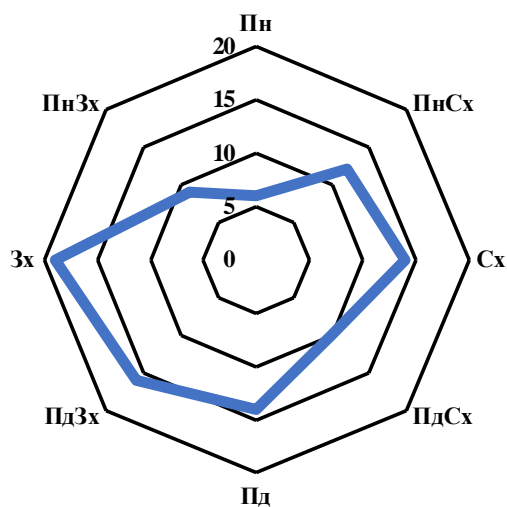


Рис. К.8. Роза вітрів у Богодухові (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

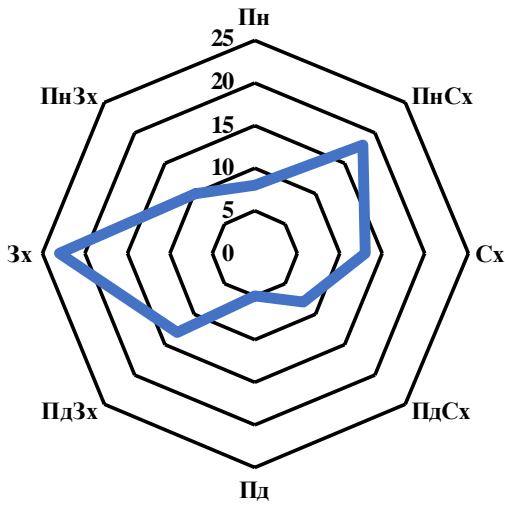


Рис. К.9. Роза вітрів у Коломаку (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

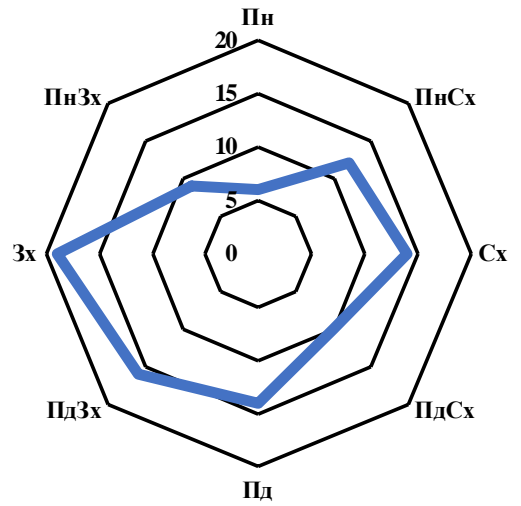


Рис. К.10. Роза вітрів у Берестині (у 1961-2024 рр. – Красноград) (2021-2050 рр.) (за даними [45-52, 156, 170, 189-191])

ДОДАТОК Л. ВНУТРІШНЬОРІЧНИЙ ХІД ТЕМПЕРАТУР ВОДИ



Рис. Л.1. Річна динаміка температури води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Л.2. Річна динаміка температури води у р. Сіверський Донець (сmt. Печеніги) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Л.3. Річна динаміка температури води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Л.4. Річна динаміка температури води у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Л.5. Річна динаміка температури води у р. Уди (с. Безлюдівка) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

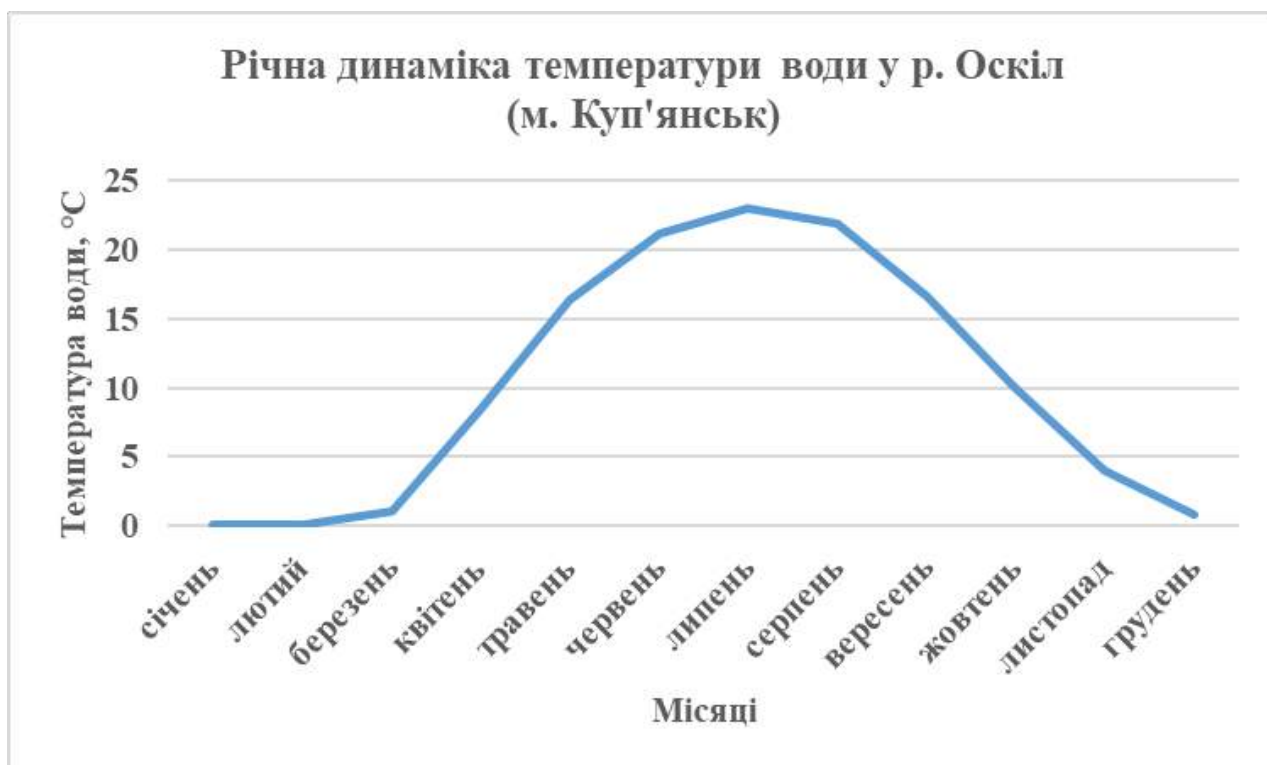


Рис. Л.6. Річна динаміка температури води у р. Оскіл (м. Куп'янськ) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

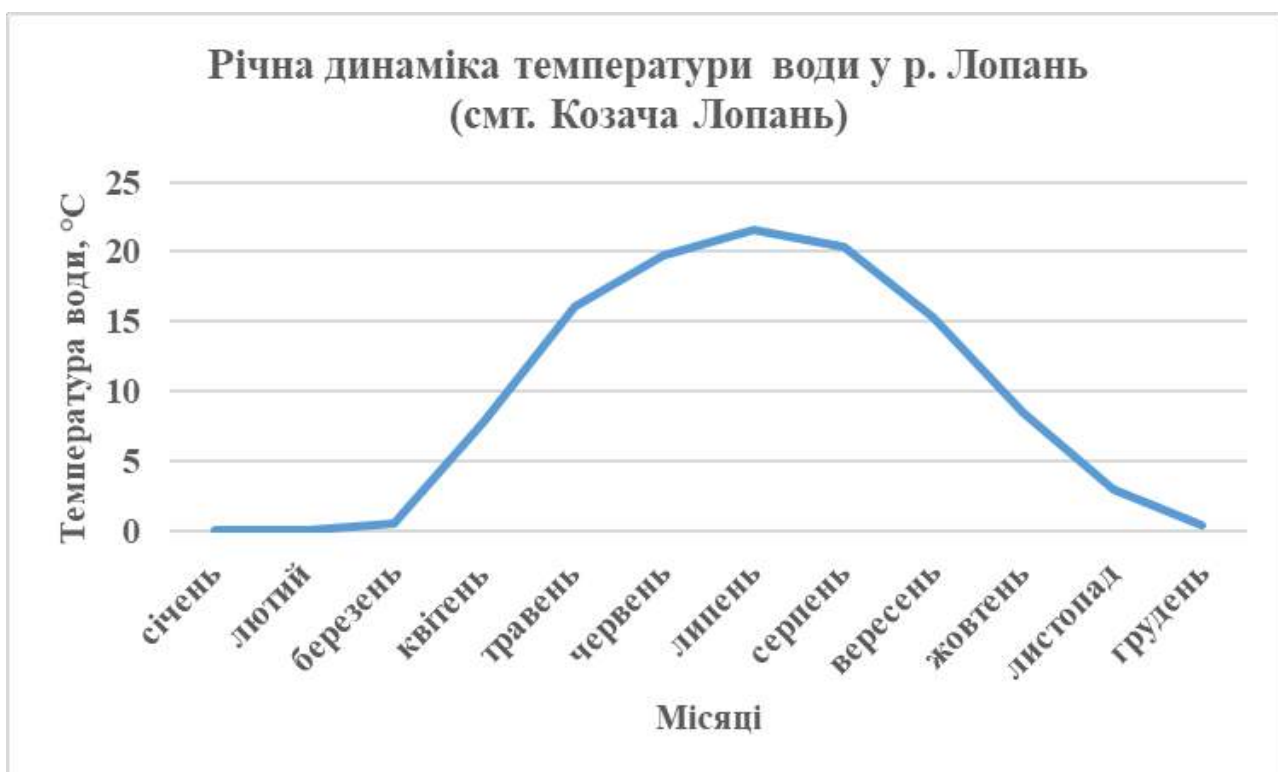


Рис. Л.7. Річна динаміка температури води у р. Лопань (смт. Козача Лопань)
(за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК М. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ЛИПНЕВИХ ТЕМПЕРАТУР ВОДИ



Рис. М.1. Динаміка липневих температур води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. М.2. Динаміка липневих температур води у р. Сіверський Донець (сmt. Печеніги) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. М.3. Динаміка липневих температур води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. М.4. Динаміка липневих температур води у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. М.5. Динаміка липневих температур води у р. Уди (с. Безлюдівка) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. М.6. Динаміка липневих температур води у р. Оскіл (м. Куп'янськ) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. М.7. Динаміка липневих температур води у р. Лопань (сmt. Козача Лопань) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК Н. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СЕРЕДНІХ РІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОДИ



Рис. Н.1. Динаміка середніх річних температур води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Н.2. Динаміка середніх річних температур води у р. Сіверський Донець (сmt. Печеніги) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Н.3. Динаміка середніх річних температур води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Н.4. Динаміка середніх річних температур води у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Н.5. Динаміка середніх річних температур води у р. Уди (с. Безлюдівка) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Н.6. Динаміка середніх річних температур води у р. Оскіл (с. Куп'янськ) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

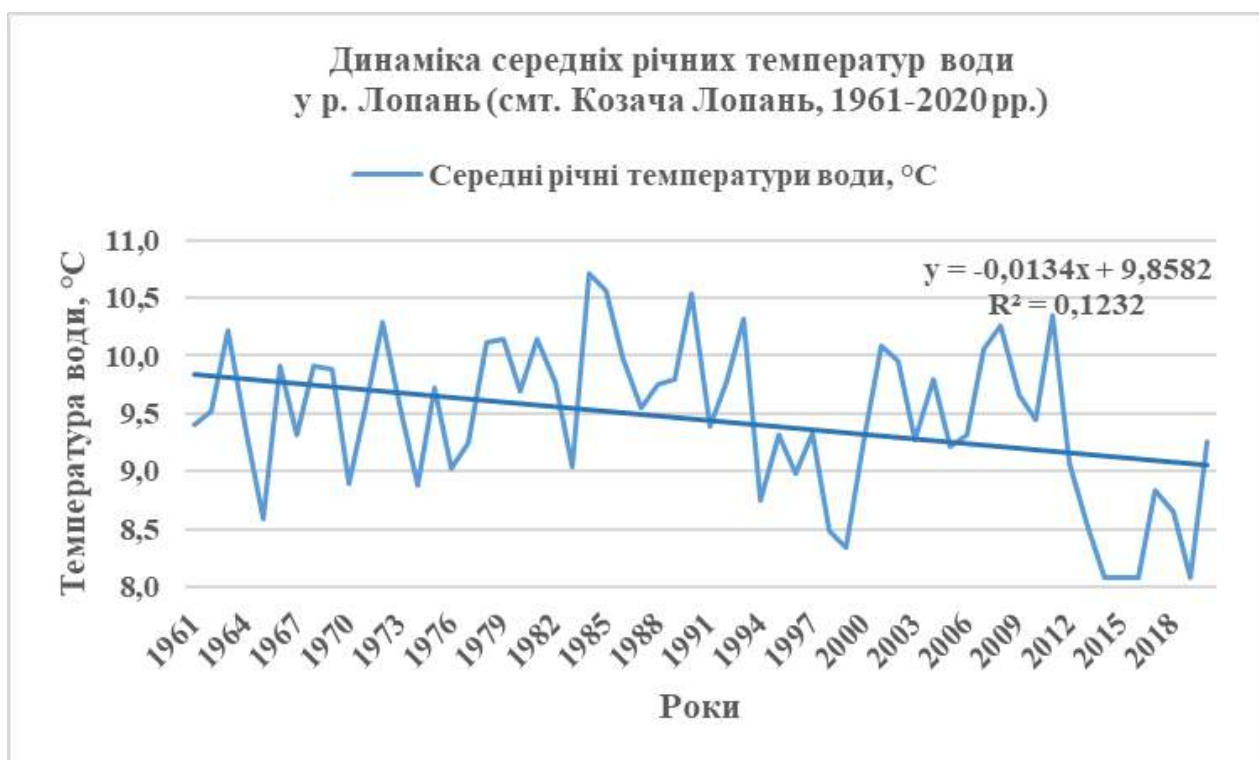


Рис. Н.7. Динаміка середніх річних температур води у р. Лопань (смт. Козача Лопань) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК О. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА МАКСИМАЛЬНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОДИ



Рис. О.1. Динаміка максимальних температур води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. О.2. Динаміка максимальних температур води у р. Сіверський Донець (смт. Печеніги) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. О.3. Динаміка максимальних температур води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. О.4. Динаміка максимальних температур води у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. О.5. Динаміка максимальних температур води у р. Уди (с. Безлюдівка) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. О.6. Динаміка максимальних температур води у р. Оскіл (м. Куп'янськ) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. О.7. Динаміка максимальних температур води у р. Лопань (сmt. Козача Лопань) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК П. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СЕЗОННИХ ТЕМПЕРАТУР ВОДИ

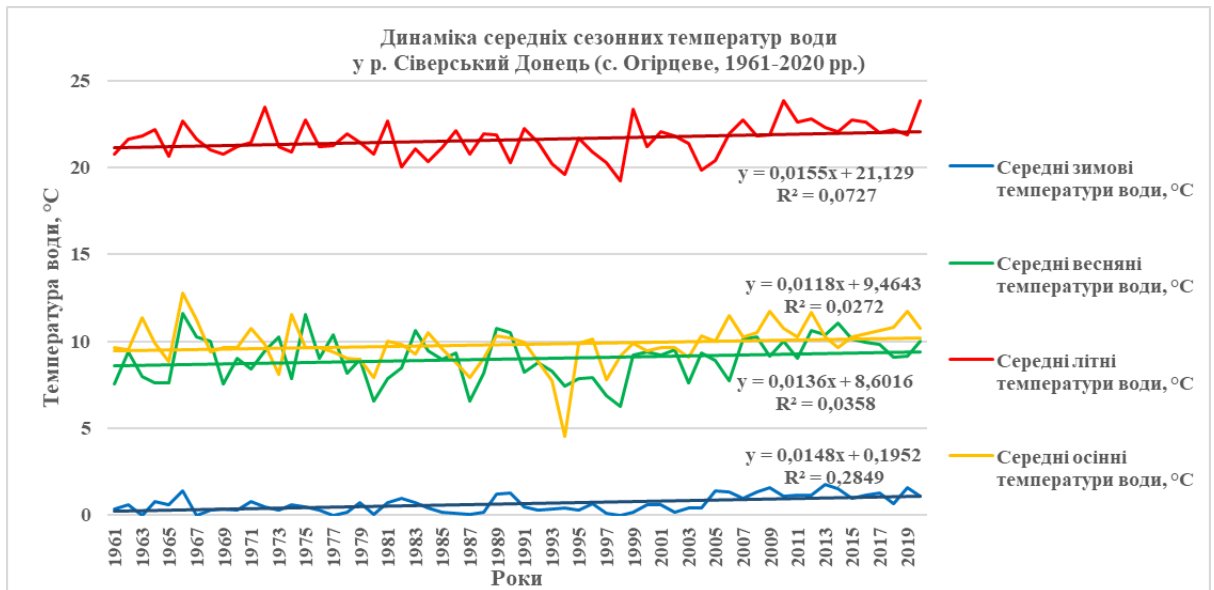


Рис. П.1. Динаміка сезонних температур води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

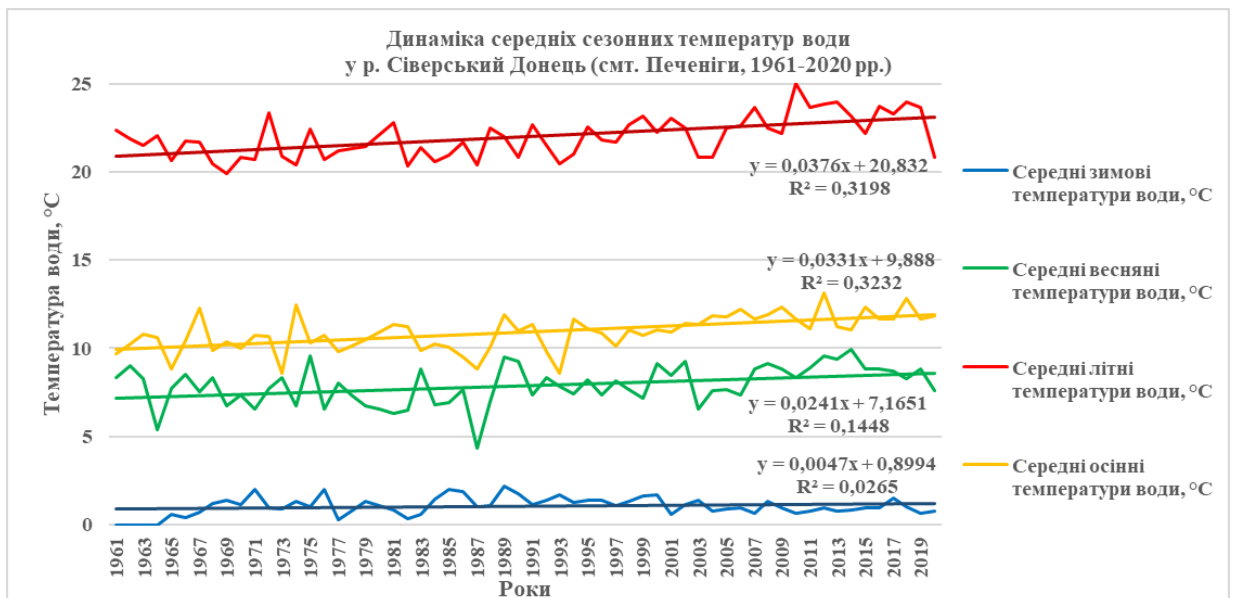


Рис. П.2. Динаміка сезонних температур води у р. Сіверський Донець (сmt. Печеніги) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

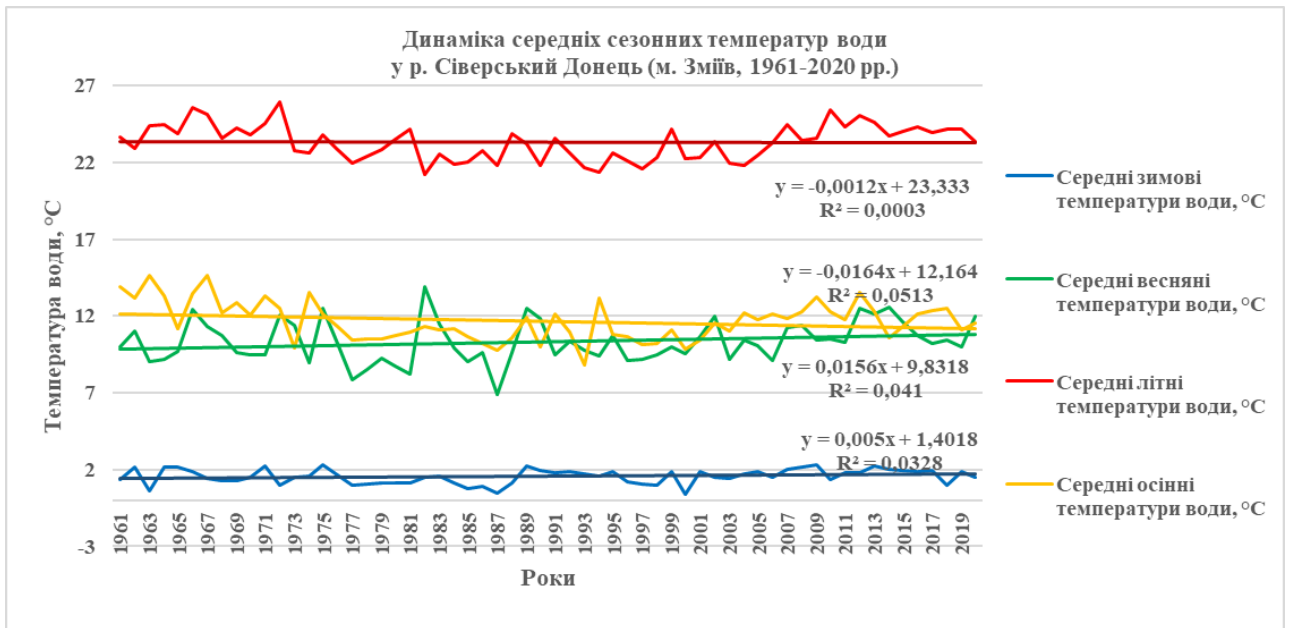


Рис. П.3. Динаміка сезонних температур води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

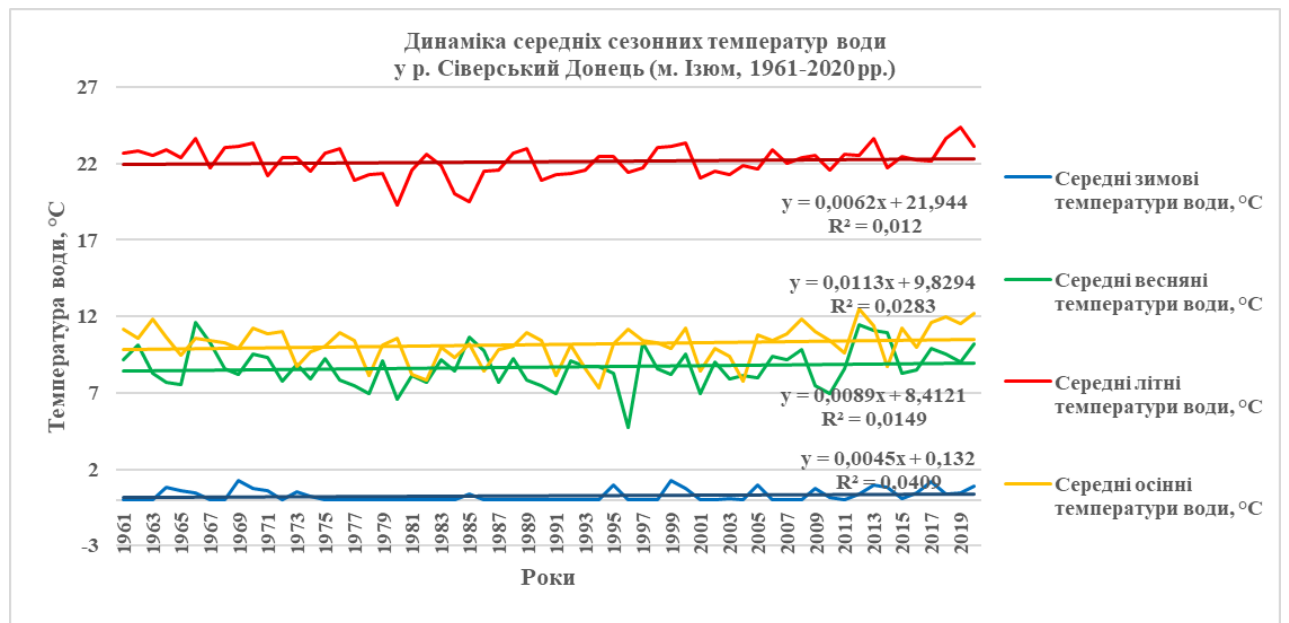


Рис. П.4. Динаміка сезонних температур води у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

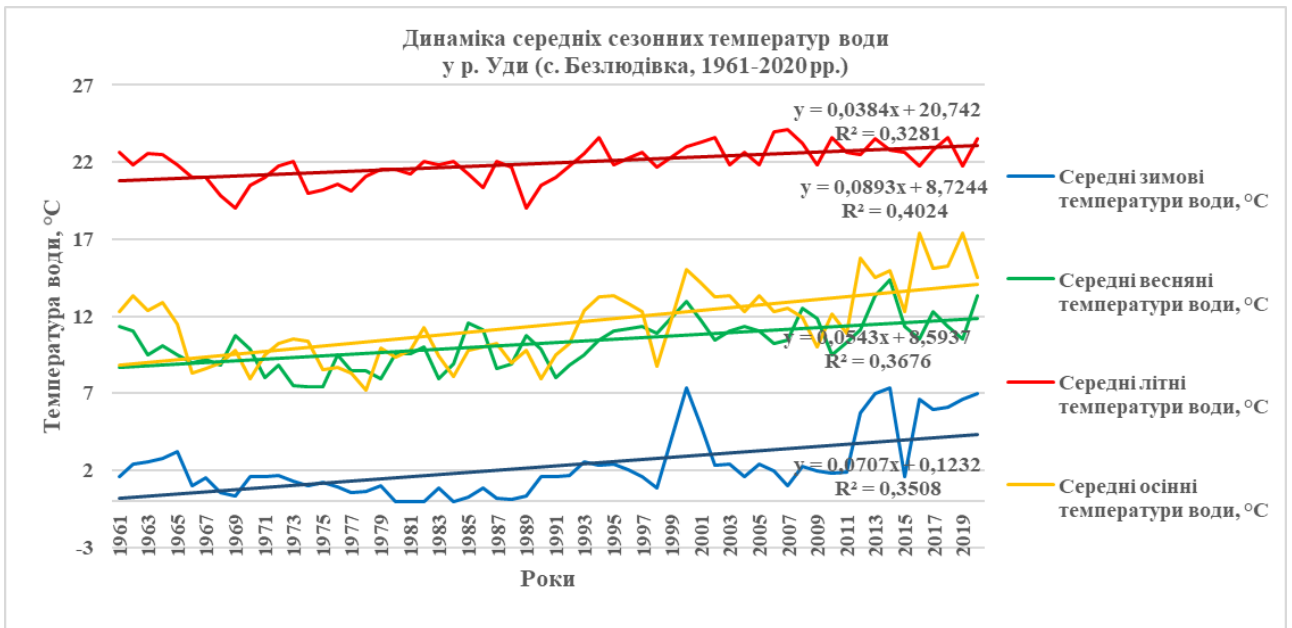


Рис. П.5. Динаміка сезонних температур води у р. Уди (с. Безлюдівка) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

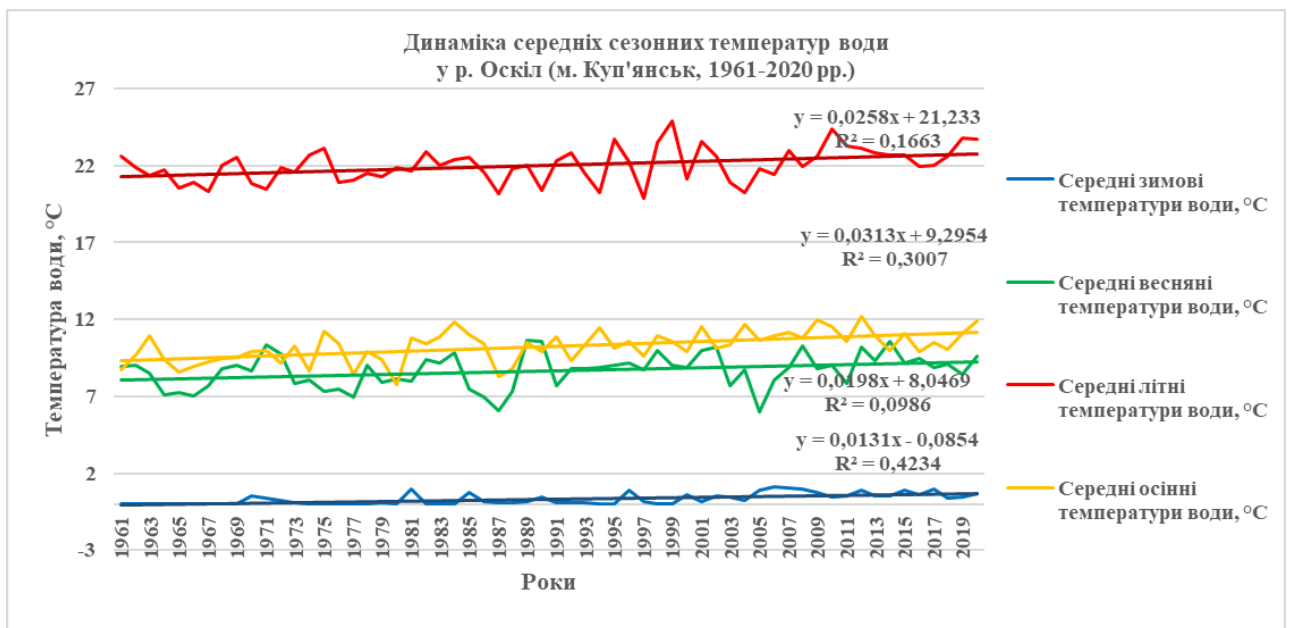


Рис. П.6. Динаміка сезонних температур води у р. Оскіл (м. Куп'янськ) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

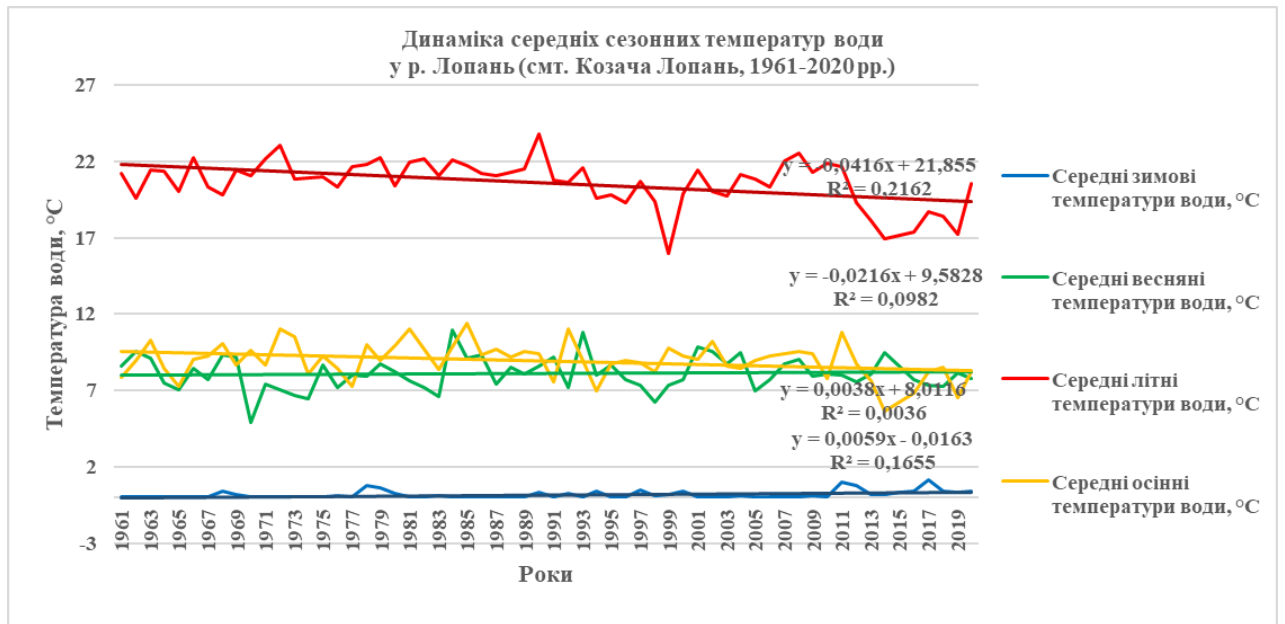


Рис. П.7. Динаміка сезонних температур води у р. Лопань (сmt. Козача Лопань) впродовж 1961-2020 pp. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК Р. ВНУТРІШНЬОРІЧНИЙ РОЗПОДІЛ ВИТРАТ ВОДИ

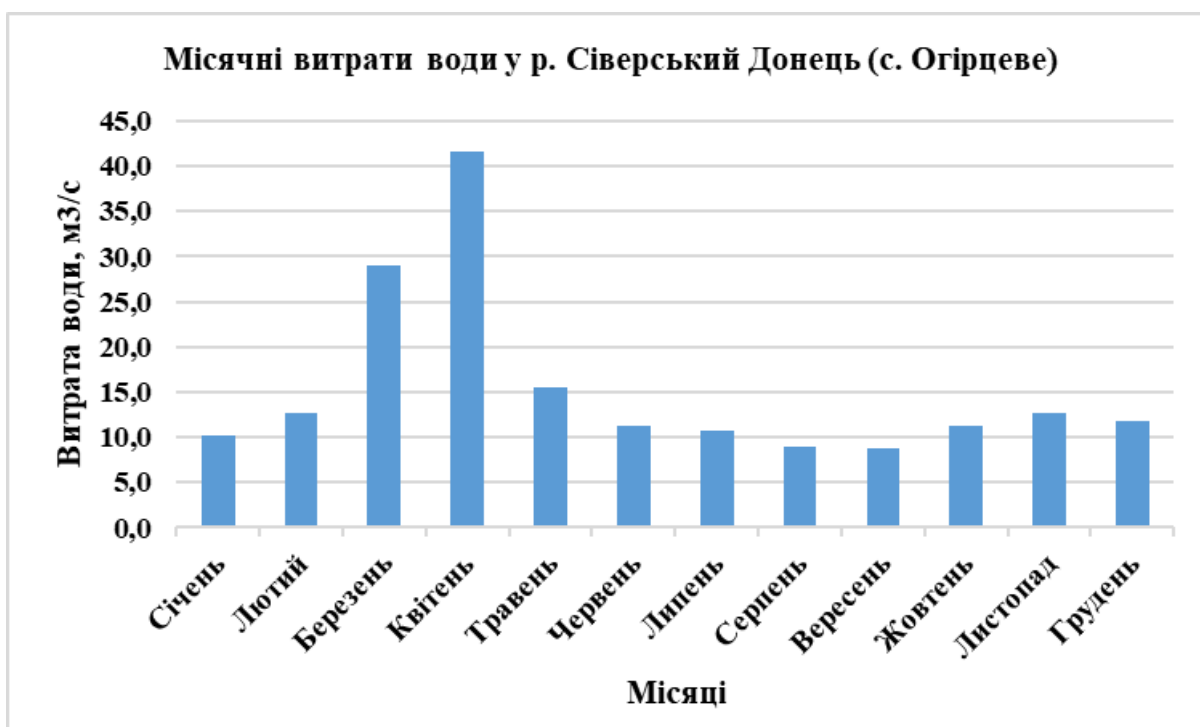


Рис. Р.1. Річна динаміка витрат води в р. Сіверський Донець (с. Огірцеве)
(за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Р.2. Річна динаміка витрат води в р. Сіверський Донець (м. Чугуїв) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Р.3. Річна динаміка витрат води в р. Сіверський Донець (с. Протопопівка) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Р.4. Річна динаміка витрат води в р. Сіверський Донець (м. Ізюм) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Р.5. Річна динаміка витрат води в р. Вовча (м. Вовчанськ) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

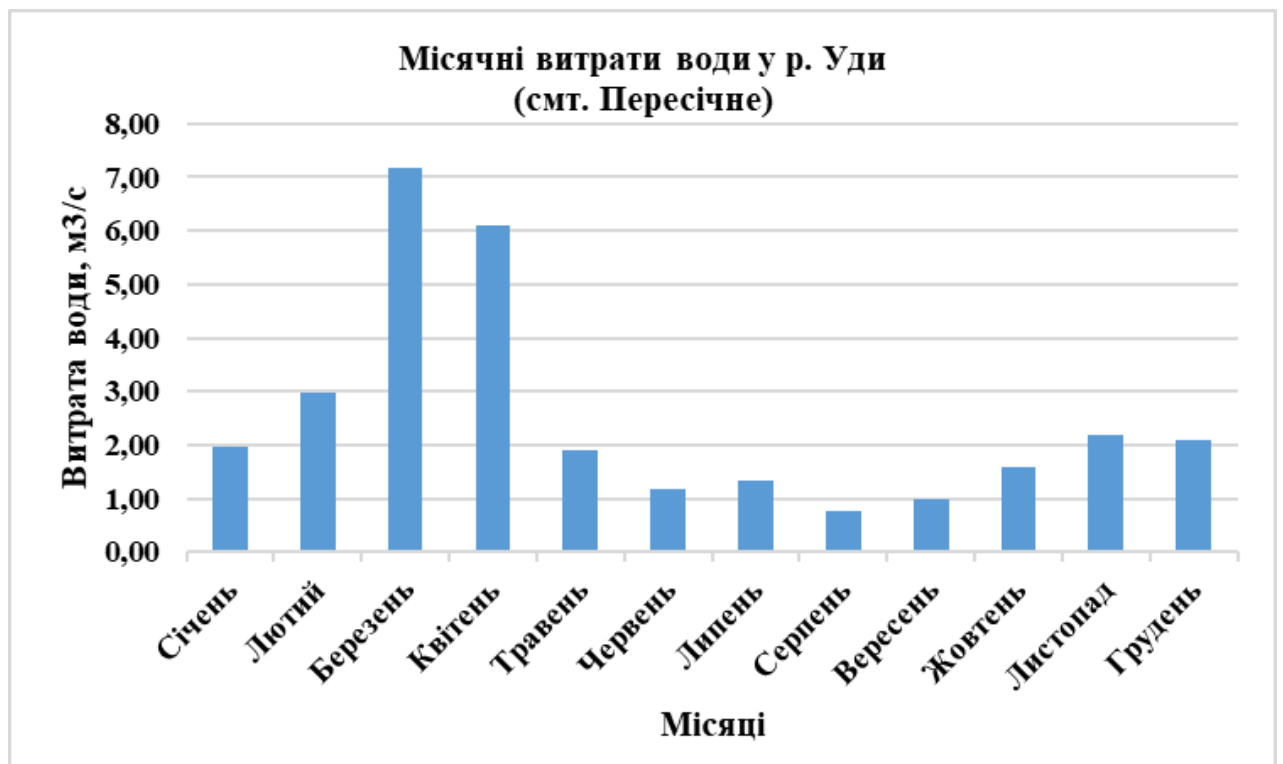


Рис. Р.6. Річна динаміка витрат води в р. Уди (смт. Пересічне) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

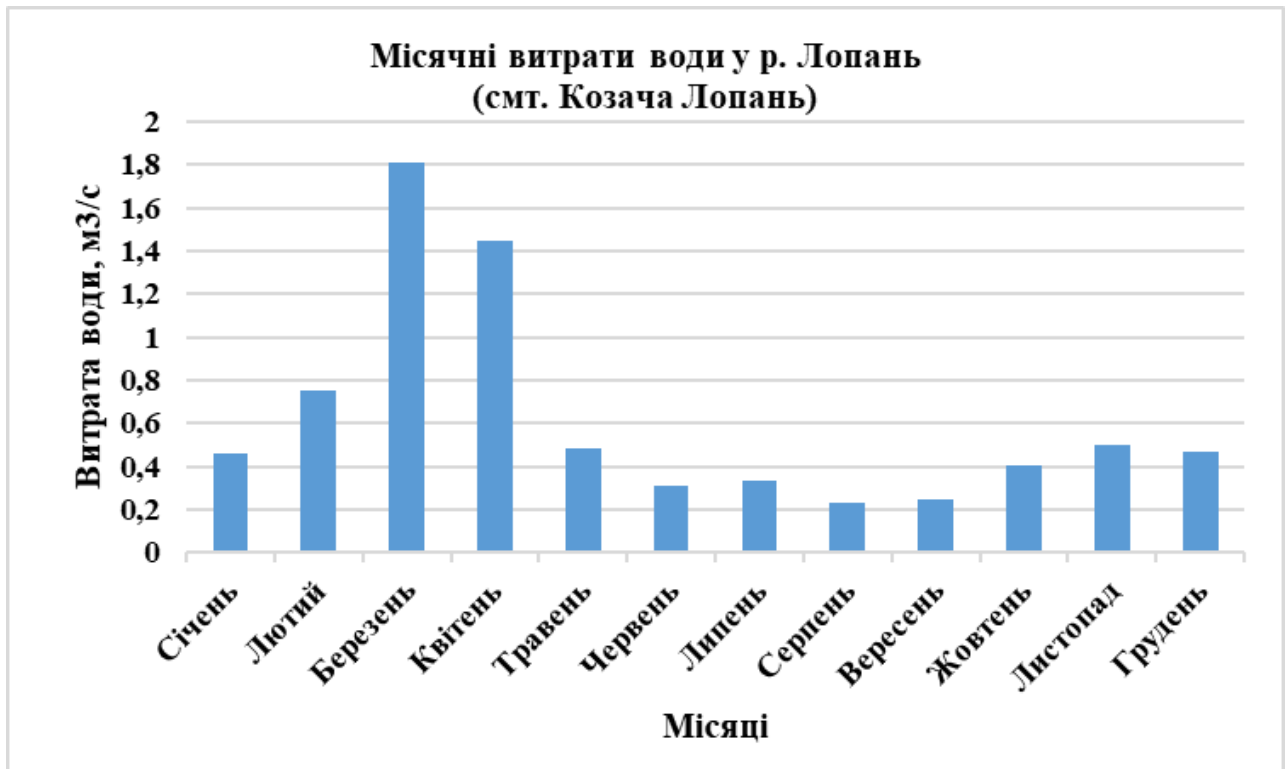


Рис. Р.7. Річна динаміка витрат води в р. Лопань (сmt. Козача Лопань) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

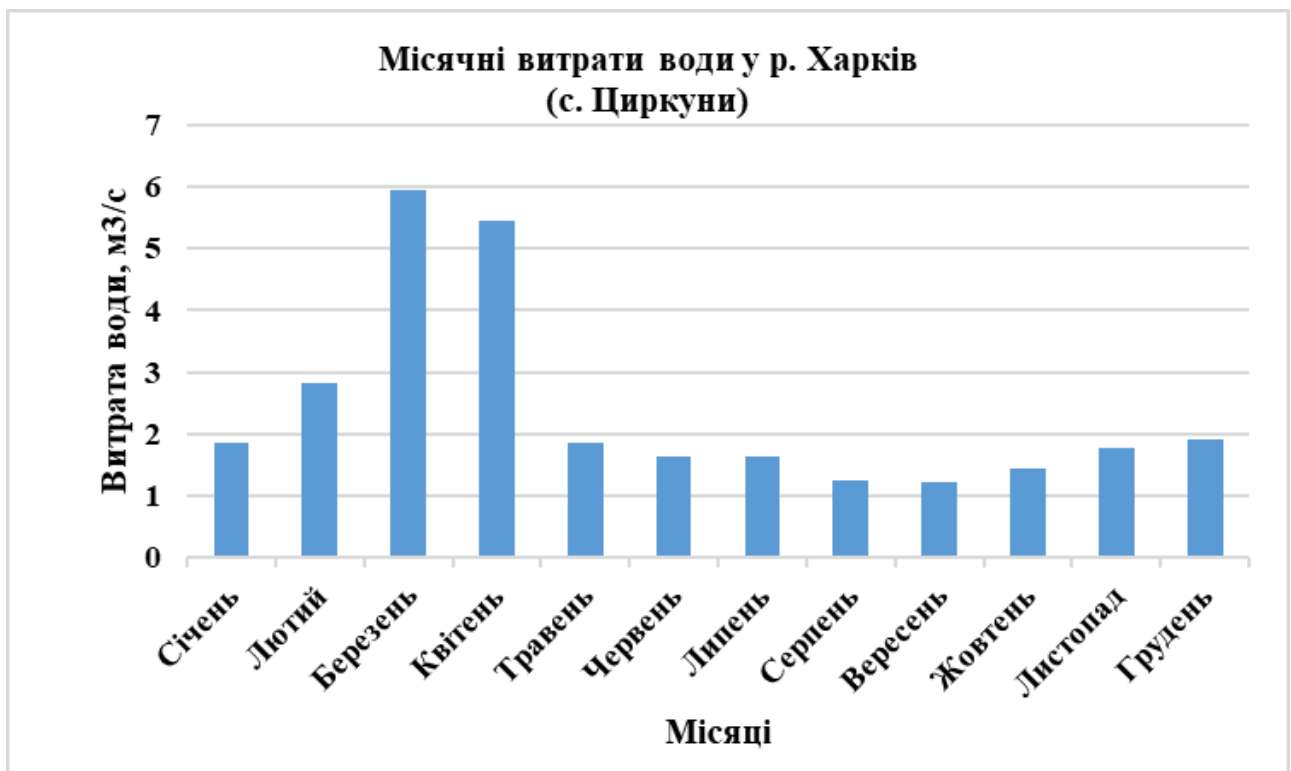


Рис. Р.8. Річна динаміка витрат води в р. Харків (с. Циркуни) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

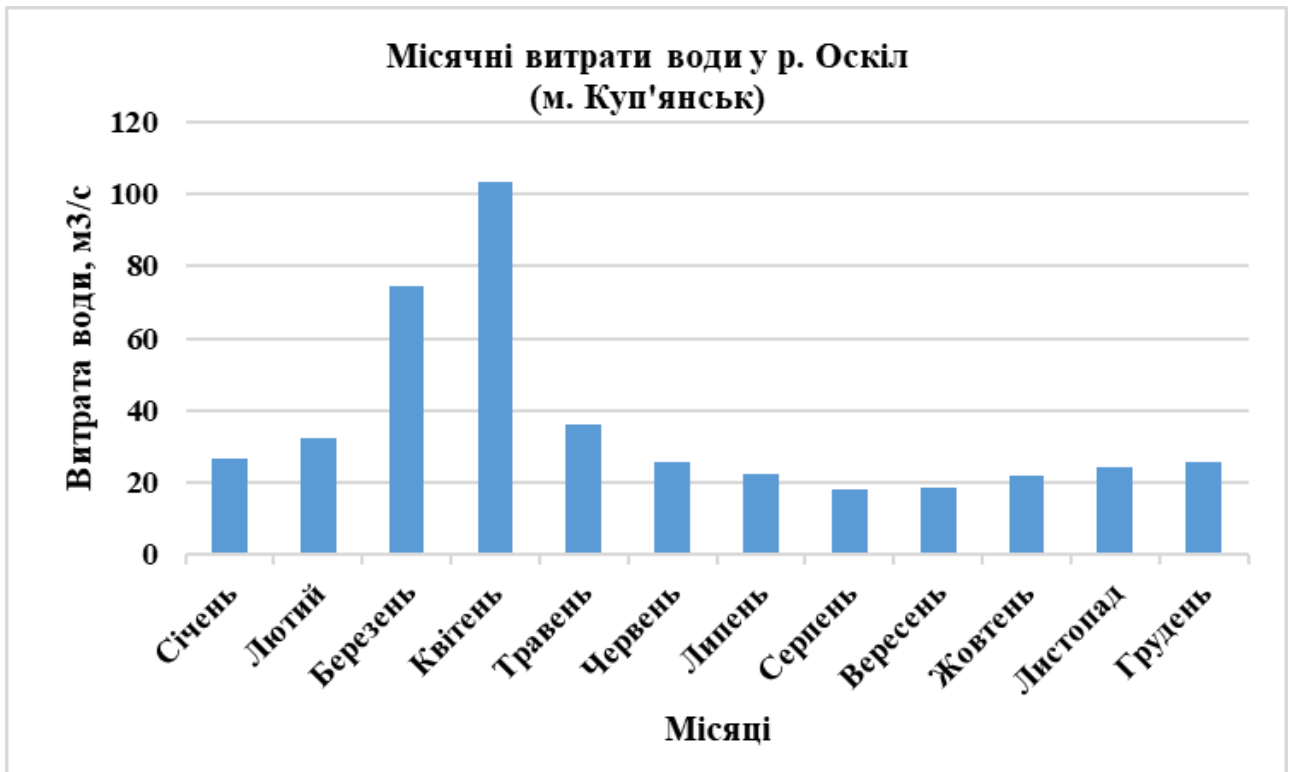


Рис. Р.9. Річна динаміка витрат води в р. Оскіл (м. Куп'янськ) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Р.10. Річна динаміка витрат води в р. Сіверський Донець (смт. Печеніги) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])



Рис. Р.11. Річна динаміка витрат води в р. Сіверський Донець (м. Зміїв) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

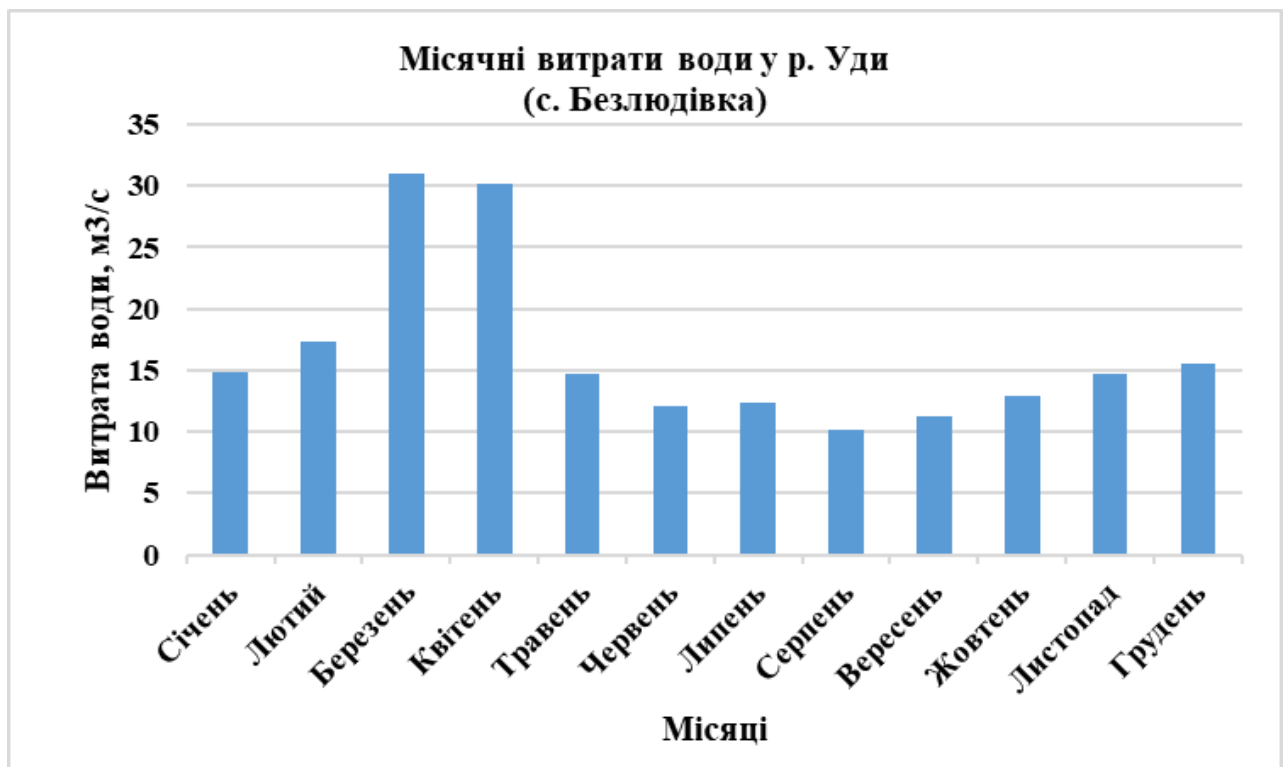


Рис. Р.12. Річна динаміка витрат води в р. Уди (с. Безлюдівка) (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

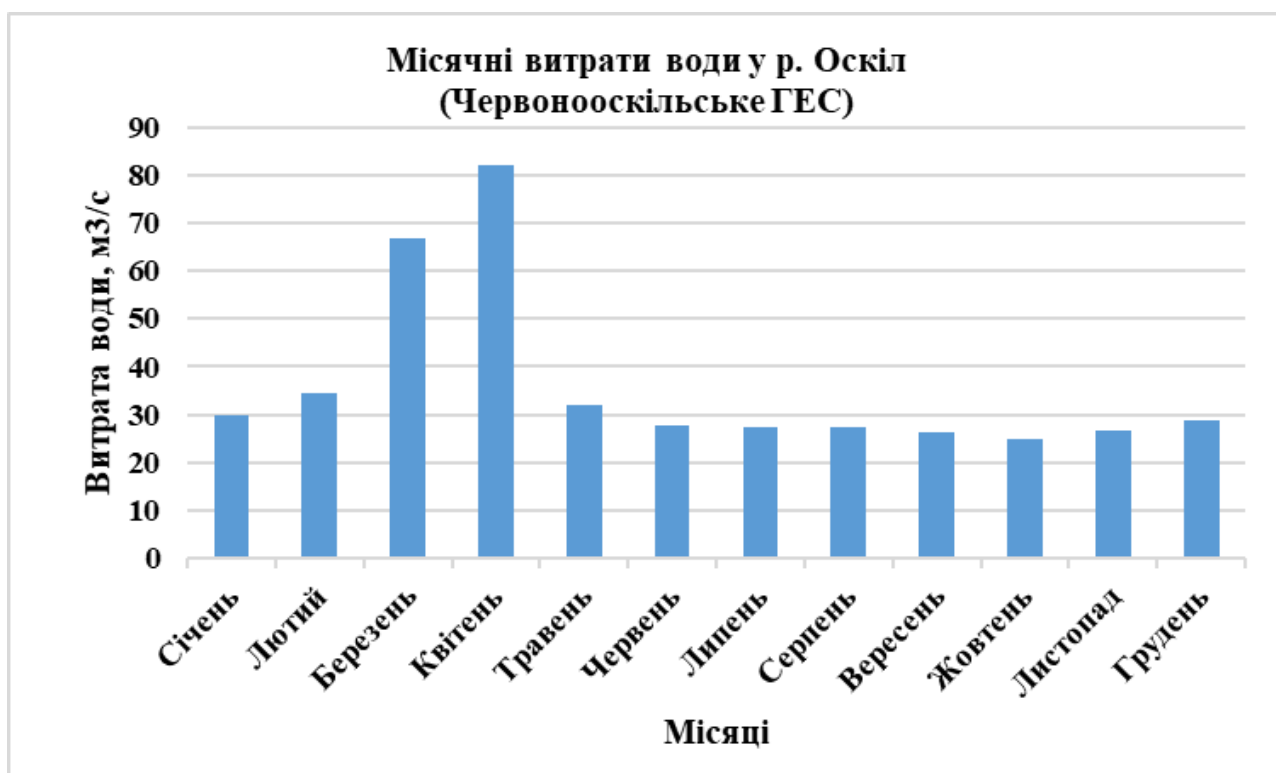


Рис. Р.13. Річна динаміка витрат води в р. Оскіл (Червонооскільська ГЕС)
(за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК С. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ВИТРАТ ВОДИ

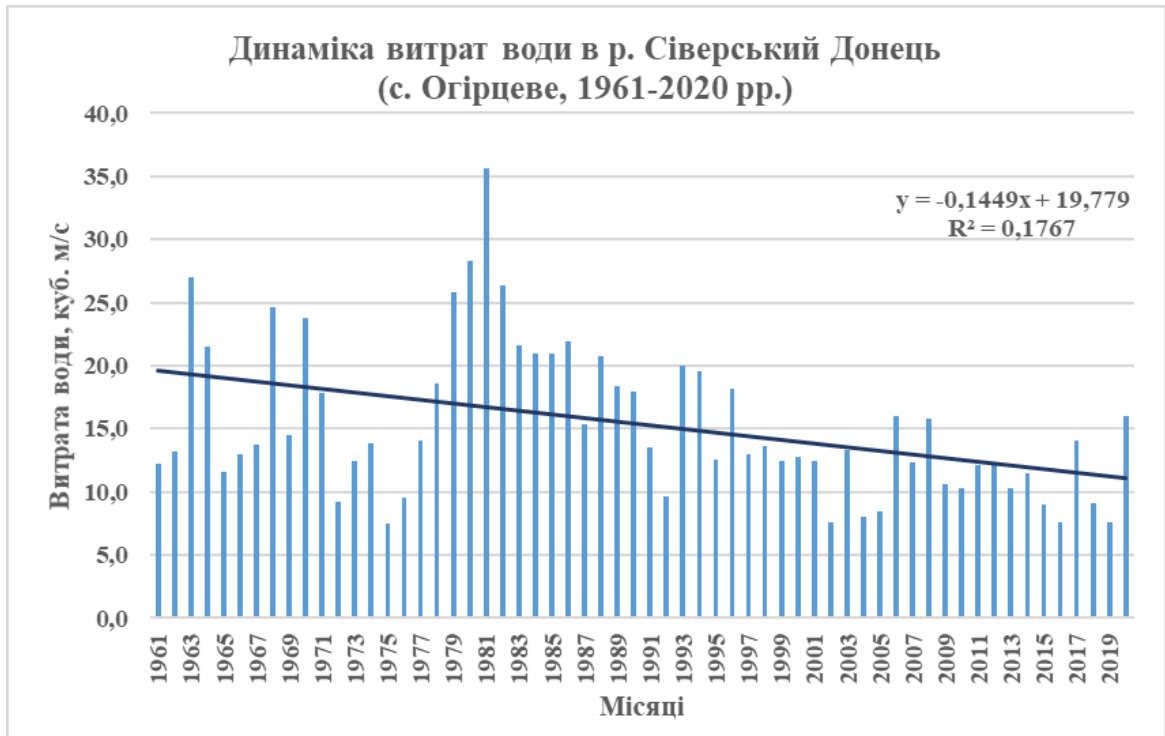


Рис. С.1. Динаміка середніх річних витрат води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

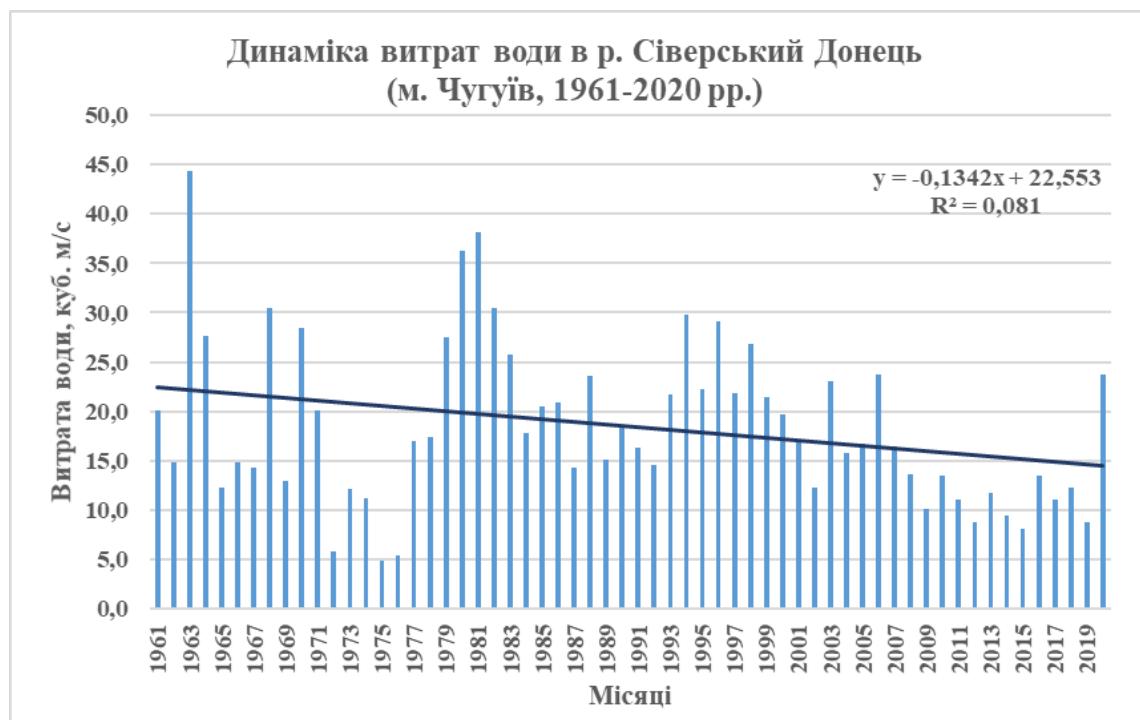


Рис. С.2. Динаміка середніх річних витрат води у р. Сіверський Донець (м. Чугуїв) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

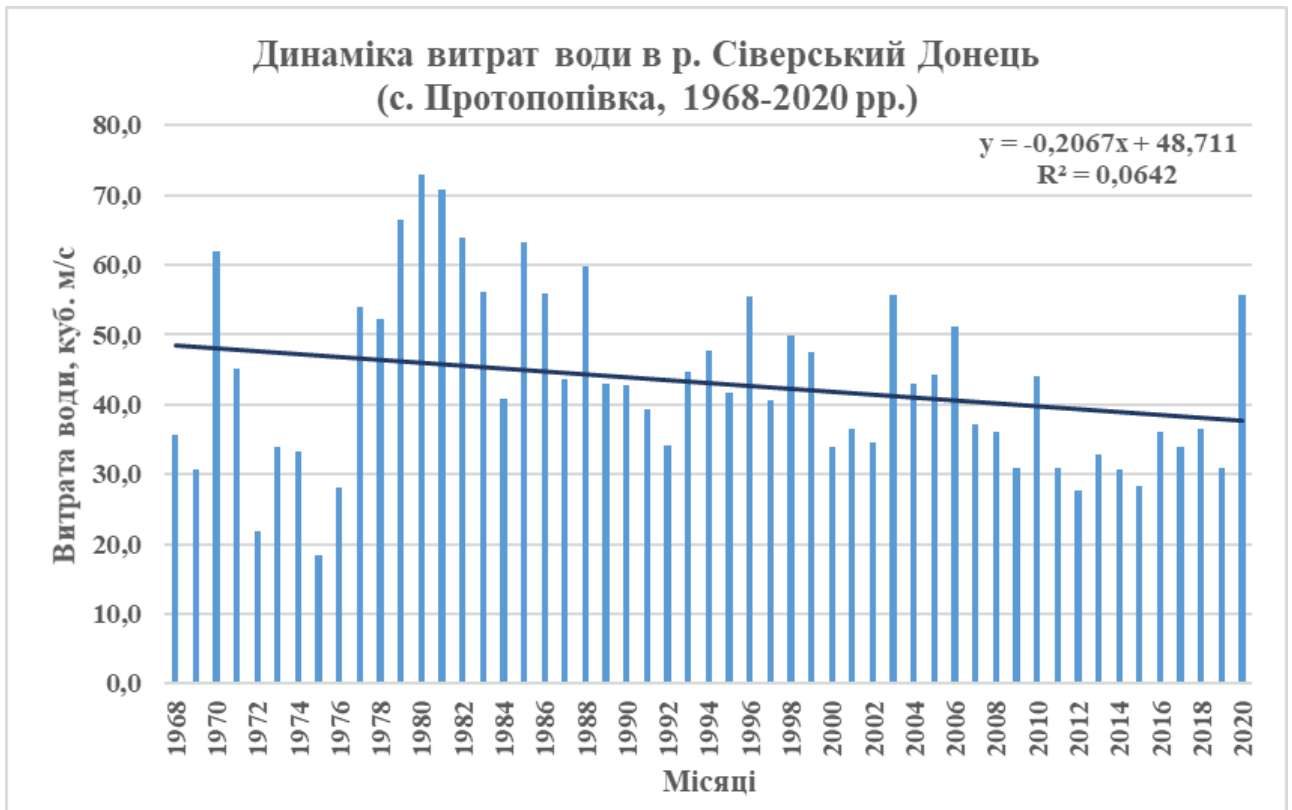


Рис. С.3. Динаміка середніх річних витрат води у р. Сіверський Донець (с. Протопопівка) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

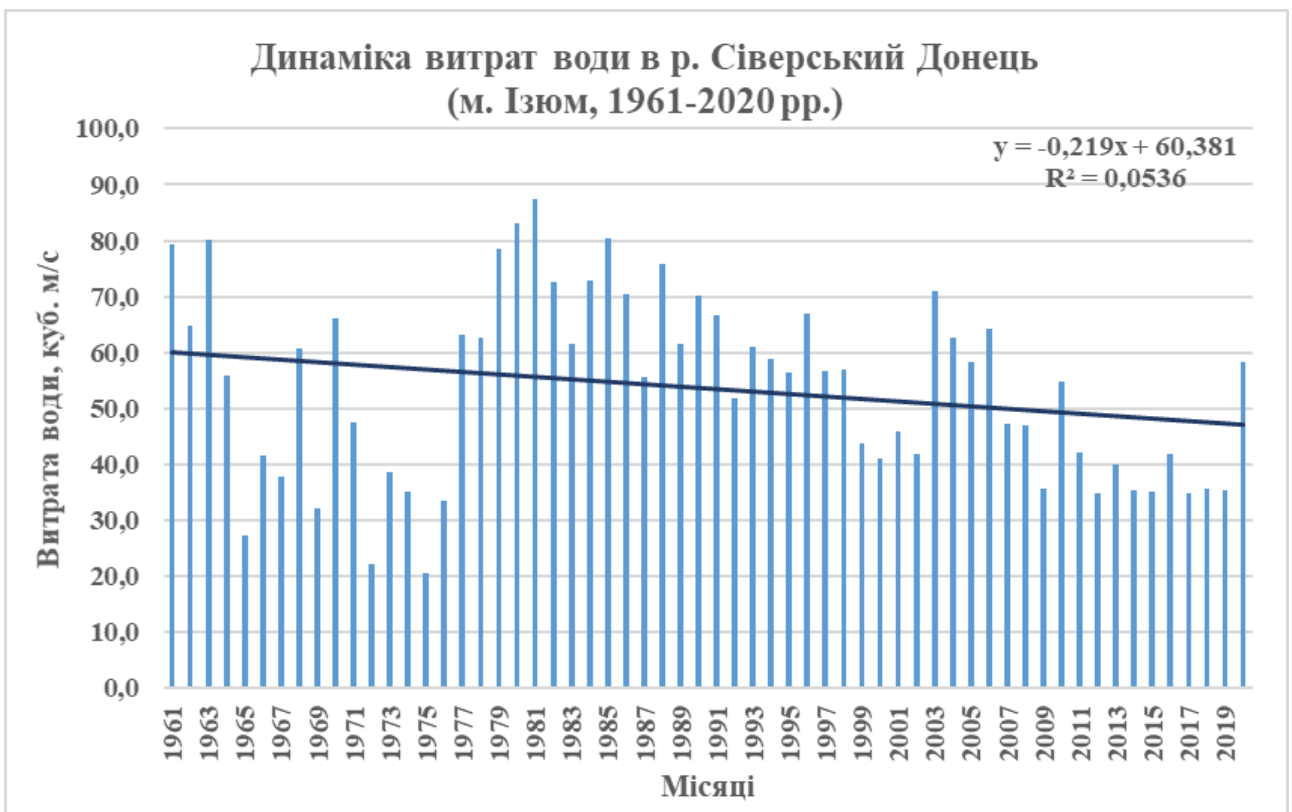


Рис. С.4. Динаміка середніх річних витрат води у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

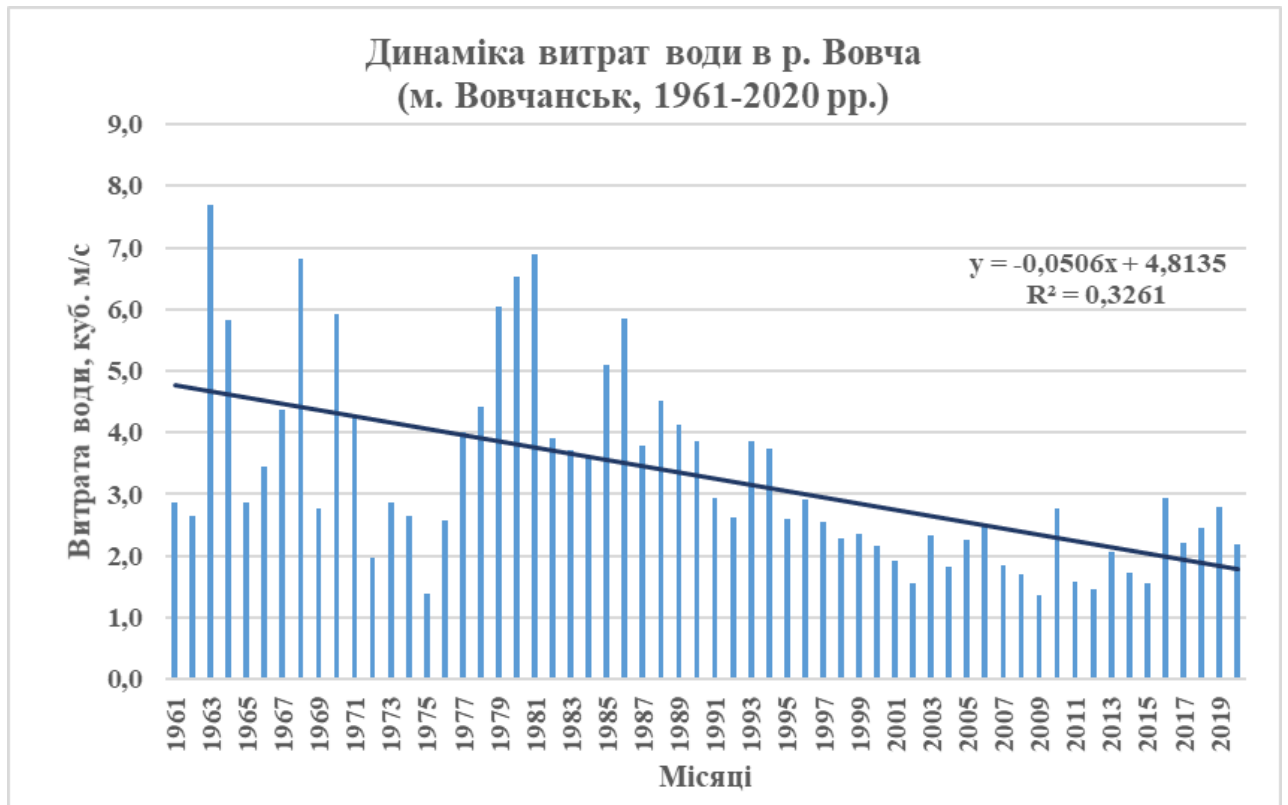


Рис. С.5. Динаміка середніх річних витрат води у р. Вовча (м. Вовчанськ) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

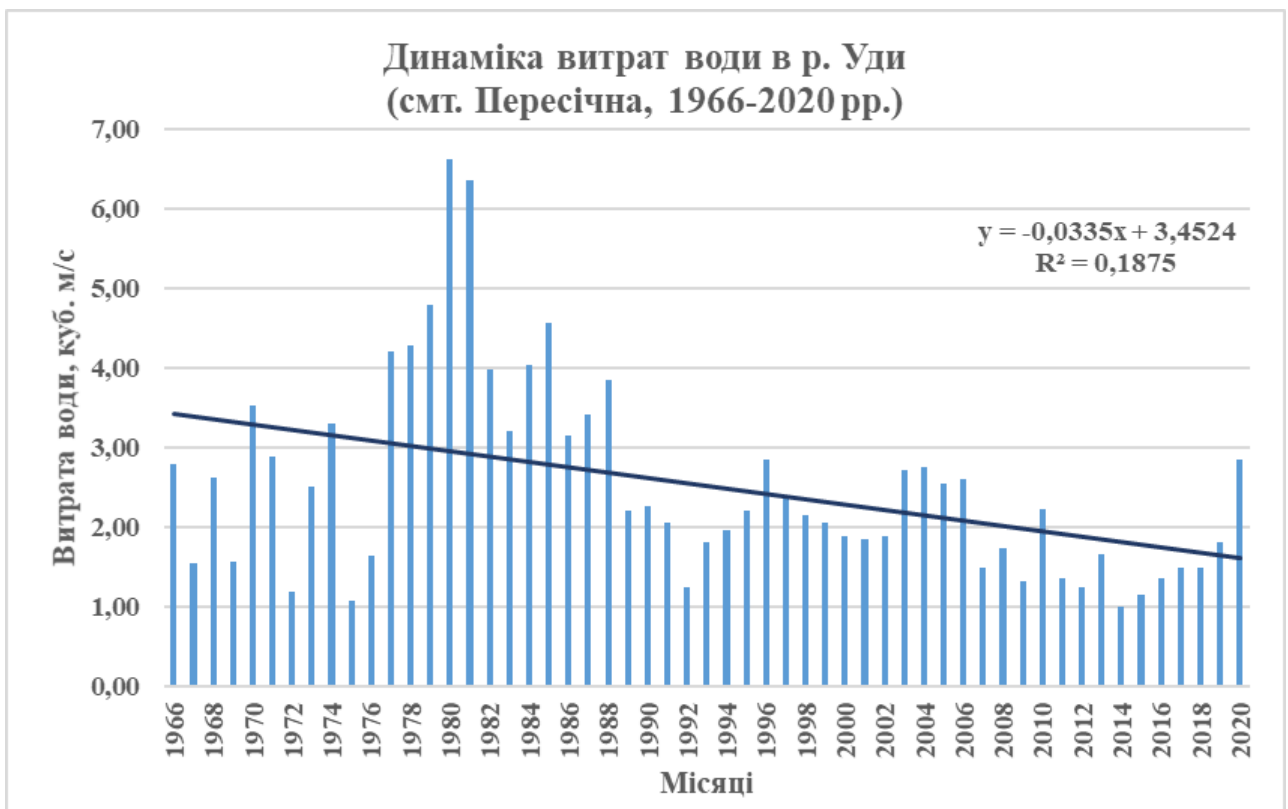


Рис. С.6. Динаміка середніх річних витрат води у р. Уди (смт. Пересічна) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

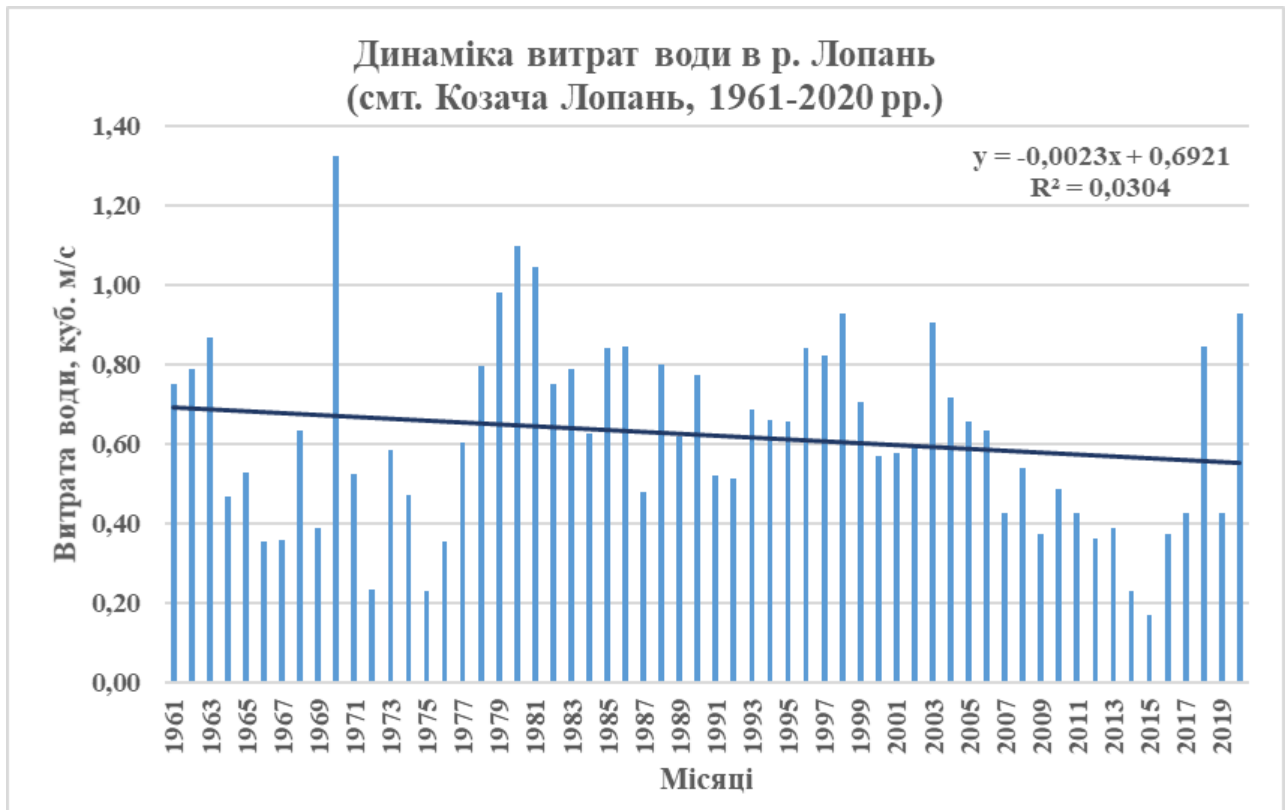


Рис. С.7. Динаміка середніх річних витрат води у р. Лопань (сmt. Козача Лопань) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

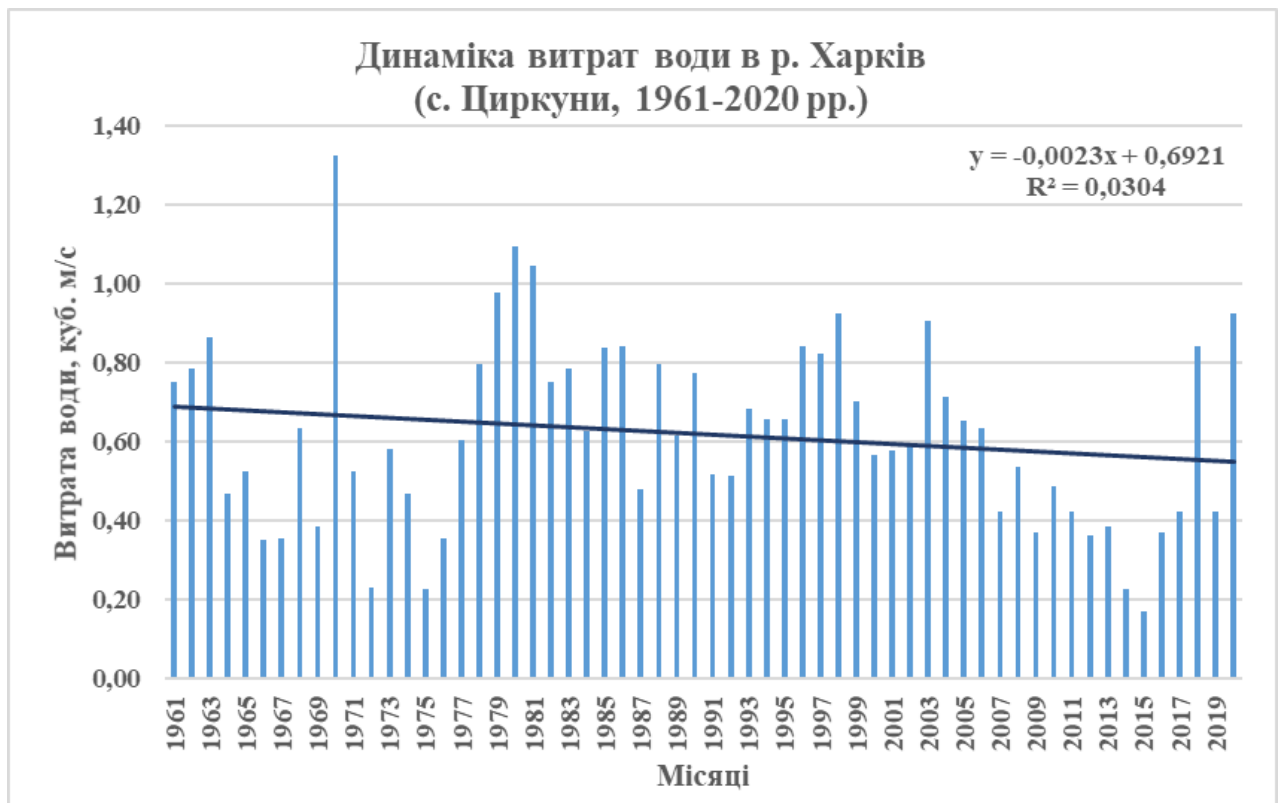


Рис. С.8. Динаміка середніх річних витрат води у р. Харків (с. Циркуни) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

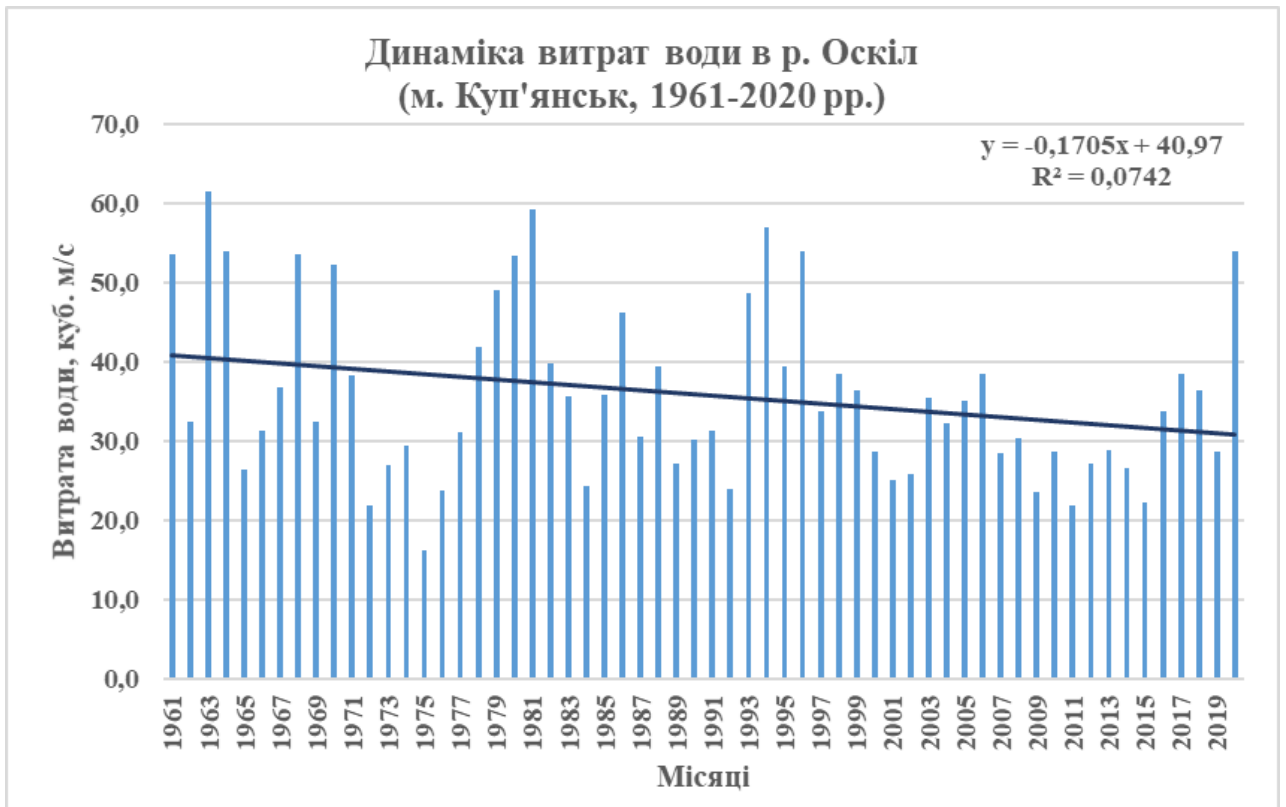


Рис. С.9. Динаміка середніх річних витрат води у р. Оскіл (м. Куп'янськ) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

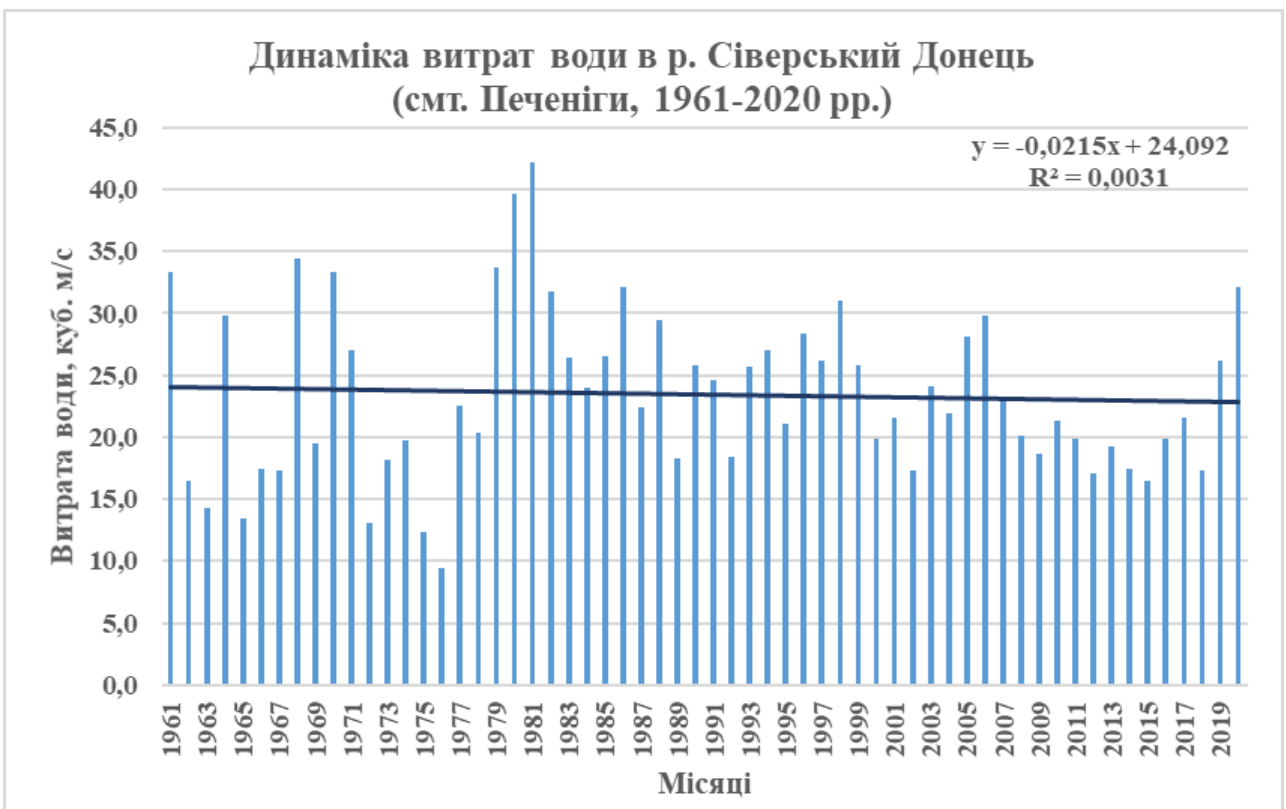


Рис. С.10. Динаміка середніх річних витрат води у р. Сіверський Донець (смт. Печеніги) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

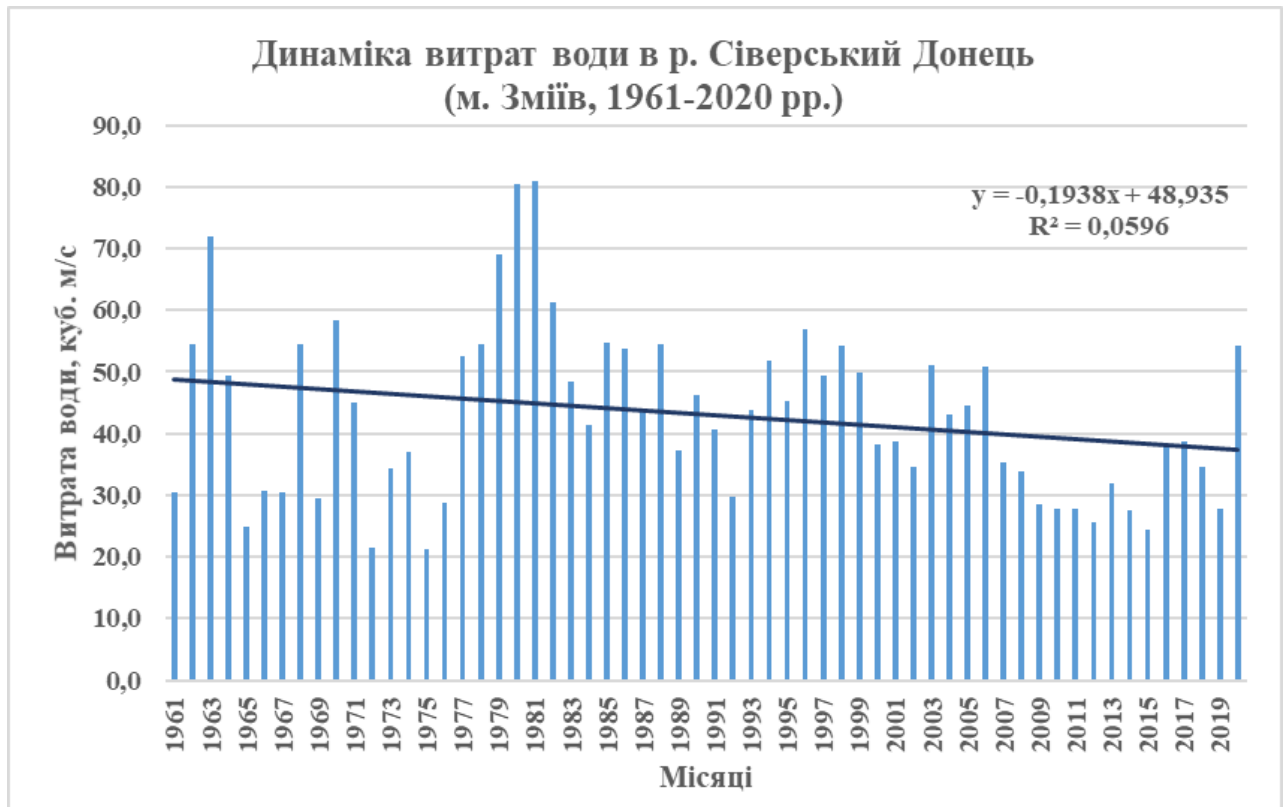


Рис. С.11. Динаміка середніх річних витрат води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

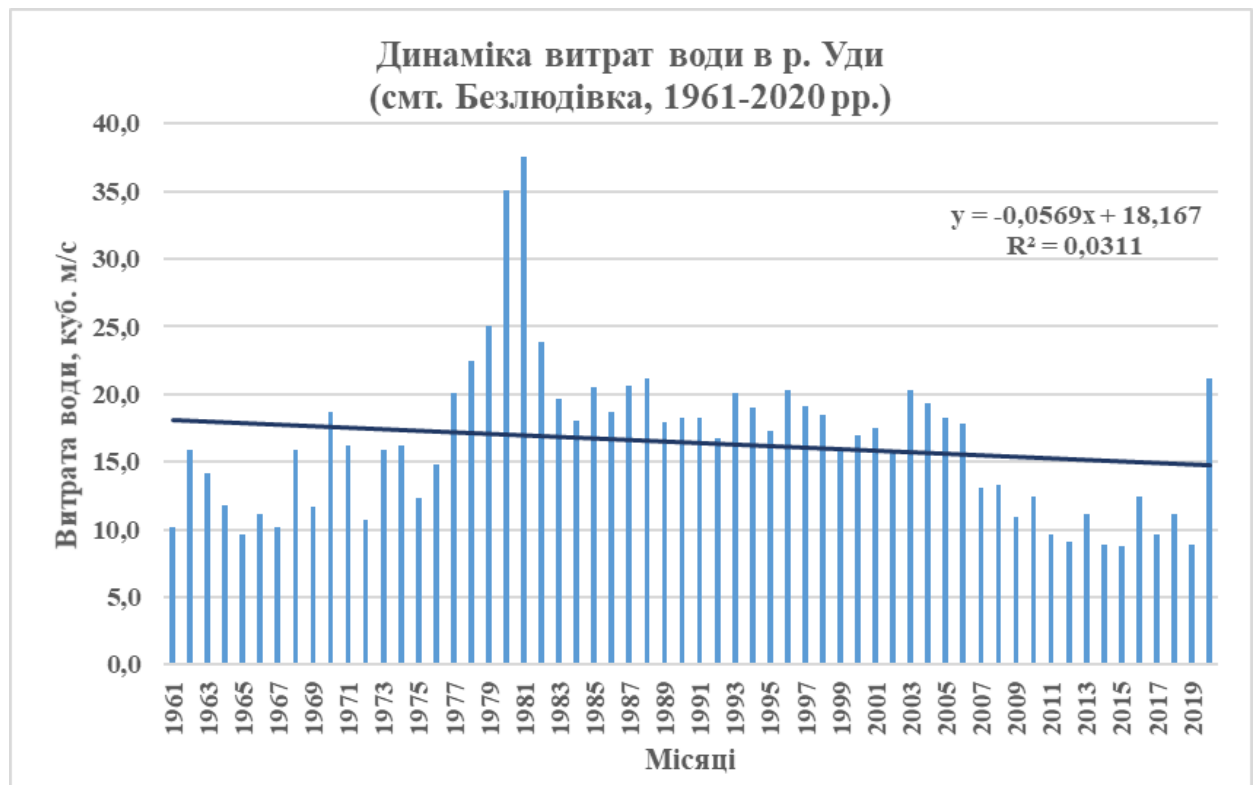


Рис. С.12. Динаміка середніх річних витрат води у р. Уди (сmt. Безлюдівка) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

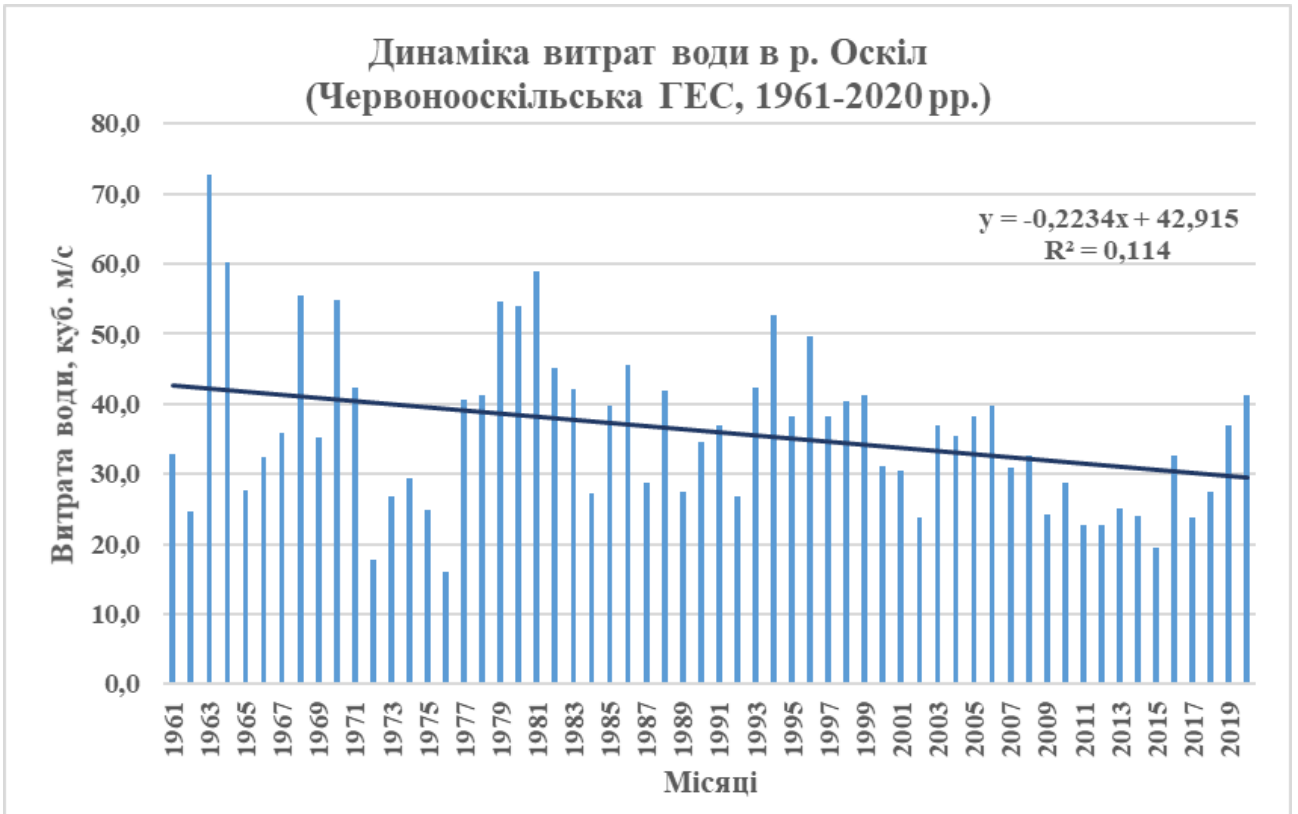


Рис. С.13. Динаміка середніх річних витрат води у р. Оскіл (Червонооскільська ГЕС) впродовж 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 170, 189-191])

ДОДАТОК Т. ДИНАМІКА ІНДЕКСУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ

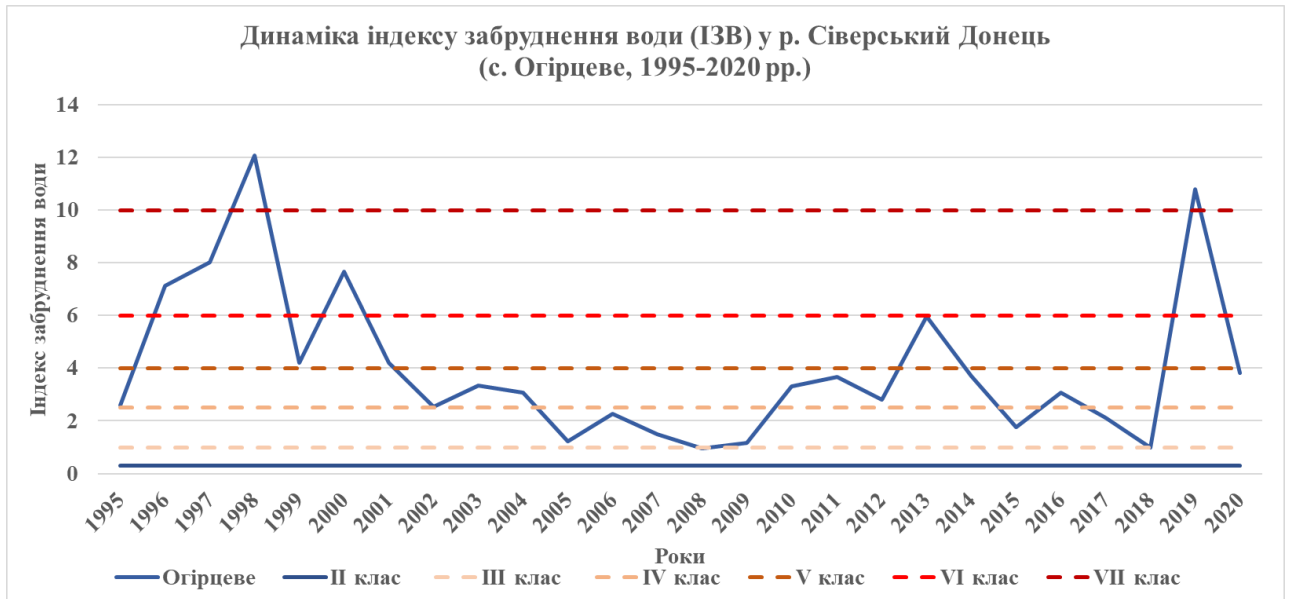


Рис. Т.1. Динаміка індексу забруднення води у р. Сіверський Донець (с. Огірцеве, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

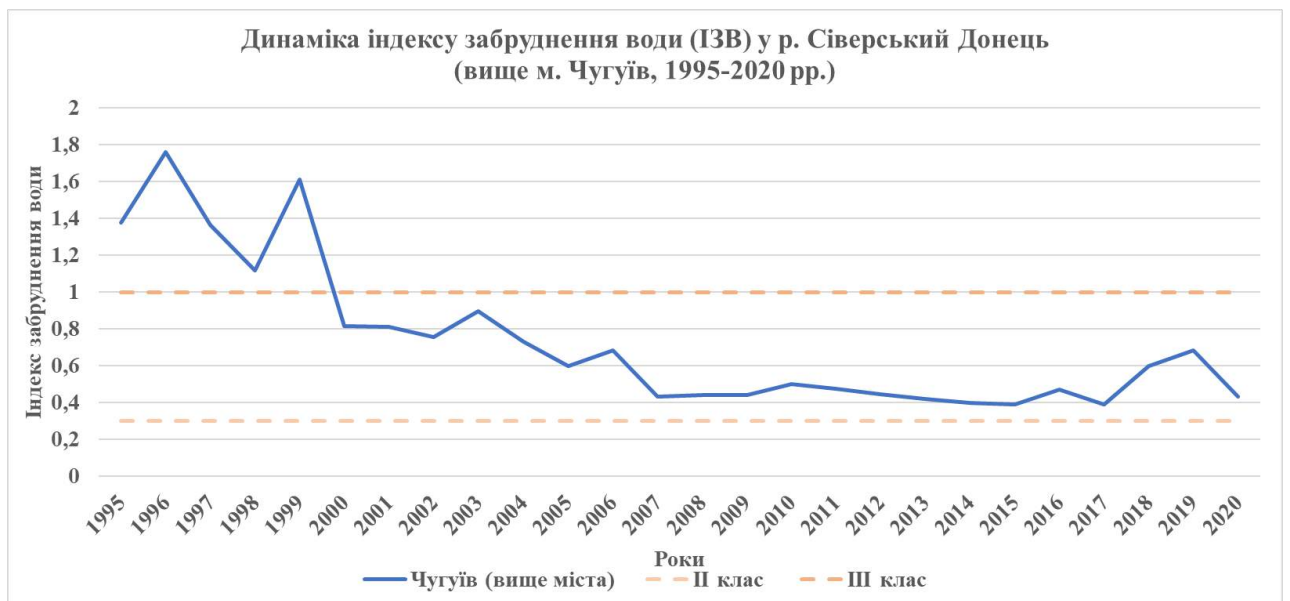


Рис. Т.2. Динаміка індексу забруднення води у р. Сіверський Донець (вище м. Чугуїв, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])



Рис. Т.3. Динаміка індексу забруднення води у р. Сіверський Донець (м. Чугуїв, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

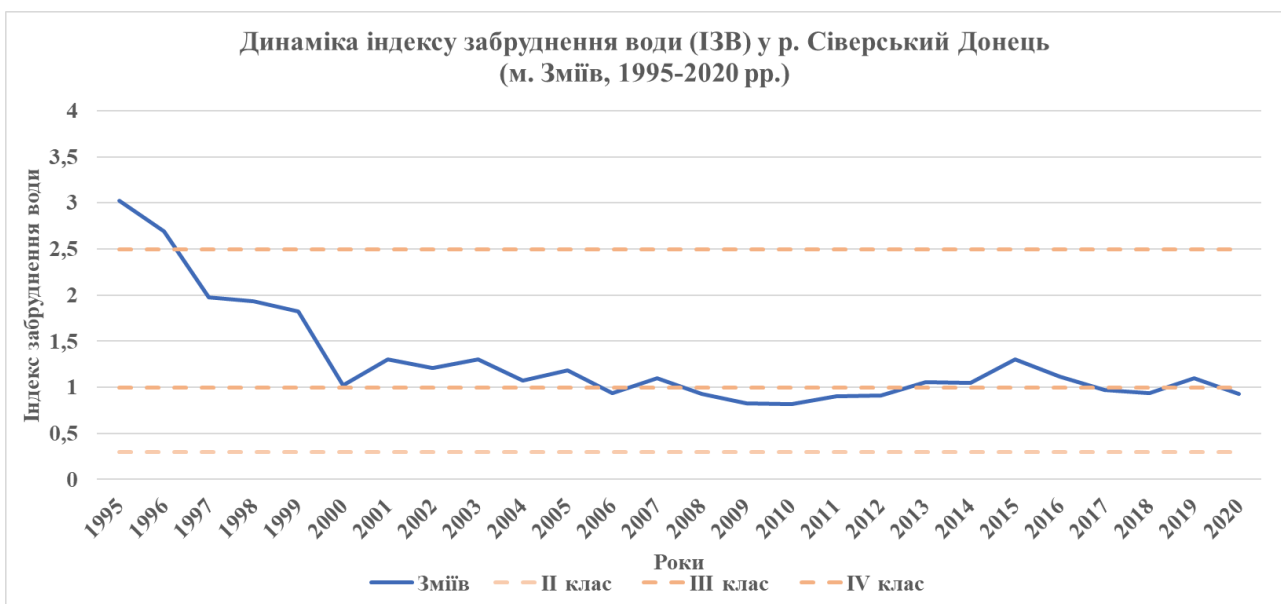


Рис. Т.4. Динаміка індексу забруднення води у р. Сіверський Донець (м. Зміїв, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

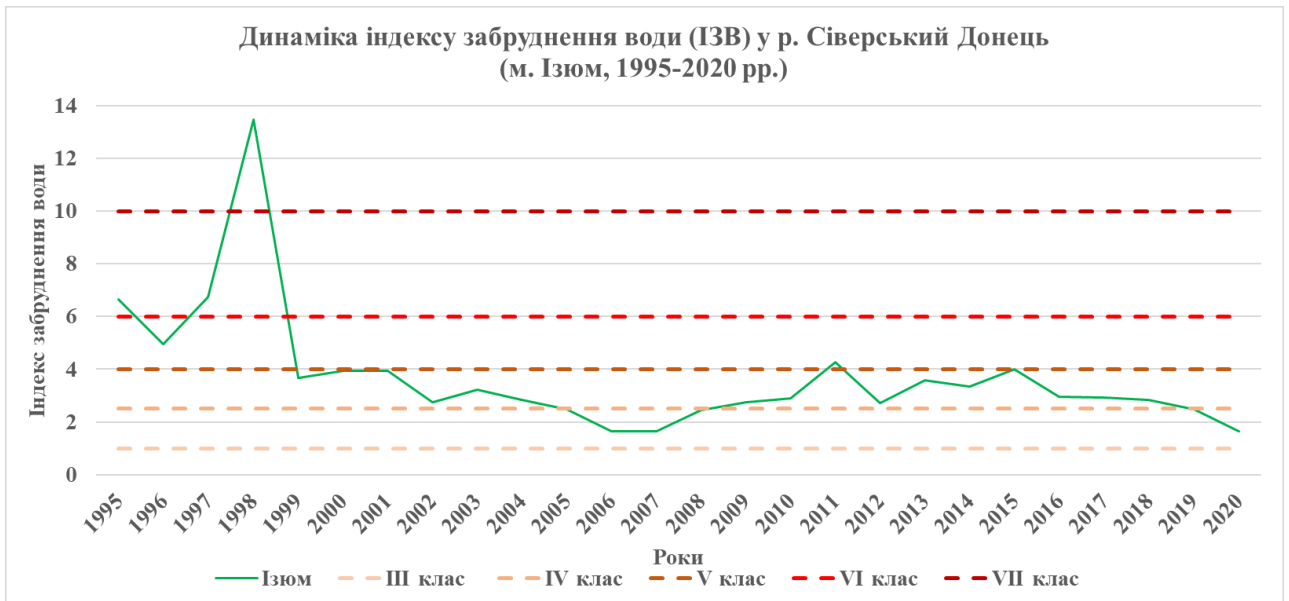


Рис. Т.5. Динаміка індексу забруднення води у р. Сіверський Донець (см. Ізюм, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

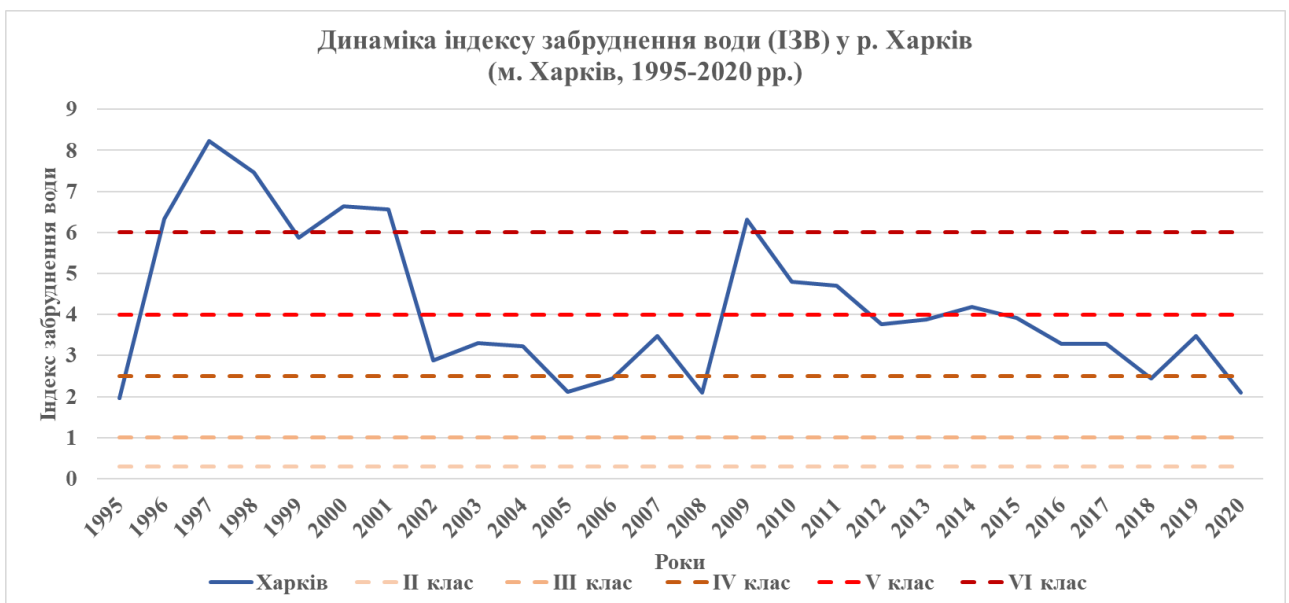


Рис. Т.6. Динаміка індексу забруднення води у р. Харків (м. Харків, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

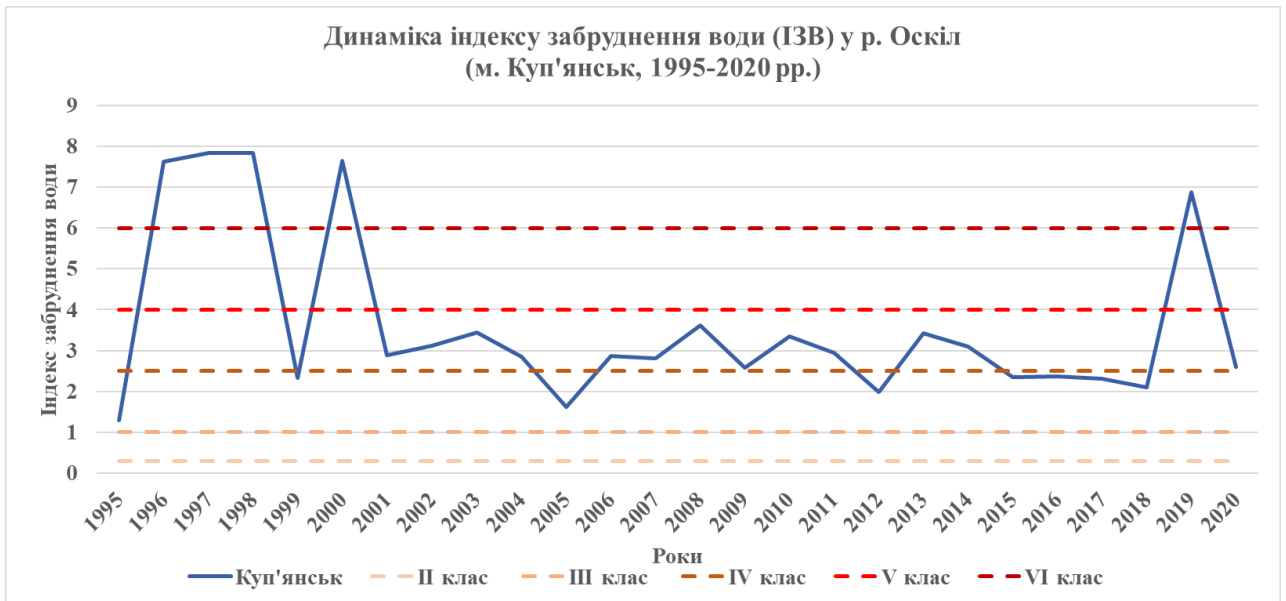


Рис. Т.7. Динаміка індексу забруднення води у р. Оскіл (м. Куп'янськ, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

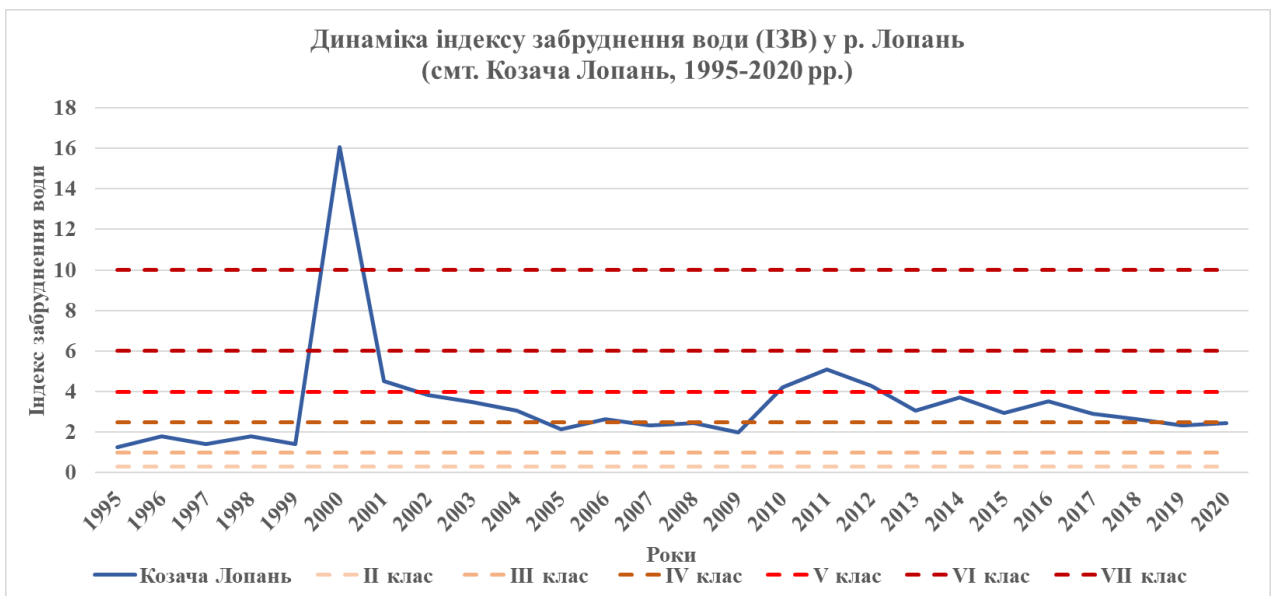


Рис. Т.8. Динаміка індексу забруднення води у р. Лопань (смт. Козача Лопань, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

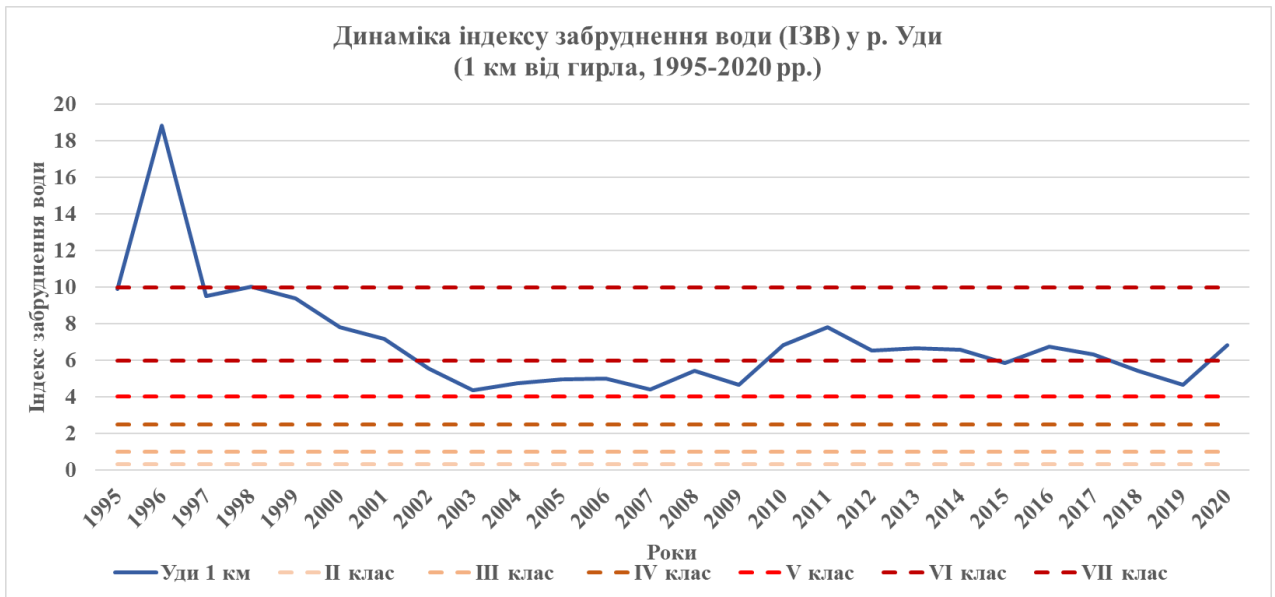


Рис. Т.9. Динаміка індексу забруднення води у р. Уди (1 км від гирла, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

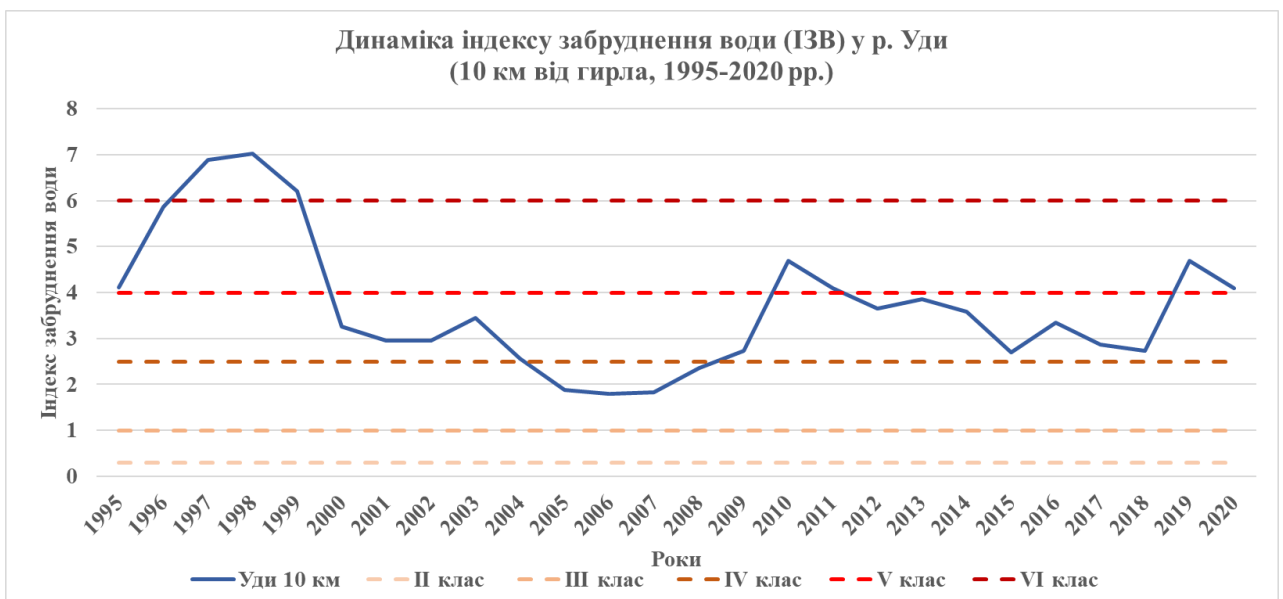


Рис. Т.10. Динаміка індексу забруднення води у р. Уди (10 км від гирла, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

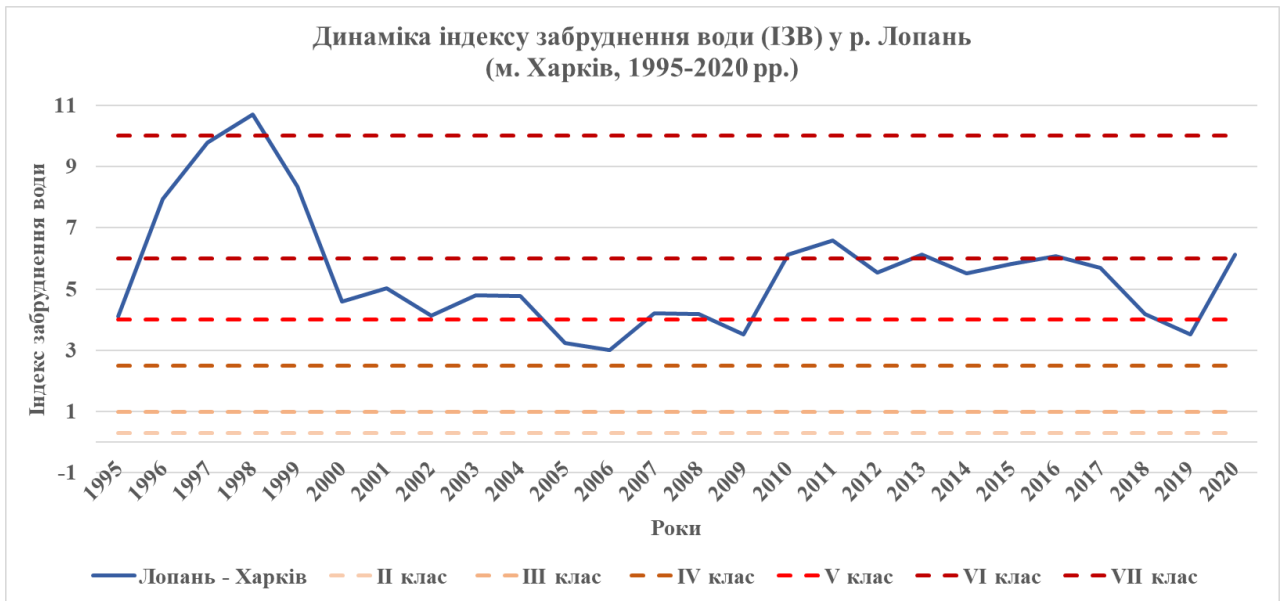


Рис. Т.11. Динаміка індексу забруднення води у р. Лопань (м. Харків, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

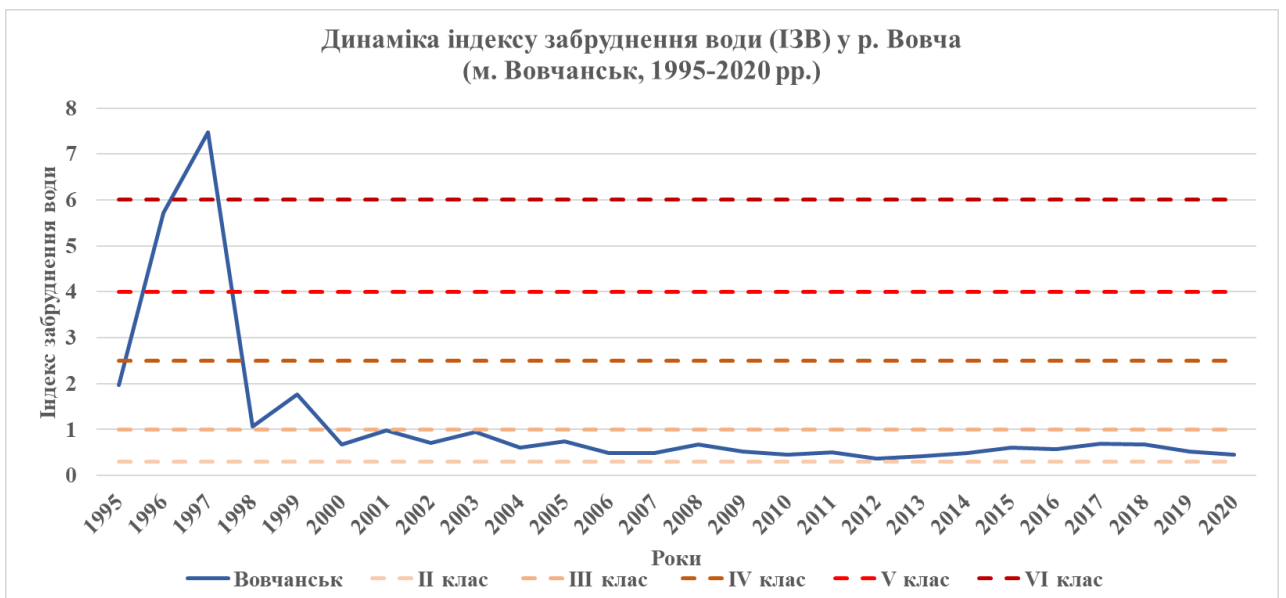


Рис. Т.12. Динаміка індексу забруднення води у р. Вовча (м. Вовчанськ, 1995-2020 рр.) (за даними [30, 137-153, 170, 185-186, 189-191])

ДОДАТОК У. КОЕФІЦІЄНТИ КОРЕЛЯЦІЇ

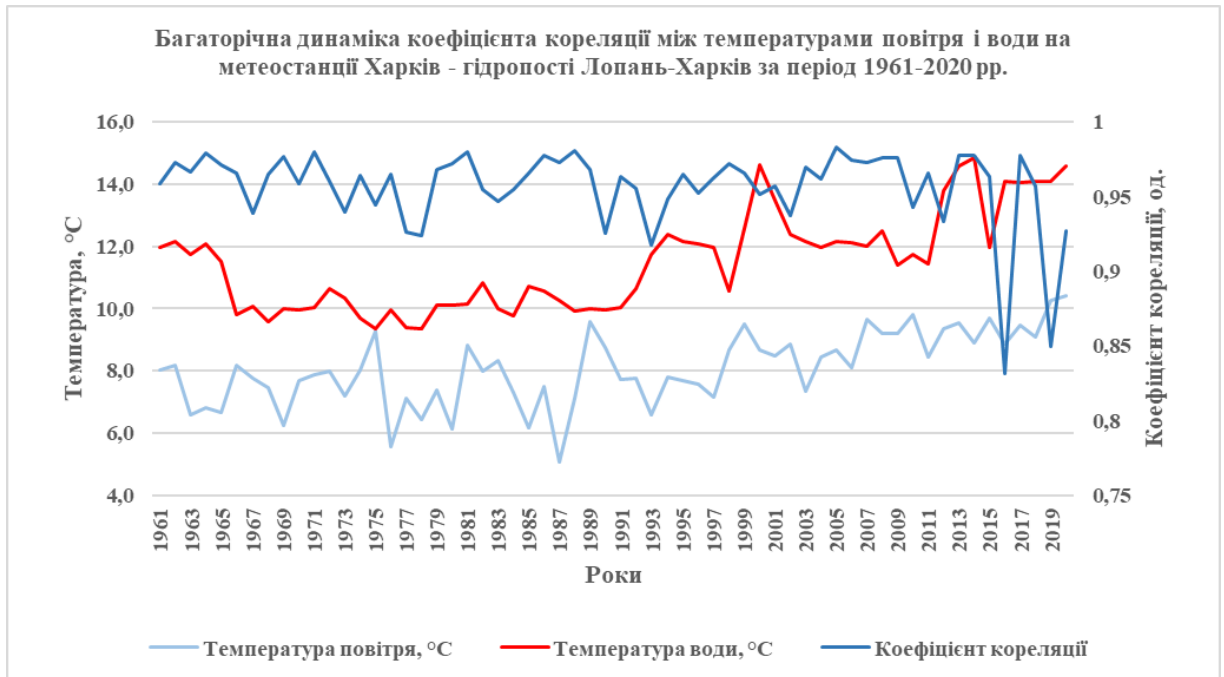


Рис. У.1. Багаторічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Харків – гідропості Лопань-Харків за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

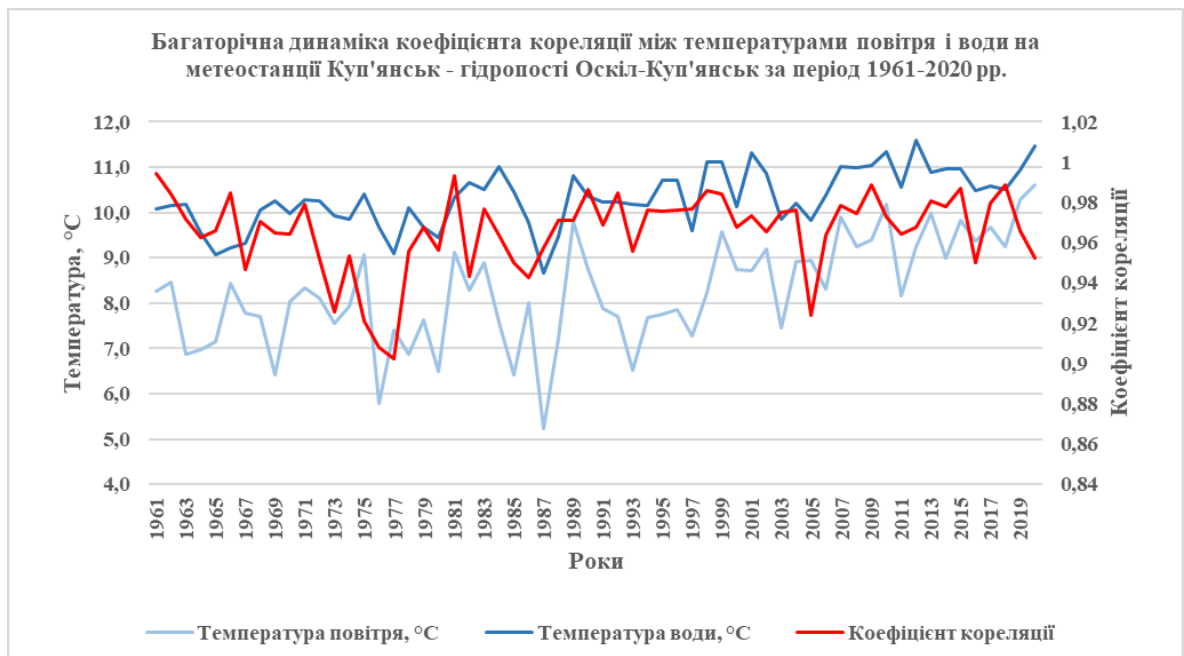


Рис. У.2. Багаторічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Куп'янськ – гідропості Оскіл-Куп'янськ за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

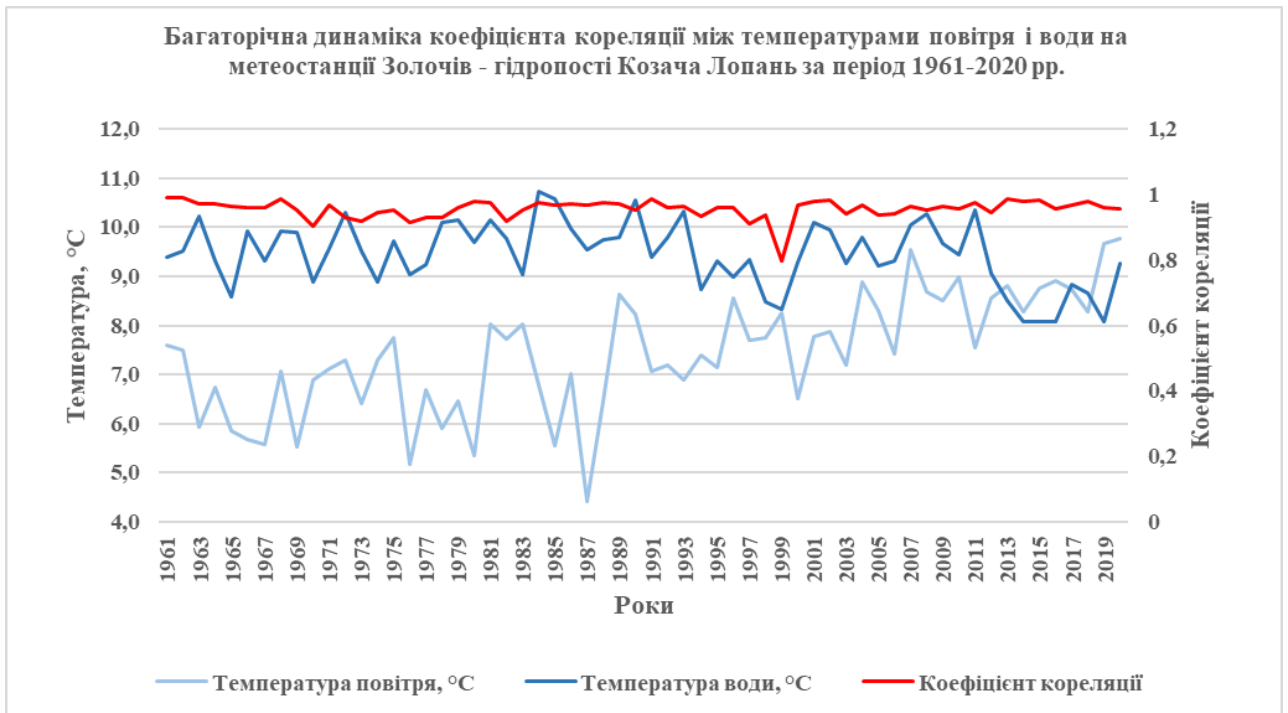


Рис. У.3. Багаторічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Золочів – гідропості Козача Лопань за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

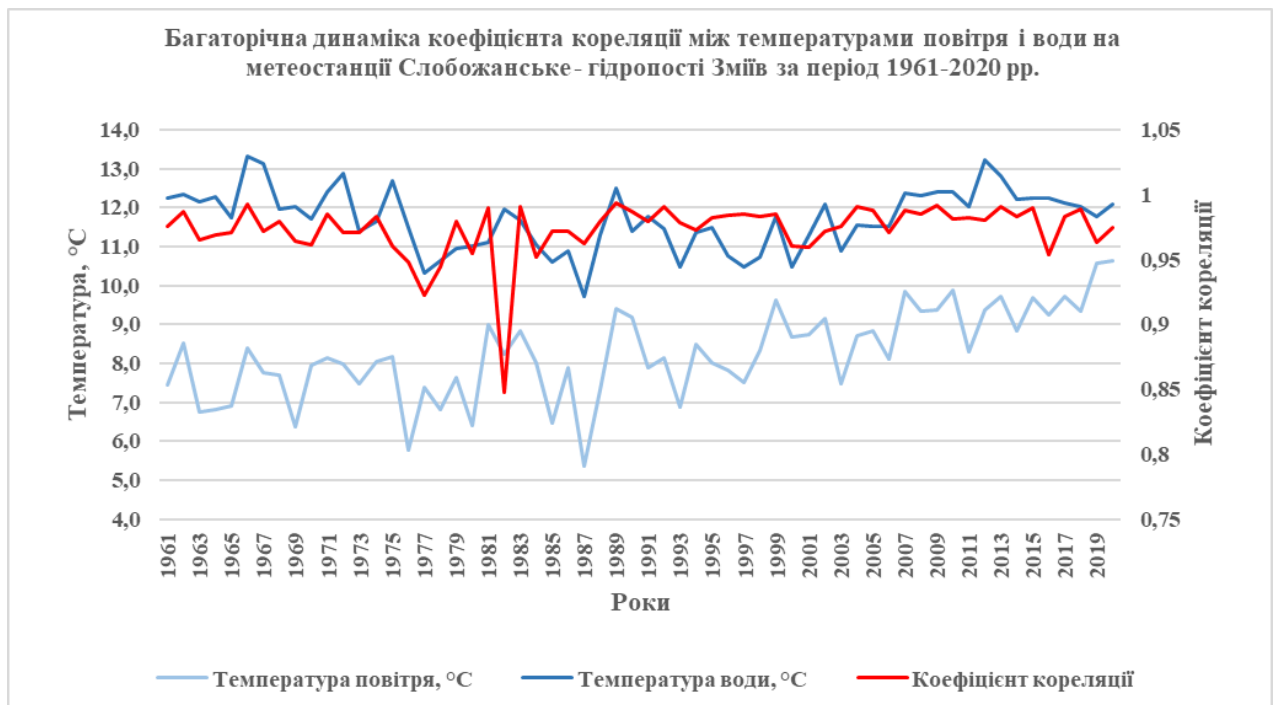


Рис. У.4. Багаторічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Слобожанське – гідропості Зміїв за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

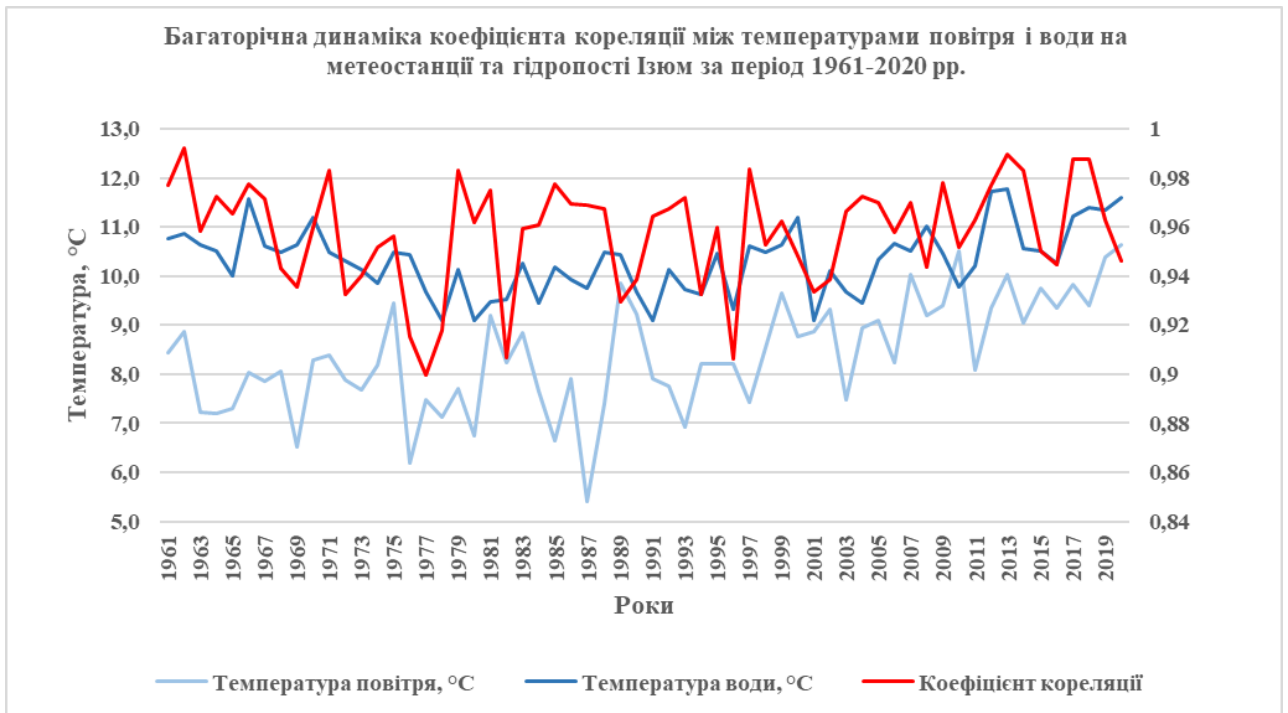


Рис. У.5. Багаторічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Ізюм за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

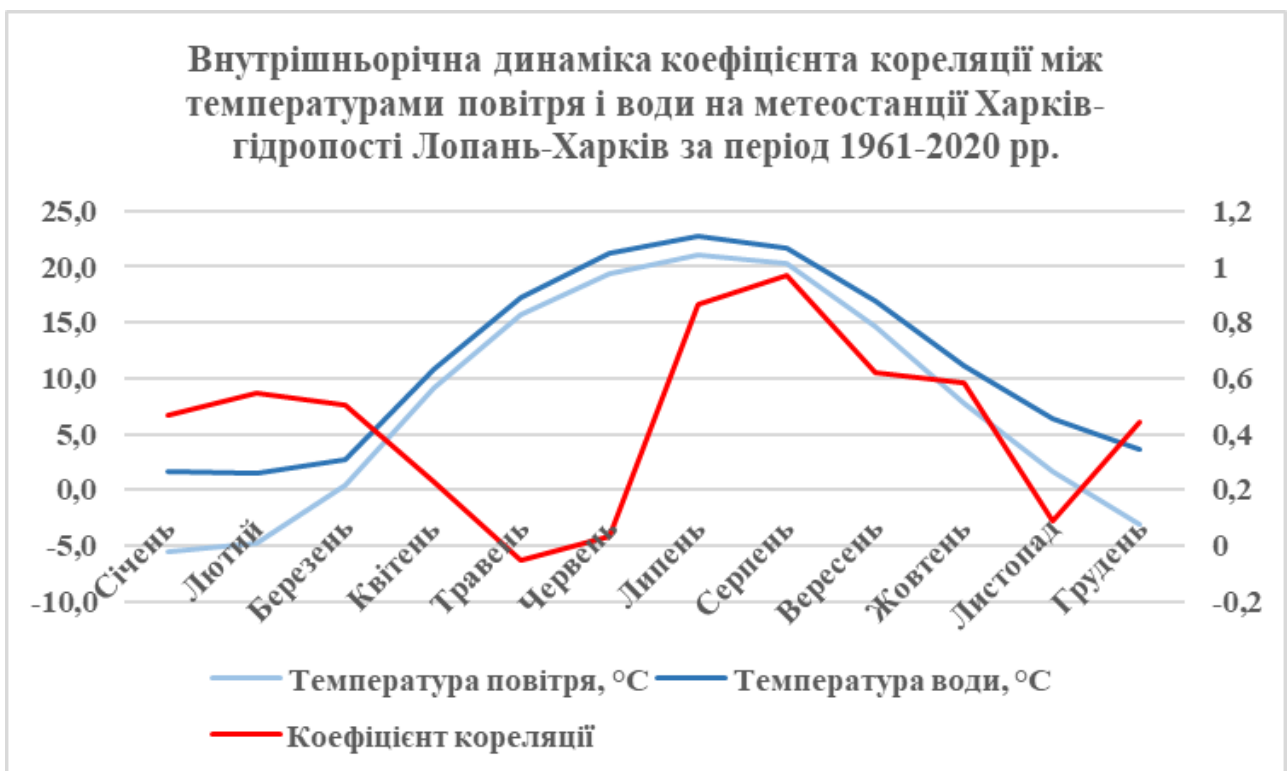


Рис. У.6. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Харків – гідропості Лопань-Харків за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. У.7. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Куп'янськ за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

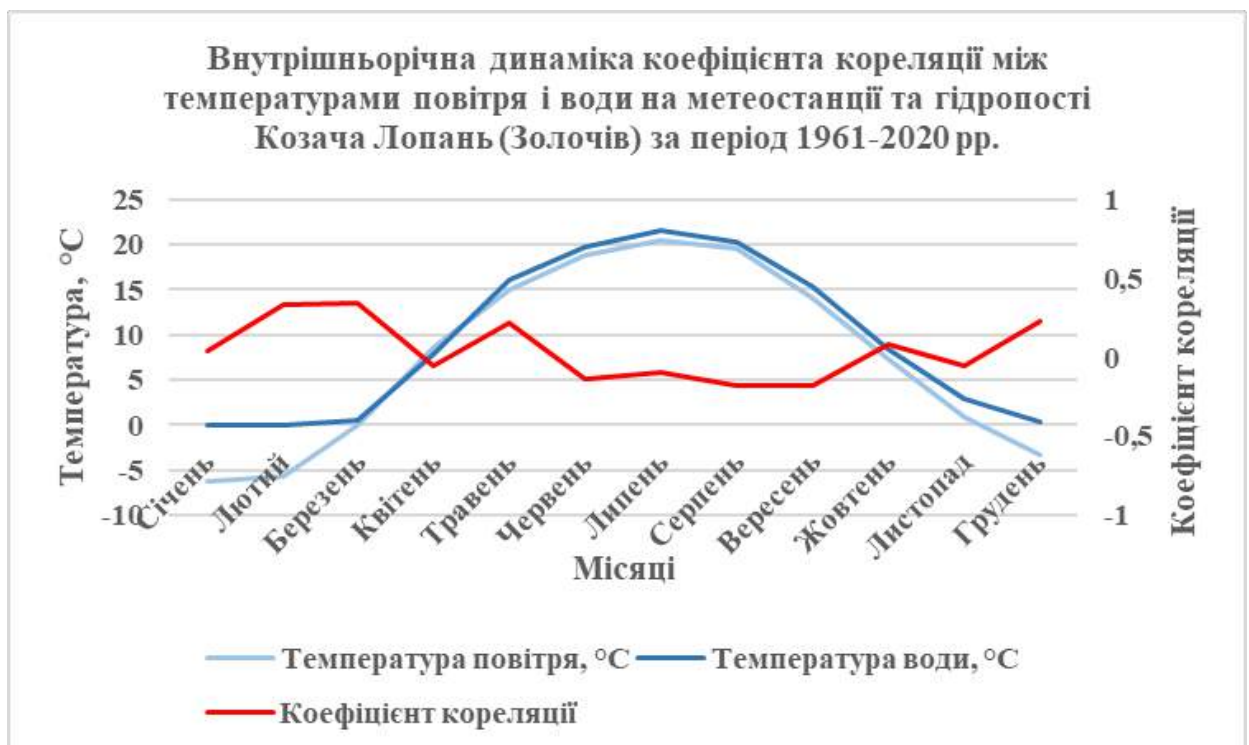


Рис. У.8. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Золочів (Козача Лопань) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

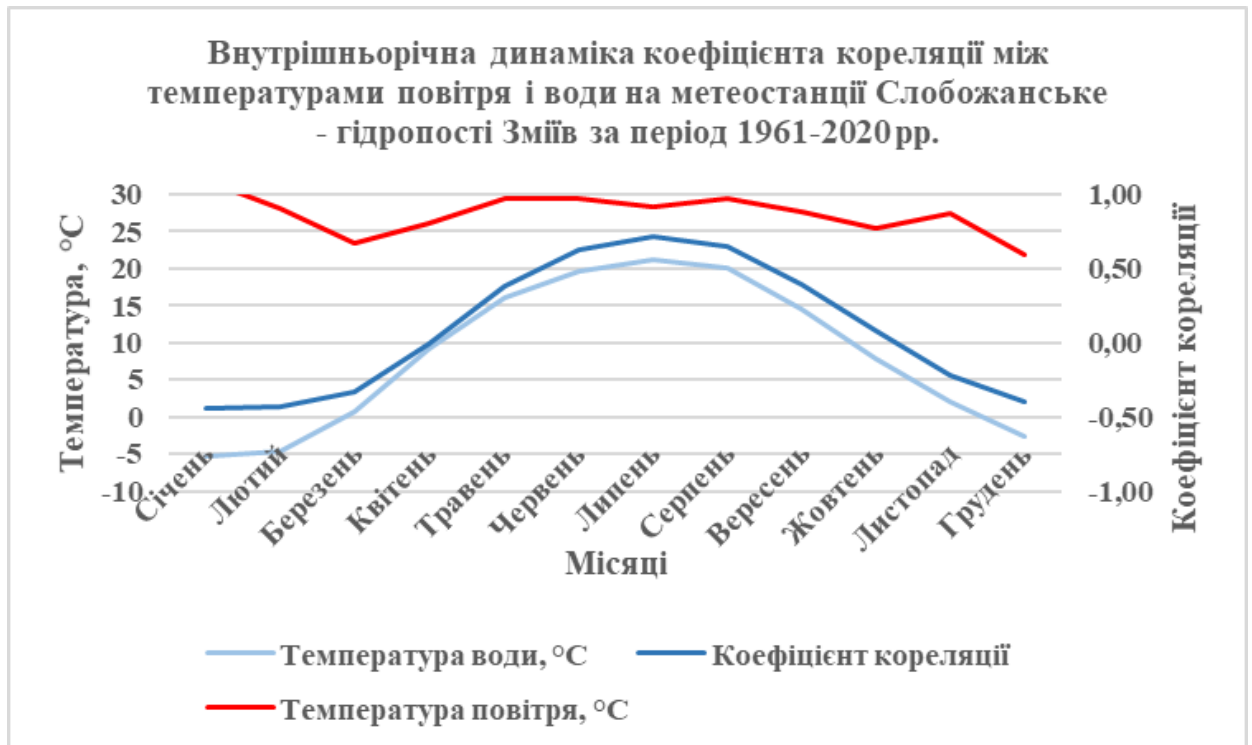


Рис. У.9. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Слобожанське - гідропості Зміїв за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

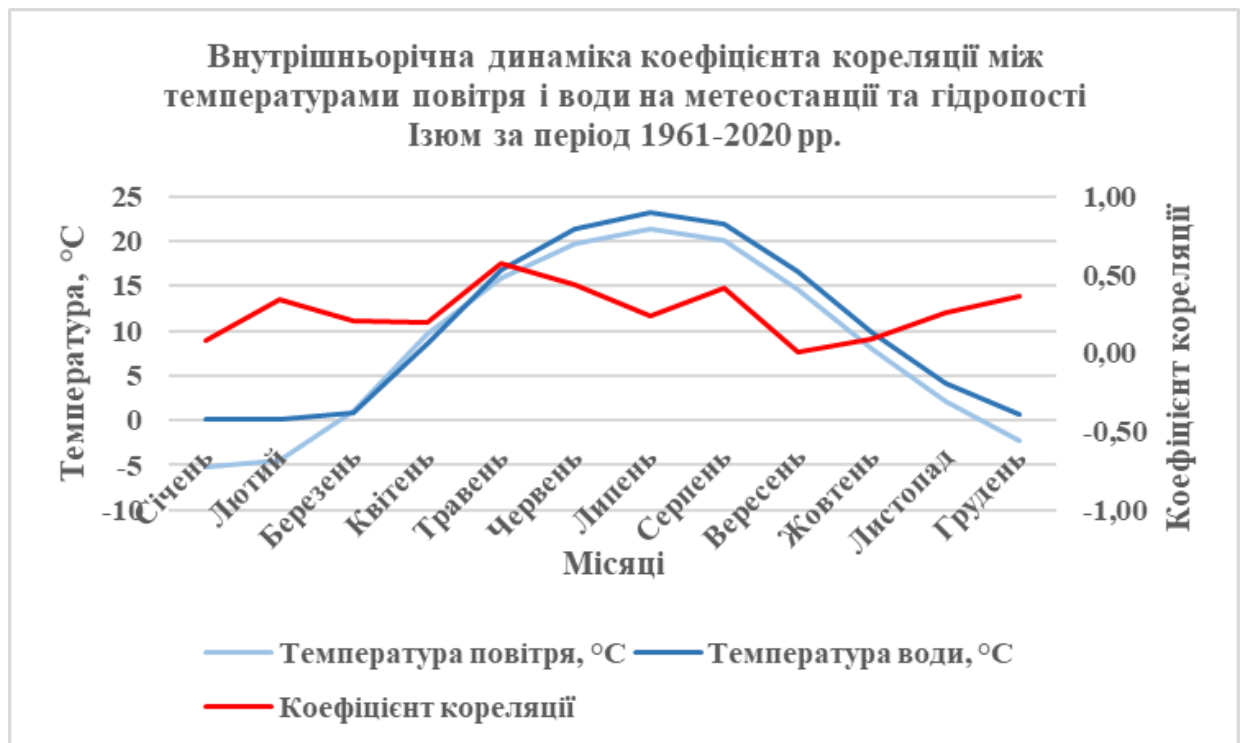


Рис. У.10. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Ізюм за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. У.11. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між атмосферними опадами та витратами води на метеостанції Харків – гідропості Лопань-Харків за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. У.12. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між атмосферними опадами та витратами води на метеостанції та гідропості Куп'янськ за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

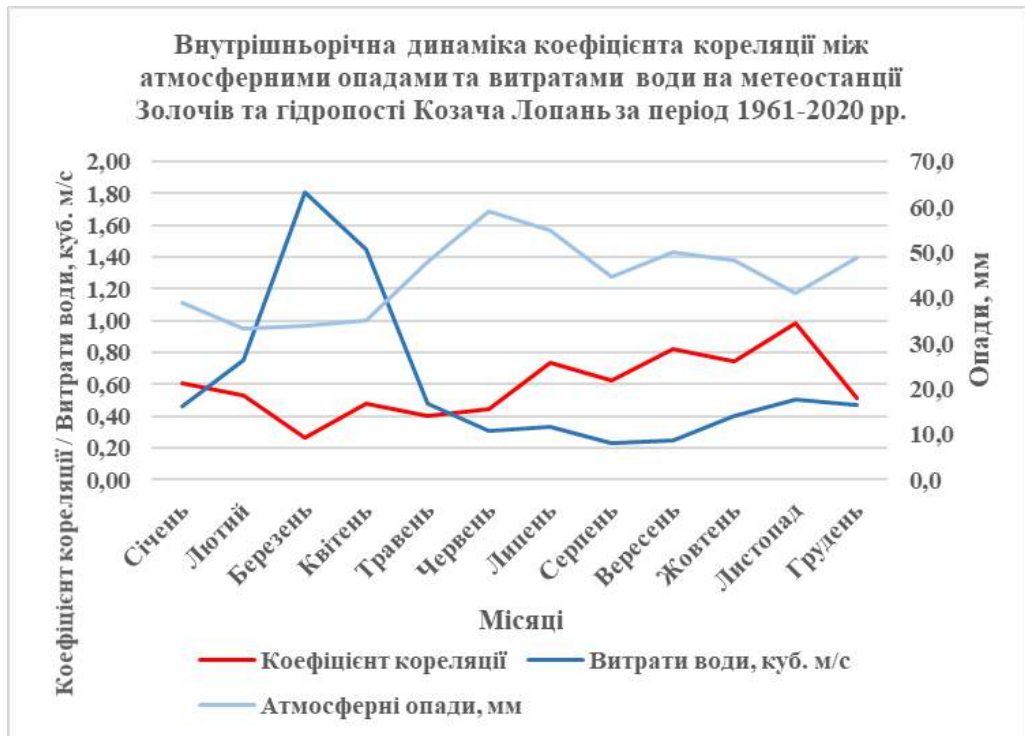


Рис. У.13. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Золочів (Козача Лопань) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. У.14. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Слобожанське - гідропості Зміїв за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])



Рис. У.15. Внутрішньорічна динаміка коефіцієнта кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Ізюм за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

ДОДАТОК Ф. КРИТЕРІЙ СТЬЮДЕНТА

Таблиця Ф.1

Розрахунок критерію Стьюдента для коефіцієнтів кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Харків – гідропості Лопань-Харків за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Роки	r	t	σ	α
1961	0,958737	91,11526	0,010522	60
1962	0,972775	139,1219	0,006992	60
1963	0,966453	112,5305	0,008588	60
1964	0,9789	180,0754	0,005436	60
1965	0,971425	132,457	0,007334	60
1966	0,965543	109,5045	0,008817	60
1967	0,938845	60,82006	0,015436	60
1968	0,964791	107,1237	0,009006	60
1969	0,976766	163,3536	0,005979	60
1970	0,958877	91,43173	0,010487	60
1971	0,979561	185,9682	0,005267	60
1972	0,960384	94,98594	0,010111	60
1973	0,940035	62,06688	0,015146	60
1974	0,964005	104,7412	0,009204	60
1975	0,944074	66,69715	0,014155	60
1976	0,965105	108,1058	0,008927	60
1977	0,925916	49,84686	0,018575	60
1978	0,923757	48,37614	0,019095	60
1979	0,967713	117,0004	0,008271	60
1980	0,971745	133,9794	0,007253	60
1981	0,979545	185,814	0,005272	60
1982	0,954836	83,0714	0,011494	60
1983	0,946797	70,21394	0,013484	60
1984	0,954532	82,5031	0,01157	60
1985	0,965609	109,721	0,008801	60
1986	0,977632	169,7553	0,005759	60
1987	0,97311	140,8771	0,006908	60
1988	0,980827	198,3777	0,004944	60
1989	0,967775	117,2298	0,008255	60
1990	0,925572	49,60646	0,018658	60
1991	0,9637	103,8459	0,00928	60
1992	0,955115	83,59952	0,011425	60
1993	0,917731	44,68066	0,02054	60

1994	0,948351	72,38819	0,013101	60
1995	0,964743	106,975	0,009018	60
1996	0,952208	78,39271	0,012147	60
1997	0,962356	100,0674	0,009617	60
1998	0,97172	133,8555	0,007259	60
1999	0,96556	109,56	0,008813	60
2000	0,951451	77,13863	0,012334	60
2001	0,95724	87,85475	0,010896	60
2002	0,937199	59,17186	0,015839	60
2003	0,969947	125,8424	0,007708	60
2004	0,961564	97,96332	0,009816	60
2005	0,983061	224,7967	0,004373	60
2006	0,973997	145,7499	0,006683	60
2007	0,97297	140,1393	0,006943	60
2008	0,976116	158,8582	0,006145	60
2009	0,976319	160,2357	0,006093	60
2010	0,942961	65,35571	0,014428	60
2011	0,965561	109,5638	0,008813	60
2012	0,933665	55,91006	0,016699	60
2013	0,97725	166,8756	0,005856	60
2014	0,977194	166,4562	0,005871	60
2015	0,963722	103,9089	0,009275	60
2016	0,831488	20,69414	0,04018	60
2017	0,977587	169,4093	0,005771	60
2018	0,95733	88,04496	0,010873	60
2019	0,849767	23,4879	0,036179	60
2020	0,927308	50,84099	0,018239	60

Таблиця Ф.2

Розрахунок критерію Стюдента для коефіцієнтів кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Куп'янськ – гідропості Оскіл-Куп'янськ за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Роки	r	t	σ	α
1961	0,994148	654,3466	0,001519	60
1962	0,984166	240,6119	0,00409	60
1963	0,971799	134,2375	0,007239	60
1964	0,962731	101,0935	0,009523	60
1965	0,966229	111,7698	0,008645	60
1966	0,984893	252,2859	0,003904	60
1967	0,946806	70,22726	0,013482	60
1968	0,970378	127,7045	0,007599	60
1969	0,9648	107,1511	0,009004	60
1970	0,964151	105,1765	0,009167	60
1971	0,979087	181,7072	0,005388	60
1972	0,951862	77,81549	0,012232	60
1973	0,925716	49,70656	0,018624	60
1974	0,953398	80,44688	0,011851	60
1975	0,921197	46,73741	0,01971	60
1976	0,907981	39,724	0,022857	60
1977	0,902139	37,22618	0,024234	60
1978	0,955592	84,52069	0,011306	60
1979	0,967468	116,1044	0,008333	60
1980	0,956425	86,17349	0,011099	60
1981	0,993266	568,4006	0,001747	60
1982	0,943289	65,74562	0,014348	60
1983	0,976991	164,9719	0,005922	60
1984	0,963639	103,6671	0,009296	60
1985	0,949891	74,67423	0,01272	60
1986	0,942599	64,93084	0,014517	60
1987	0,957535	88,47994	0,010822	60
1988	0,971191	131,3631	0,007393	60
1989	0,971198	131,3965	0,007391	60
1990	0,986551	283,6388	0,003478	60
1991	0,968812	121,1904	0,007994	60
1992	0,984507	245,9542	0,004003	60
1993	0,955452	84,24764	0,011341	60
1994	0,976341	160,3876	0,006087	60
1995	0,975702	156,116	0,00625	60
1996	0,976414	160,8923	0,006069	60
1997	0,976951	164,6805	0,005932	60
1998	0,985681	266,2823	0,003702	60

1999	0,984155	240,4441	0,004093	60
2000	0,967596	116,5713	0,0083	60
2001	0,973113	140,8951	0,006907	60
2002	0,965522	109,4393	0,008822	60
2003	0,975165	152,6999	0,006386	60
2004	0,976186	159,3307	0,006127	60
2005	0,924146	48,63509	0,019002	60
2006	0,963764	104,0307	0,009264	60
2007	0,97874	178,7033	0,005477	60
2008	0,97475	150,1573	0,006492	60
2009	0,98856	333,7972	0,002962	60
2010	0,972506	137,7394	0,00706	60
2011	0,964317	105,6751	0,009125	60
2012	0,967681	116,8823	0,008279	60
2013	0,980848	198,5925	0,004939	60
2014	0,977649	169,8861	0,005755	60
2015	0,987182	297,7016	0,003316	60
2016	0,950055	74,92593	0,01268	60
2017	0,979669	186,9632	0,00524	60
2018	0,988737	339,0524	0,002916	60
2019	0,966243	111,8168	0,008641	60
2020	0,952213	78,40065	0,012145	60

Таблиця Ф.3

Розрахунок критерію Стьюдента для коефіцієнтів кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Золочів – гідропості Козача Лопань за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Роки	r	t	σ	α
1961	0,99139	444,233	0,00223	60
1962	0,99033	395,129	0,00251	60
1963	0,97253	137,862	0,00705	60
1964	0,97104	130,653	0,00743	60
1965	0,96567	109,906	0,00879	60
1966	0,96157	97,9811	0,00981	60
1967	0,96055	95,3865	0,01007	60
1968	0,98653	283,253	0,00348	60
1969	0,95218	78,3397	0,01215	60
1970	0,90283	37,5056	0,02407	60
1971	0,96596	110,872	0,00871	60
1972	0,9292	52,2517	0,01778	60
1973	0,91737	44,4762	0,02063	60
1974	0,94555	68,5567	0,01379	60
1975	0,95343	80,5082	0,01184	60
1976	0,91607	43,7527	0,02094	60
1977	0,93039	53,1808	0,01749	60
1978	0,92953	52,5122	0,0177	60
1979	0,95965	93,2155	0,01029	60
1980	0,97993	189,417	0,00517	60
1981	0,97703	165,231	0,00591	60
1982	0,91774	44,6873	0,02054	60
1983	0,9521	78,2083	0,01217	60
1984	0,97475	150,171	0,00649	60
1985	0,9685	119,989	0,00807	60
1986	0,96977	125,107	0,00775	60
1987	0,96624	111,819	0,00864	60
1988	0,97437	147,904	0,00659	60
1989	0,97012	126,596	0,00766	60
1990	0,9536	80,7968	0,0118	60
1991	0,98653	283,148	0,00348	60
1992	0,95944	92,7228	0,01035	60
1993	0,96313	102,203	0,00942	60

1994	0,93363	55,881	0,01671	60
1995	0,96138	97,4765	0,00986	60
1996	0,95986	93,7174	0,01024	60
1997	0,91173	41,5008	0,02197	60
1998	0,93747	59,4387	0,01577	60
1999	0,79549	16,6405	0,0478	60
2000	0,96912	122,425	0,00792	60
2001	0,97712	165,879	0,00589	60
2002	0,9829	222,677	0,00441	60
2003	0,9416	63,7858	0,01476	60
2004	0,96782	117,385	0,00824	60
2005	0,9373	59,2702	0,01581	60
2006	0,94263	64,9626	0,01451	60
2007	0,96199	99,0906	0,00971	60
2008	0,95179	77,6876	0,01225	60
2009	0,96573	110,111	0,00877	60
2010	0,95468	82,7817	0,01153	60
2011	0,9734	142,448	0,00683	60
2012	0,94661	69,9618	0,01353	60
2013	0,98737	302,191	0,00327	60
2014	0,97769	170,193	0,00574	60
2015	0,9818	209,044	0,0047	60
2016	0,95796	89,3983	0,01072	60
2017	0,96914	122,506	0,00791	60
2018	0,98045	194,46	0,00504	60
2019	0,96109	96,7441	0,00993	60
2020	0,95577	84,8696	0,01126	60

Таблиця Ф.4

Розрахунок критерію Стьюдента для коефіцієнтів кореляції між температурами повітря і води на метеостанції Слобожанське – гідропості Зміїв за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Роки	r	t	σ	α
1961	0,975778	156,613	0,006231	60
1962	0,987279	299,9782	0,003291	60
1963	0,965566	109,5792	0,008812	60
1964	0,969302	123,1561	0,007871	60
1965	0,970939	130,2074	0,007457	60
1966	0,99228	495,5626	0,002002	60
1967	0,971532	132,9593	0,007307	60
1968	0,979308	183,665	0,005332	60
1969	0,964675	106,7664	0,009035	60
1970	0,961226	97,09171	0,0099	60
1971	0,984876	252,0063	0,003908	60
1972	0,970807	129,608	0,00749	60
1973	0,970608	128,7173	0,007541	60
1974	0,983505	230,8916	0,00426	60
1975	0,960052	94,1797	0,010194	60
1976	0,948054	71,96238	0,013174	60
1977	0,922372	47,47597	0,019428	60
1978	0,944674	67,4423	0,014007	60
1979	0,979413	184,6119	0,005305	60
1980	0,95435	82,16638	0,011615	60
1981	0,990085	385,4133	0,002569	60
1982	0,847279	23,06868	0,036729	60
1983	0,991158	432,443	0,002292	60
1984	0,951911	77,89617	0,01222	60
1985	0,972207	136,2372	0,007136	60
1986	0,971943	134,9369	0,007203	60
1987	0,962619	100,7853	0,009551	60
1988	0,979505	185,4545	0,005282	60
1989	0,993127	556,8979	0,001783	60
1990	0,987091	295,5829	0,003339	60
1991	0,97911	181,9049	0,005383	60
1992	0,990666	409,528	0,002419	60
1993	0,97877	178,9612	0,005469	60
1994	0,972745	138,9664	0,007	60
1995	0,981843	209,5864	0,004685	60
1996	0,984019	238,3886	0,004128	60
1997	0,985237	258,2224	0,003815	60
1998	0,982717	220,2743	0,004461	60

1999	0,9848	250,7382	0,003928	60
2000	0,960491	95,2492	0,010084	60
2001	0,959721	93,38833	0,010277	60
2002	0,971451	132,5761	0,007327	60
2003	0,97585	157,0871	0,006212	60
2004	0,990584	405,9357	0,00244	60
2005	0,988082	320,3154	0,003085	60
2006	0,970775	129,4631	0,007498	60
2007	0,988179	322,9652	0,00306	60
2008	0,985255	258,5312	0,003811	60
2009	0,992071	482,4171	0,002056	60
2010	0,981389	204,4269	0,004801	60
2011	0,982426	216,6024	0,004536	60
2012	0,979864	188,792	0,00519	60
2013	0,990277	393,082	0,002519	60
2014	0,983497	230,7852	0,004262	60
2015	0,989774	373,6442	0,002649	60
2016	0,954197	81,88445	0,011653	60
2017	0,982727	220,4082	0,004459	60
2018	0,989155	352,1884	0,002809	60
2019	0,963476	103,1963	0,009336	60
2020	0,975022	151,8106	0,006423	60

Таблиця Ф.5

Розрахунок критерію Стьюдента для коефіцієнтів кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Ізюм за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Роки	r	t	σ	α
1961	0,976945	164,6369	0,005934	60
1962	0,992038	480,4295	0,002065	60
1963	0,958463	90,501	0,010591	60
1964	0,972634	138,3937	0,007028	60
1965	0,965405	109,0602	0,008852	60
1966	0,977248	166,8597	0,005857	60
1967	0,971439	132,5217	0,00733	60
1968	0,943124	65,54907	0,014388	60
1969	0,935463	57,52534	0,016262	60
1970	0,959797	93,56956	0,010258	60
1971	0,982967	223,5471	0,004397	60
1972	0,932387	54,81444	0,01701	60
1973	0,940057	62,09066	0,01514	60
1974	0,951492	77,20621	0,012324	60
1975	0,956188	85,69768	0,011158	60
1976	0,915324	43,35082	0,021114	60
1977	0,899652	36,25097	0,024817	60
1978	0,917953	44,8072	0,020487	60
1979	0,983262	227,5099	0,004322	60
1980	0,961765	98,48925	0,009765	60
1981	0,975068	152,0986	0,006411	60
1982	0,906945	39,25802	0,023102	60
1983	0,959296	92,39346	0,010383	60
1984	0,960914	96,30208	0,009978	60
1985	0,97724	166,8021	0,005859	60
1986	0,96952	124,0534	0,007815	60
1987	0,968848	121,3352	0,007985	60
1988	0,967454	116,0531	0,008336	60
1989	0,929417	52,42146	0,01773	60
1990	0,938343	60,30814	0,015559	60
1991	0,964546	106,3712	0,009068	60
1992	0,96735	115,6747	0,008363	60
1993	0,972073	135,5755	0,00717	60
1994	0,932509	54,91773	0,01698	60
1995	0,959813	93,60681	0,010254	60
1996	0,906273	38,96151	0,023261	60
1997	0,983411	229,5814	0,004283	60
1998	0,952744	79,30446	0,012014	60

1999	0,962081	99,32534	0,009686	60
2000	0,948149	72,09807	0,013151	60
2001	0,933503	55,76926	0,016739	60
2002	0,938685	60,65607	0,015476	60
2003	0,966572	112,937	0,008559	60
2004	0,972264	136,5237	0,007122	60
2005	0,970119	126,5785	0,007664	60
2006	0,95802	89,5242	0,010701	60
2007	0,970117	126,5703	0,007665	60
2008	0,943807	66,37051	0,01422	60
2009	0,97774	170,5913	0,005731	60
2010	0,951498	77,21647	0,012322	60
2011	0,962632	100,8198	0,009548	60
2012	0,977168	166,2701	0,005877	60
2013	0,989722	371,747	0,002662	60
2014	0,982892	222,5538	0,004416	60
2015	0,95006	74,93479	0,012678	60
2016	0,944613	67,36584	0,014022	60
2017	0,987736	311,2264	0,003174	60
2018	0,987714	310,6527	0,003179	60
2019	0,962771	101,2033	0,009513	60
2020	0,946129	69,31879	0,013649	60

Таблиця Ф.12

Розрахунок критерію Стюдента для коефіцієнтів кореляції між атмосферними опадами та витратами води на метеостанції та гідропості Куп'янськ за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
r	0,14	0,32	0,15	0,29	0,03	0,13	0,60	0,06	0,08	0,44	0,40	0,00
t	0,46	1,19	0,51	1,03	0,11	0,44	3,12	0,19	0,27	1,82	1,56	0,02
σ	0,30	0,27	0,29	0,28	0,30	0,30	0,19	0,30	0,30	0,24	0,25	0,30
α	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0	12,0 0

Таблиця Ф.13

Розрахунок критерію Стюдента для коефіцієнтів кореляції між температурами повітря і води на метеостанції та гідропості Золочів (Козача Лопань) за період 1961-2020 рр. (за даними [12, 19-24, 45-52])

Місяці	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
r	0,6 1	0,5 3	0,2 7	0,4 8	0,4 0	0,4 5	0,7 3	0,6 2	0,8 2	0,7 4	0,99	0,51
t	3,2 1	2,4 2	0,9 5	2,0 4	1,5 9	1,8 6	5,2 3	3,4 0	8,4 3	5,4 9	138,1 0	2,31
σ	0,1 9	0,2 2	0,2 8	0,2 3	0,2 5	0,2 4	0,1 4	0,1 8	0,1 0	0,1 4	0,01	0,22
α	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12, 0	12,0	12,0 0

ДОДАТОК Х. Динаміка температур повітря, води та концентрації забруднюючих речовин

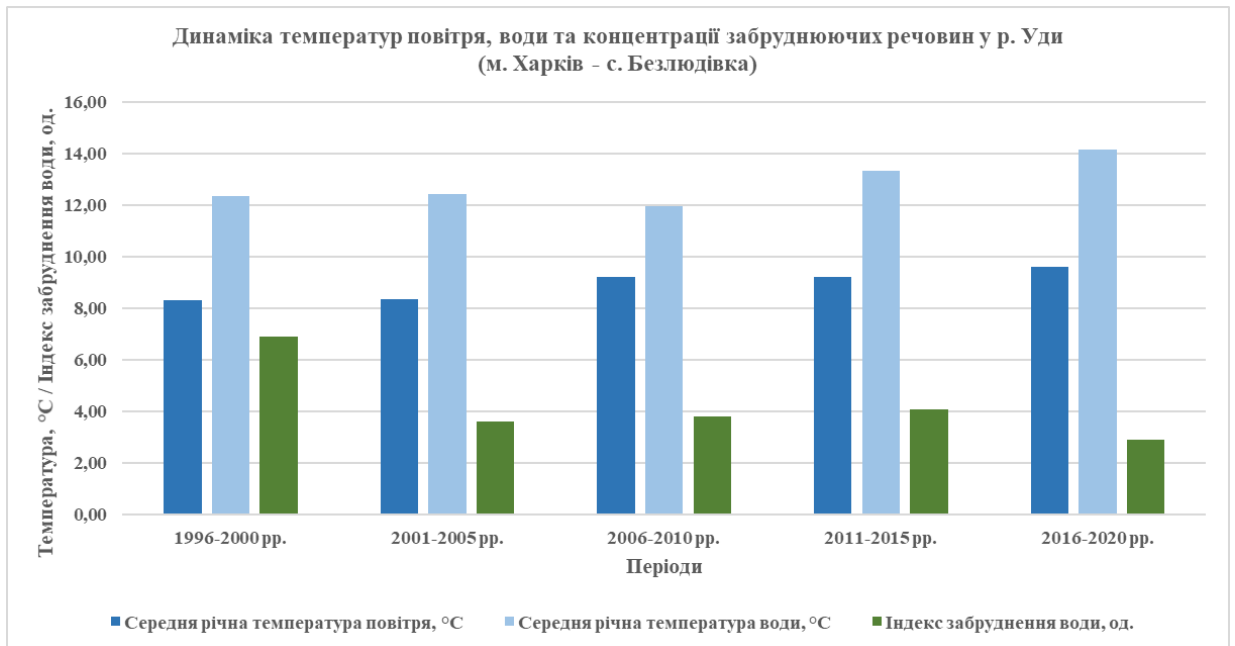


Рис. Х.1. Динаміка температур повітря, води та концентрації забруднюючих речовин у р. Уди (м. Харків - с. Безлюдівка) (за даними [12, 19-24, 30, 45-52, 137-153])

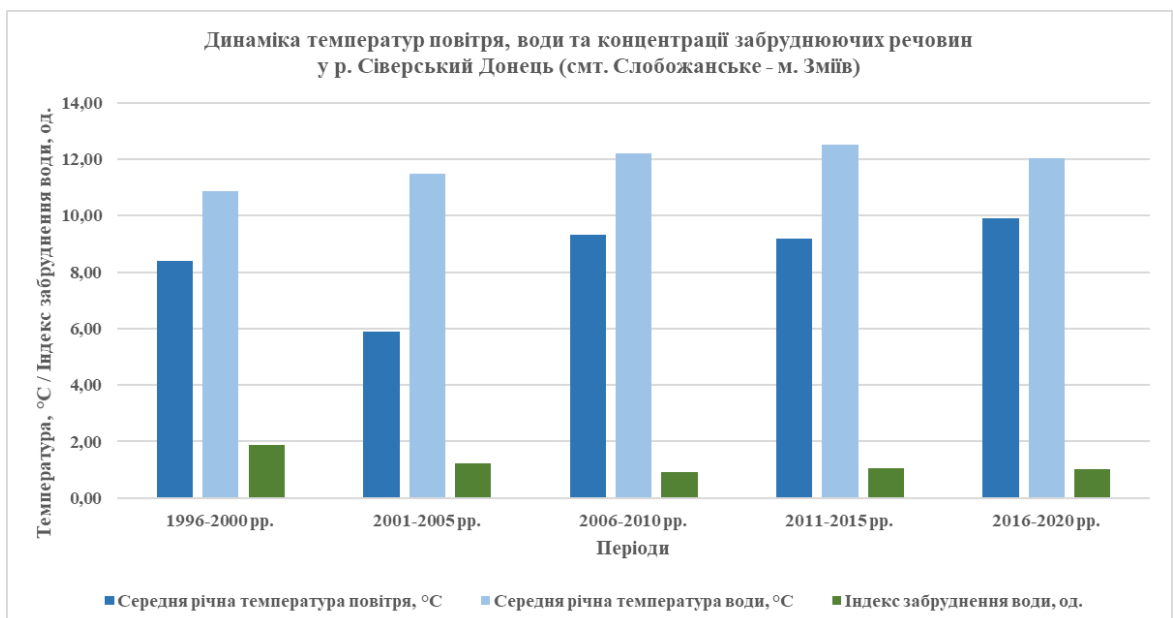


Рис. Х.2. Динаміка температур повітря, води та концентрації забруднюючих речовин у р. Сіверський Донець (сmt. Слобожанське – м. Зміїв) (за даними [12, 19-24, 30, 45-52, 137-153])

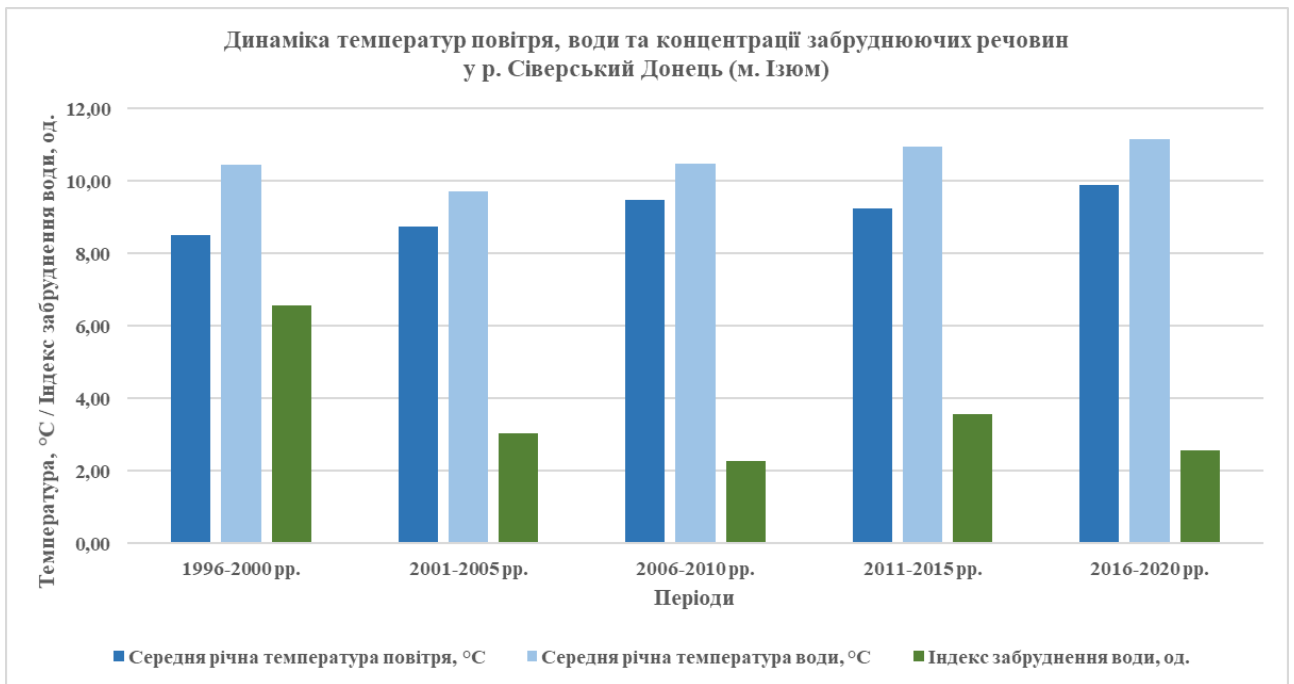


Рис. X.3. Динаміка температур повітря, води та концентрації забруднюючих речовин у р. Сіверський Донець (м. Ізюм) (за даними [12, 19-24, 30, 45-52, 137-153])

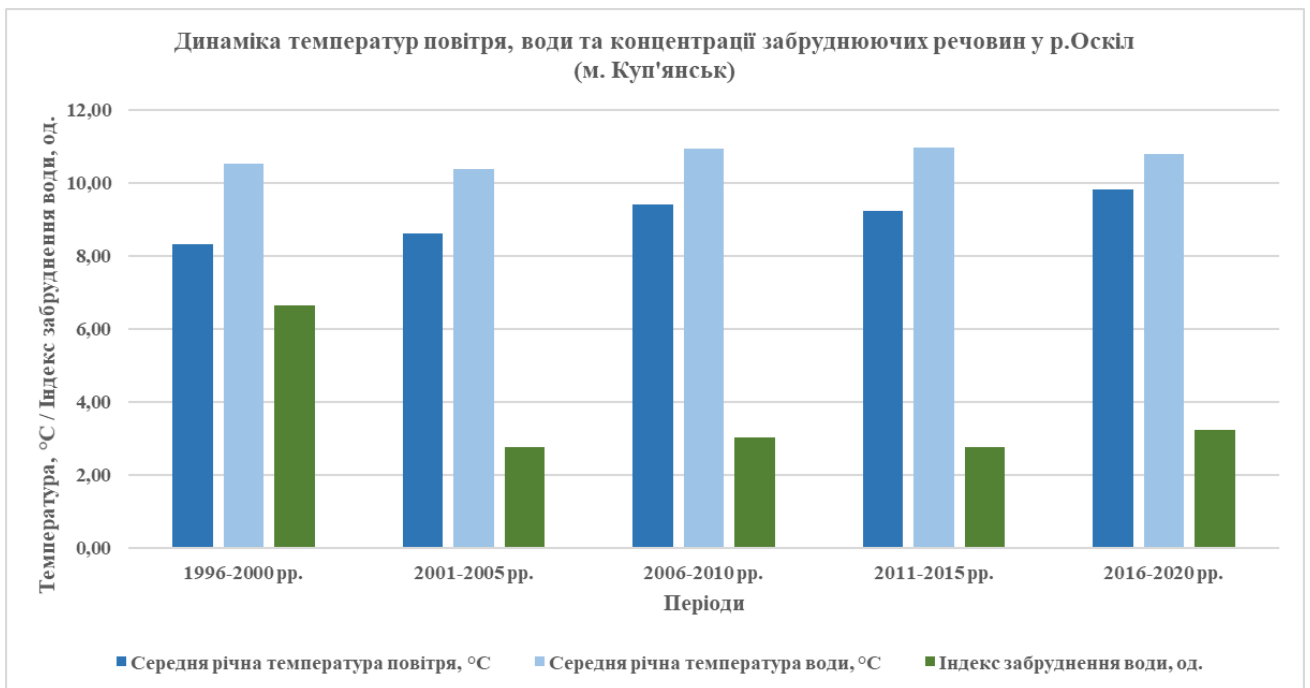


Рис. X.4. Динаміка температур повітря, води та концентрації забруднюючих речовин у р. Оскіл (м. Куп'янськ) (за даними [12, 19-24, 30, 45-52, 137-153])

ДОДАТОК Ц. Динаміка температур повітря та концентрації забруднюючих речовин

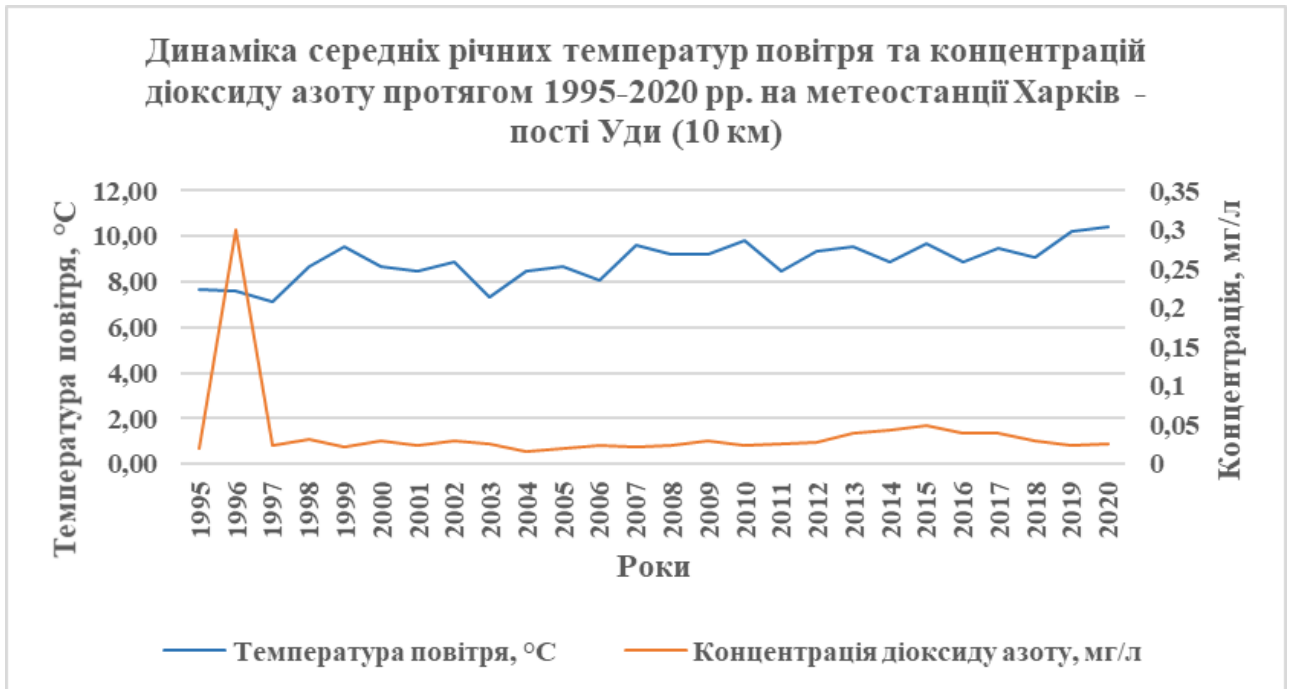


Рис. Ц.1. Динаміка температур повітря та концентрації діоксиду азоту у р. Уди (Харків – Уди-10 км) впродовж 1995-2020 рр. (за даними [30, 45-52, 137-153])

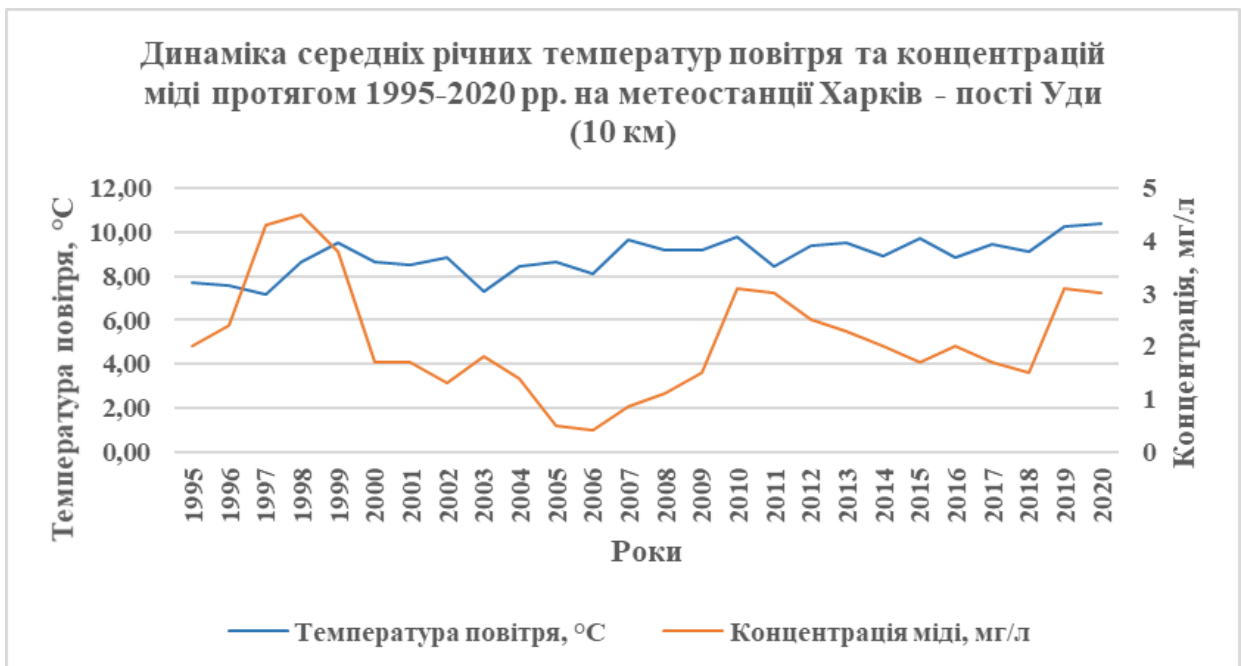


Рис. АВ.2. Динаміка температур повітря та концентрації міді у р. Уди (Харків – Уди-10 км) впродовж 1995-2020 рр. (за даними [30, 45-52, 137-153])

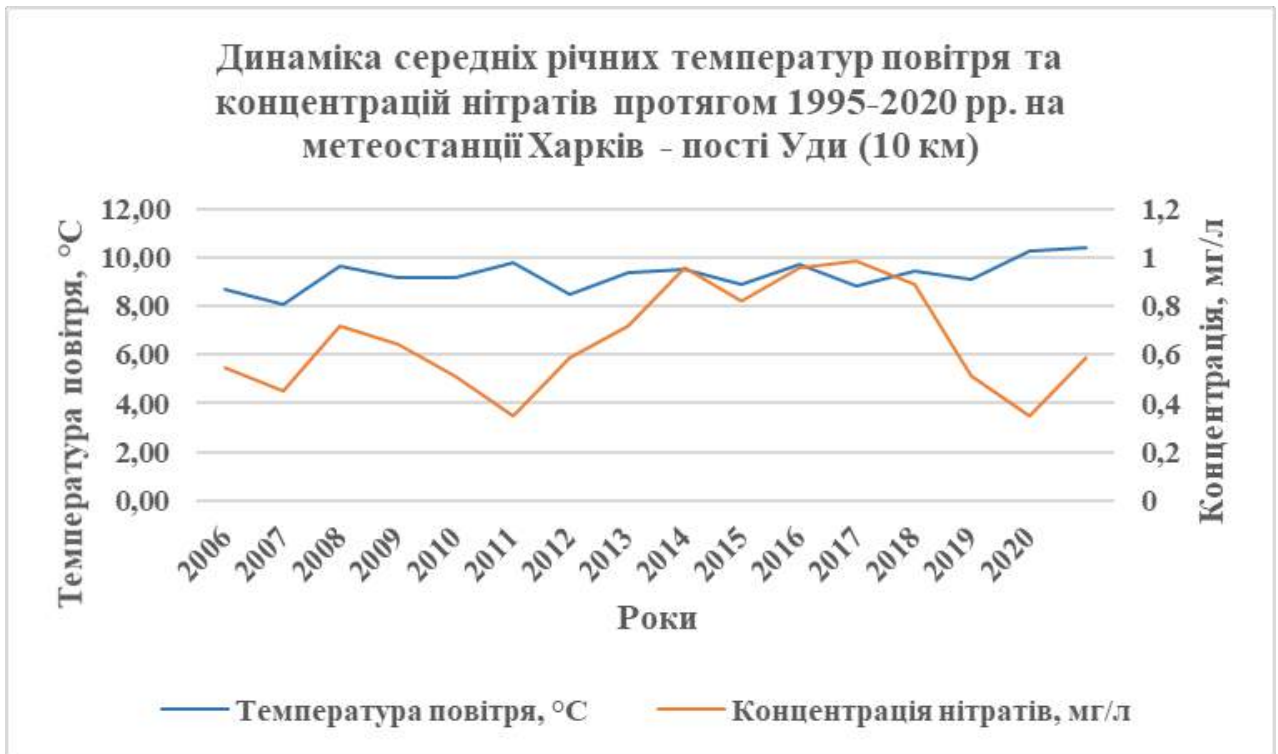


Рис. Ц.3. Динаміка температур повітря та концентрації нітратів у р. Уди (Харків – Уди-10 км) впродовж 2006-2020 рр. (за даними [30, 45-52, 137-153])

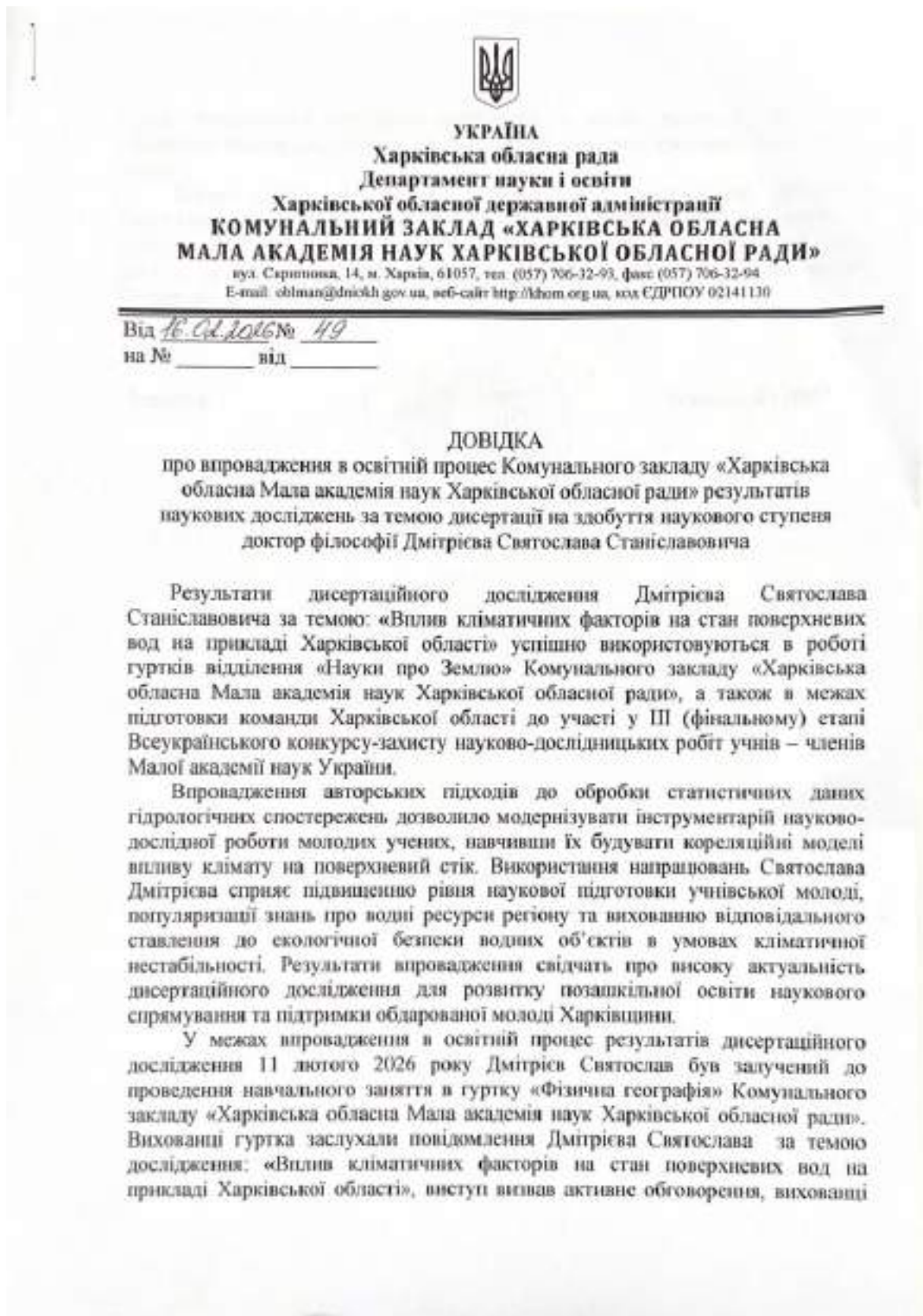


Рис. Ч.3. Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження, видана Комунальним закладом «Харківська обласна Мала академія наук України харківської обласної ради»

2

гуртка зацікавилися напрямом досліджень, а також дізналися про те, як кліматичні фактори впливають на стан поверхневих вод, зокрема в Харківській області.

Впровадження результатів дисертаційного дослідження Дмитрієва Святослава сприяло підвищенню якості підготовки вихованців, удосконаленню методичного забезпечення навчальних дисциплін, активізації науково-дослідної роботи та формуванню професійних компетентностей у здобувачів освіти відповідно до сучасних вимог.

Директор



Вікторія ЛУНІНА

Анатолій Щоголен

Рис. Ч.3. Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження, видана Комунальним закладом «Харківська обласна Мала академія наук України харківської обласної ради» (продовження)



ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
РЕГІОНАЛЬНИЙ ОФІС ВОДНИХ РЕСУРСІВ У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

вул. Космічна, 21, м. Харків, 61145, тел./факс: (057) 701-01-83
E-mail: khar.vodres@gmail.com, vodgosp-kharkiv@ukr.net, сайт: www.kharkov.davr.gov.ua
код згідно з ЄДРПОУ 01038594

ДОВІДКА

про впровадження результатів наукових досліджень
за темою дисертації на здобуття наукового ступеня доктор філософії
Дмитрієва Святослава Станіславовича

Результати дисертаційного дослідження Дмитрієва Святослава Станіславовича за темою: «Вплив кліматичних факторів на стан поверхневих вод на прикладі Харківської області» використовуються у практичній діяльності Регіонального офісу водних ресурсів у Харківській області. Наукові положення роботи щодо оцінки динаміки гідрологічного режиму річок Харківської області в умовах сучасних кліматичних змін інтегровані у процеси стратегічного планування та моніторингу водних об'єктів регіону.

Матеріали дисертації використовуються відділом ведення водного кадастру та відділом моніторингу вод для аналізу багаторічних коливань стоку та оновлення паспортів річок у межах компетенції Офісу.

Результати роботи мають високу практичну значущість для галузі водного господарства, а їх впровадження підтверджується позитивним досвідом використання у виробничій діяльності установи, що сприяє зміцненню екологічної безпеки та стабільному забезпеченню потреб населення і господарського комплексу області у водних ресурсах.

Начальник
Регіонального Офісу
Водних Ресурсів у
Харківській області



Тетяна БОЖКО

Рис. Ч.3. Довідка про впровадження результатів дисертаційного дослідження, видана Регіональним Офісом водних ресурсів у Харківській області

Онлайн сервіс створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

ПРОТОКОЛ

створення та перевірки кваліфікованого та удосконаленого електронного підпису

Дата та час: 13:03:55 19.04.2026

Назва файлу з підписом: 11. Дисертація_2025 Дмитрієв (повна).pdf.asice

Розмір файлу з підписом: 9.9 МБ

Назва файлу без підпису: 11. Дисертація_2025 Дмитрієв (повна).pdf.zip

Розмір файлу без підпису: 11.6 МБ

Результат перевірки підпису: Підпис створено та перевірено успішно. Цілісність даних підтверджено

Підписувач: ДМІТРІЄВ СВЯТОСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ

П.І.Б.: ДМІТРІЄВ СВЯТОСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ

Країна: Україна

РНОКПП: 3628503272

Організація (установа): ФІЗИЧНА ОСОБА

Час підпису (підтверджено кваліфікованою позначкою часу для підпису від Надавача): 13:02:25 19.04.2026

Сертифікат виданий: КНЕДП АЦСК АТ КБ "ПРИВАТБАНК"

Серійний номер: 5E984D526F82F38F04000000CEF57701B5746207

Тип носія особистого ключа: Незахищений

Алгоритм підпису: ДСТУ 4145

Тип підпису: Удосконалений

Тип контейнера: Підпис та дані в архіві (розширений) (ASiC-E)

Формат підпису: З повними даними для перевірки (XAdES-B-LT)

Сертифікат: Кваліфікований

Підписані файли: 11. Дисертація_2025 Дмитрієв (повна).pdf

Версія від: 2026.02.19 13:00