

13. Питуляк М.Р., Питуляк М.В. Гідрологія: навчально-методичний посібник. Тернопіль: ТНПУ, 2014. 118 с.
14. Сніжко С. І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія: підручник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 592 с.
15. Царик Л.П., Царик П.Л., Кузик І.Р. Природокористування та охорона природи у басейнах малих річок. Монографія. За ред. проф. Л.П. Царика. Тернопіль, СМП «Тайп», 2019. 104 с.

Abstract:

Ihor Kuzyk, Stepan Kuc WATER-BALANCE RESEARCH OF THE MIDDLE FLOW OF ZBRUCH RIVER

In the article, according to the long-term average water loss, the annual runoff within the middle course of the river Zbruch, which is 120 mm, is calculated. According to the water balance equation was determined the total evaporation, depending on the amount of precipitation, for the last 30 years. The runoff coefficients and runoff modulus for the Zbruch river are calculated. It is established that in the expendable part of the water balance of the middle course of the river Zbruch evaporation prevails (70%). The formation of annual runoff is influenced by the type of landscapes of the river basin (the share of natural lands 25%), the coefficient of density of the river network (0.5 km/km²) and the coefficient of branching of the river (6.35).

Key words: Zbruch river, water balance, precipitation, evaporation, runoff coefficient.

УДК 911.3

**КОЕФІЦІЄНТ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СТІЙКОСТІ АТМОСФЕРИ У
МЕЖАХ М. ТЕРНОПОЛЯ ЗА 2010-2020 РР.**

І. БАРНА, Л. ГРАБАР

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

У дослідженні проаналізовано критерії та підходи до визначення стійкості природних систем. Особливу увагу приділено питанню визначення стійкості атмосферного повітря як одного з компонентів довкілля. За результатами власних розрахунків встановлено динаміку коефіцієнта метеорологічного потенціалу стійкості атмосфери на прикладі м. Тернополя за період 2010-2020 років. Запропоновано власні розрахунки щодо визначення коефіцієнта метеорологічного потенціалу атмосфери.

Відповідно до розроблених прогнозів щодо зміни клімату на регіональному рівні оцінено зміну потенціалу стійкості атмосфери.

Ключові слова: *стійкість, стійкість системи, атмосфера, метеорологічний потенціал стійкості атмосфери.*

Потрапляння в атмосферу властивих чи невластивих їй хімічному складу речовин внаслідок емісій забруднюючих речовин розбалансовує природний склад атмосфери [10], функціональні співвідношення її природних компонентів. Послаблення таких змін в газовому складі атмосфери відбувається за рахунок горизонтального переміщення повітряних мас – вітру [9,10]. З іншого боку, саморегуляція та самоочищення атмосфери реалізується завдяки випаданню опадів, коли домішки виводяться за межі системи [5,11].

Урахування згаданих чинників стійкості атмосфери обумовило спроби вчених кількісно оцінити стійкість атмосфери [2,3,4,11]. Найбільш вдалим виявилось рішення В. А. Барановського, який врахував геофізичні умови території у запропонованому показнику метеорологічного потенціалу атмосфери (МПА), що визначається за формулою:

$$K_{mna} = P_{ш} + P_{т} / P_{о} + P_{в},$$

де $P_{ш}$ – повторюваність днів із швидкістю вітру 0-1 м/с; $P_{т}$ повторюваність днів із туманами; $P_{о}$ повторюваність днів із опадами 5 мм і більше; $P_{в}$ повторюваність днів із швидкістю вітру 6 м/с і більше [2].

Якщо обчислений $K_{mna} > 1$, то переважання безвітряної погоди і туманів сприяють накопиченню шкідливих речовин. Результат обрахунків K_{mna} менший 1 отримуємо при переважанні днів з опадами і вітром швидкістю 6 м/с і більше, що уможливорює самоочищення атмосфери.

Показник коефіцієнту метеорологічного потенціалу стійкості атмосфери K_{mna} у 2010 р. вказує на переважання процесів самоочищення, зокрема, за рахунок горизонтального перенесення домішок під час вітряної погоди. Здатність атмосфери до самоочищення за даними 2010 р. коливалась за місяцями з показниками 0,38-1,11, забезпечуючи середньорічний показник на рівні 0,62. З іншого боку, таке значення K_{mna} обумовлене значною часткою днів з швидкістю вітру 0-1 м/с. Найкраща ситуація щодо

метеорологічного потенціалу стійкості атмосфери у 2010 році спостерігалась у березні й квітні ($K_{\text{мпа}} = 0,38$), незначно гірша – у травні ($K_{\text{мпа}} = 0,40$) з показниками меншими за середньорічний (рис.1). Близьким до середнього значення за рік $K_{\text{мпа}}$ спостерігався в липні та жовтні. Найкритичніша ситуація у 2010 р. спостерігалась у листопаді, головним чином внаслідок безвітряної та туманної погоди з незначними опадами.

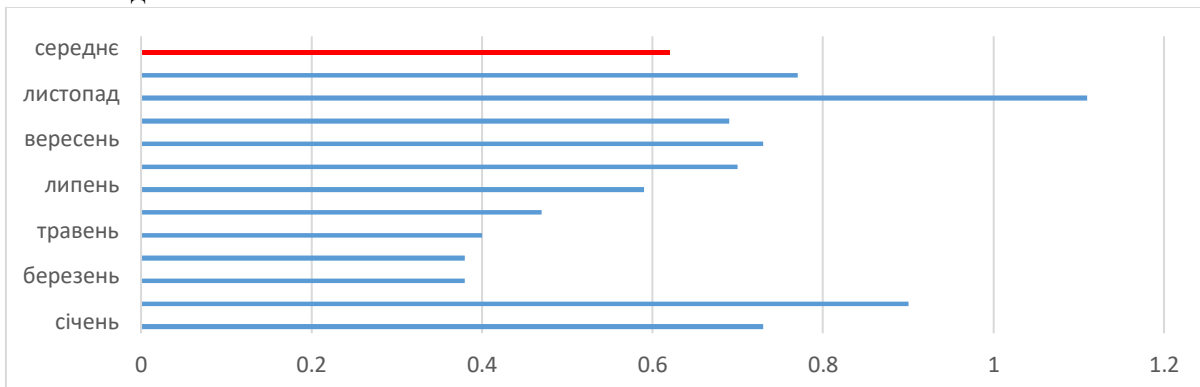


Рис.1. Коефіцієнт метеорологічного потенціалу атмосфери у 2010р. [6,7].

$K_{\text{мпа}}$ у 2013 р., подібно як і в 2010 р., вказує на переважання процесів самоочищення, зокрема за рахунок горизонтального перенесення домішок під час вітряної погоди на тлі значного скорочення днів з туманами. Здатність атмосфери до самоочищення за даними 2013 р. коливалась за місяцями з показниками 0,05-1,19, забезпечуючи середньорічний показник на рівні 0,31, що у 2 рази менше 2010 р. Така тенденція значень $K_{\text{мпа}}$ за період 2010-2013 рр. вказує на зростання потенціалу стійкості атмосфери, обумовлене значною часткою днів з швидкістю вітру понад 6 м/с. Найкраща ситуація щодо потенціалу стійкості атмосфери у 2013 році спостерігалась у березні й травні ($K_{\text{мпа}} = 0,09$ і $0,05$), з показниками меншими за середньорічний (рис.2).

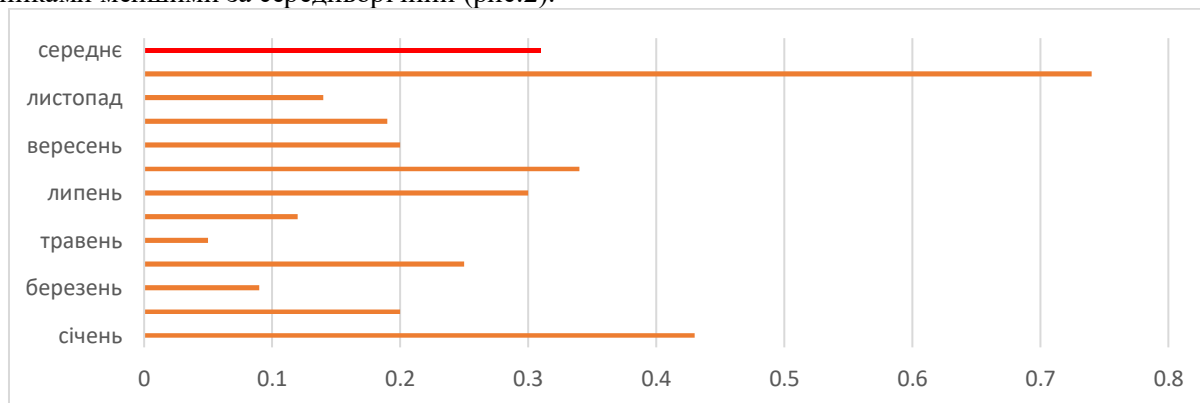


Рис.2. Коефіцієнт метеорологічного потенціалу атмосфери у 2013 р. [6,7].

Проте у порівнянні з 2010 р., у 2013 р. $K_{\text{мпа}}$ варіював із більш широким діапазон значень: 0,05-1,19 проти 0,38-1,11. Таким чином, 2013 р. виявився таким, коли $K_{\text{мпа}}$ різко змінювався від здатності протистояти зовнішнім впливам до значної втрати такої здатності. Близьким до середнього значення за рік $K_{\text{мпа}}$ спостерігався в липні та серпні. Найкритичніша ситуація щодо $K_{\text{мпа}}$ у 2013 р. спостерігалась у жовтні, головним чином внаслідок безвітряної та туманної погоди з незначними опадами.

У 2016 р. показник $K_{\text{мпа}}$ у порівнянні з 2013 р. значно зріс з 0,31 до 0,71. Де-факто він наблизився до показника 2010 р., що вказує на переважання процесів самоочищення, зокрема за рахунок горизонтального перенесення домішок під час вітряної погоди. Потенціал стійкості атмосфери у 2016 р. коливався за місяцями з показниками 0,23-1,28, забезпечуючи середньорічний показник на рівні 0,71. Таке значення $K_{\text{мпа}}$, з іншого боку, обумовлене значним зростанням повторюваності днів з туманами і часткою днів з швидкістю вітру 0-1 м/с. На противагу 2010, 2013 рр., у 2016 р. вперше нами зафіксоване перевищення 1,0 у 3 місяцях – січні, серпні і вересні. Два останні місяці завдячують $K_{\text{мпа}}$ на рівні 1,23 та 1,28 високій частці туманів на фоні безвітряної посушливої погоди. Показники $K_{\text{мпа}}$, які у 2016 р. наблизились до 1,0 чи перевищили її, сигналізують про негативний вплив антропогенного навантаження і нездатність чи низьку здатність атмосфери позбутись домішок. Відтак, найкраща ситуація щодо $K_{\text{мпа}}$ у 2016 році спостерігалась у грудні й квітні (рис.3).

У 2017 р. середній за рік показник $K_{\text{мпа}}$ рівний 0,80, що більше, ніж у попередні роки з 2010 по 2016р. Оскільки це все ще менше одиниці, то це вказує на переважання процесів самоочищення, зокрема за рахунок горизонтального перенесення домішок під час вітряної погоди. Поряд з цим, ще

одним фактором зменшення потенціалу стійкості атмосфери за період 2010-2017 рр. стало зростання повторюваності туманів на території м. Тернополя майже в 2 рази в порівнянні з 2010 р. Здатність атмосфери протистояти антропогенному забрудненню за даними 2017 р. коливалась за місяцями з показниками 0,28-1,30, забезпечуючи середньорічний показник на рівні 0,80. З іншого боку, таке значення $K_{\text{мпа}}$ обумовлене значною часткою днів з швидкістю вітру 0-1 м/с у порівнянні з часткою днів з опадами 5 мм і більше. Найкритичніша ситуація щодо $K_{\text{мпа}}$ у 2017 р. спостерігалась у січні та листопаді, головним чином внаслідок туманної погоди з незначними опадами. Найкраща ситуація щодо $K_{\text{мпа}}$ у 2017 році спостерігалась у березні й квітні (рис.4).

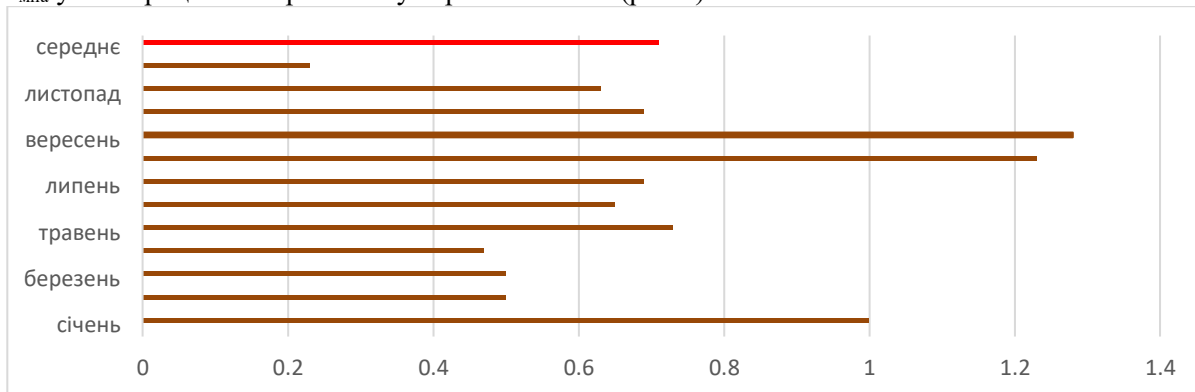


Рис. 3. Коефіцієнт метеорологічного потенціалу атмосфери у 2016 р. [6,7].

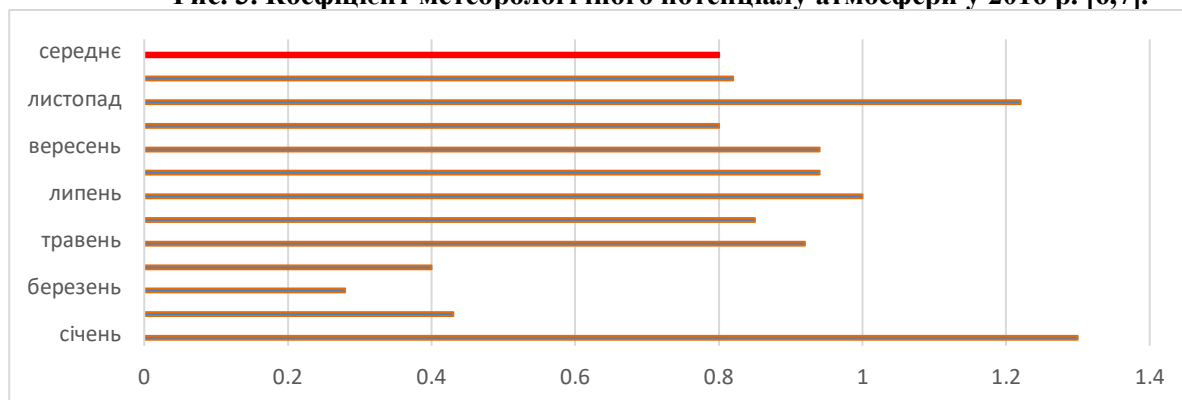


Рис. 4. Коефіцієнт метеорологічного потенціалу атмосфери у 2017р. [14,15].

У 2020 р. середній за рік показник $K_{\text{мпа}}$ дорівнює 0,85 і незначною мірою є більшим, ніж у 2017 р., що вказує на переважання процесів самоочищення, зокрема за рахунок горизонтального перенесення домішок під час вітряної погоди. Проте таке зростання $K_{\text{мпа}}$ засвідчує факт значної втрати атмосферою здатності до самоочищення. Найкритичніша ситуація щодо $K_{\text{мпа}}$ у 2020 р. спостерігалась у жовтні та листопаді, зумовлена безвітряною та туманною погодою. У порівнянні з 2017 р., у 2020 р. $K_{\text{мпа}}$ варіював із незначним діапазоном значень: 0,28-1,30 проти 0,25-1,75. Найкраща ситуація щодо $K_{\text{мпа}}$ у 2020 році спостерігалась у лютому та квітні (рис.5).

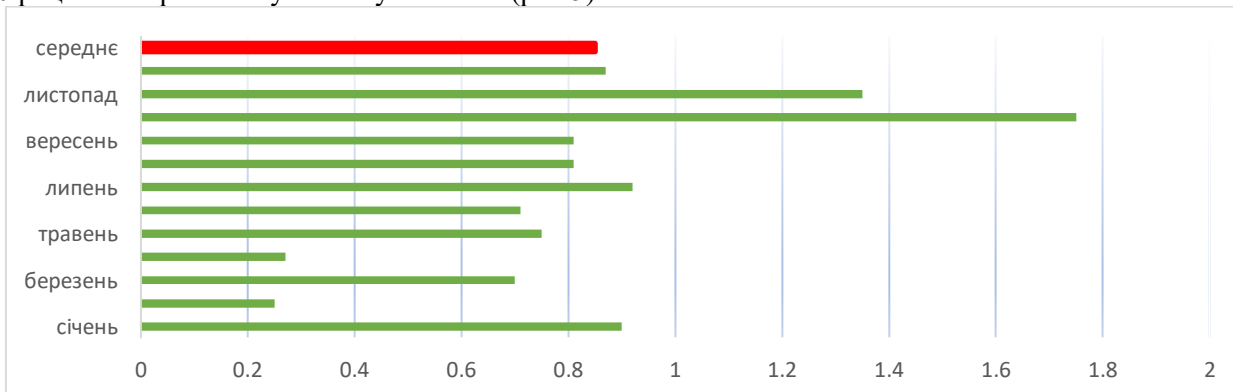


Рис.5. Коефіцієнт метеорологічного потенціалу стійкості атмосфери у 2020 р. [6,7].

Загальна тенденція зміни $K_{\text{мпа}}$ впродовж 2010-2020 років є невтішною, оскільки поступово наближається до одиниці, що свідчить про загрозу значного ослаблення потенційних можливостей атмосфери перевести забруднюючі речовини у менш концентрований стан чи взагалі вивести за межі

(рис.6):

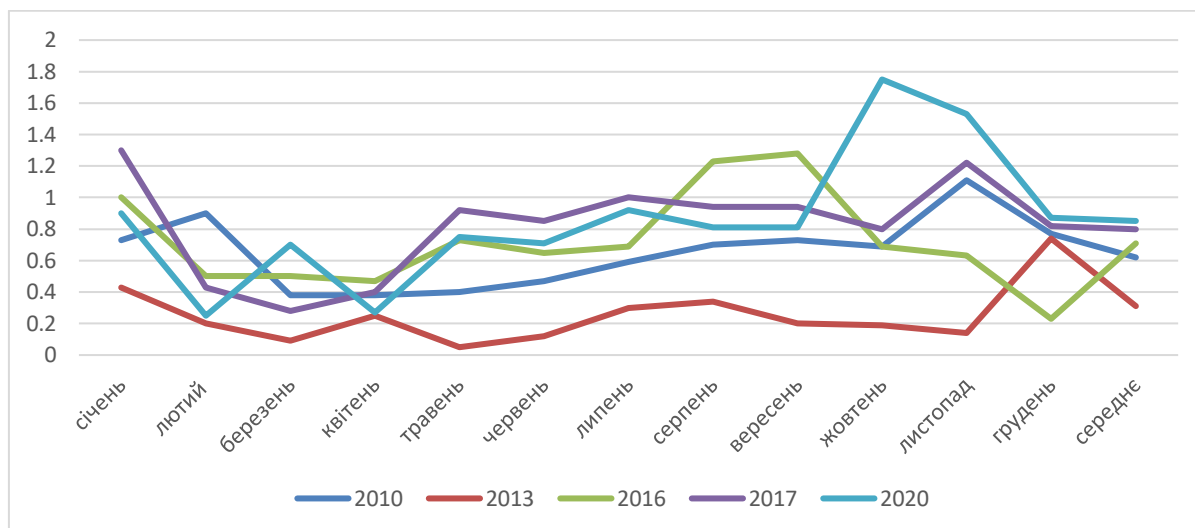


Рис. 6. Динаміка $K_{mпа}$ за період 2010-2020 рр. [6,7].

Згідно вище зазначеного, здатність атмосфери підтримувати хімічний склад в нормі значно зменшилась, що у розрізі показника $K_{mпа}$ за період 2010-2020 рр. виявилось у зростанні з 0,62 до 0,85, головним чином за рахунок: зменшення показника повторюваності днів з опадами 5 мм і більше з 74 днів до 23 або на 68%; зменшення показника повторюваності днів з швидкістю вітру 6 м/с з 207 до 137 або на 33%; зменшення показника повторюваності днів з швидкістю вітру 0-1 м/с з 126 днів до 44 або на 65%; збільшення показника повторюваності днів з туманами з 48 днів до 93 днів або на 69%.

Серед місяців найбільш сприятливою метеорологічною ситуацією за період 2010-2020 рр. виділялись лютий, березень, квітень, травень, причому найчастіше – березень.

Зважаючи на зазначене у розлогії роботі Краковської С., Гнатюк Н. та Шпиталь Т., потенціал стійкості атмосфери згідно прогнозів змін клімату залежатиме від річної кількості опадів, яка до кінця XXI ст. лише зростатиме, виказуючи чіткий сезонний характер з максимумом у липні (до 100 мм опадів) та мінімумом жовтні-листопаді [8]. Беручи до уваги прогнози про потенційно можливу відносну вологість повітря на рівні 78 % [8] здатність атмосфери самоочищатись буде значною за рахунок випадання опадів.

Згідно бачення В. Балабух з Українського гідрометеорологічного інституту, тенденції зміни клімату ймовірно визначатимуться наступними показниками: зростання повторюваності та інтенсивності конвективних явищ погоди, зливова складова опадів; повторюваність та інтенсивність сильних снігопадів ($\geq 7\text{мм}/12\text{Год}$); зменшення як середньої, так і максимальної швидкості вітру протягом усього року; зменшення числа днів з туманом; до середини XXI ст. у теплий період можливе посилення швидкості вітру, а в холодний період – його послаблення, особливо у січні, лютому та жовтні [1].

На основі прогнозів кліматичних змін, запропонованих В. Балабух, потенціал стійкості атмосфери визначатиметься:

1. на рівні показника днів з опадами 5 мм і більше P_0 : ці зміни призведуть до зменшення здатності атмосфери систематично (рівномірно в часі) протистояти забрудненню через зростання зливових опадів – дощів та снігопадів;

2. на рівні показника повторюваності днів з туманом P_T через його зменшення підсилення процесів розсіювання домішок;

3. на рівні показників повторюваності днів з швидкістю вітру 0-1 м/с $P_{ш}$ та більше 6 м/с $P_в$ – почастищення вітряних днів збільшить можливість розсіювання домішок в теплу пору року.

Враховуючи тенденції очікуваних змін метеорологічних показників на рівні регіонального клімату, метеорологічний потенціал стійкості атмосфери у межах м. Тернополя виказуватиме чіткий сезонний характер, досягаючи максимальних значень розсіювання домішок у теплу пору року, коли прогноують посилення швидкості вітру та зростання кількості опадів.

Література:

1. Балабух В. О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі їх зміни до середини XXI ст. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія.* 2014. № 1. С. 43–54.

-
2. Барановський В. А. Картографування стійкості геосистем – новий напрям тематичного картографування. *Проблеми безперервної геогр. освіти і картографії* : зб. наук. праць. Київ : ЗАТ «Інститут передових технологій», 2005. Вип. 5. С. 10–15.
 3. Гончаренко Н. Н. Оценка потенциала загрязнения атмосферы для крупных центров Украины. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2004. Вип.48. С.159-164.
 4. Гончаренко Н.Н., Степаненко С.Н. Анализ подходов к расчету потенциала загрязнения атмосферного воздуха для условий Украины : тези доповідей IV наукової конференції молодих вчених. Одеса : ТЕС. 2004. С.160-161.
 5. Івус Г.П., Мартазінова В.Ф. Короткий огляд метеорологічних досліджень в кінці XX – початку XXI століття в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 91. С.19-25.
 6. Календар погоди за 2010 рік. URL: [http:// www.gismeteo.ua](http://www.gismeteo.ua)
 7. Календар погоди за 2010 рік: URL:[https://rp5.ua/ archive](https://rp5.ua/archive)
 8. Краковська С., Гнатюк Н., Шпиталь Т. Можливі сценарії кліматичних умов у Тернопільській області впродовж XXI ст. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Географія..* 2014. № 1. С. 55–67.
 9. Маренко А. Н., Семенова А. П., Козленко Т. В. О характеристике условий рассеяния примесей по данным о турбулентном обмене на территории Украины. *Тр. УкрНИГМИ*. 1991. Вып. 241. С. 24–33.
 10. Мітрясова О.П. Хімічні основи екології. Київ – Ірпінь : Перун, 1999. 192 с.
 11. Степаненко С.Н., Овчинникова Н.Б., Волошин В.Г., Гончаренко Н.Н. Метеорологический фактор разбавления примеси как показатель потенциала загрязнения атмосферы. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2007. Вип.2. С.5–15.

Abstract:

Barna I.M., Grabar L.R. COEFFICIENT OF METEOROLOGICAL POTENTIAL OF ATMOSPHERE SUSTAINABILITY WITHIN THE TERRITORY OF 2010-2020.

This research analyzes the criteria and approaches to the determination of the stability of natural systems. Particular attention is paid to the issue of determining the stability of atmospheric air as one of the components of the environment. According to the results of our calculations, the dynamics of the coefficient of the meteorological potential of atmospheric stability is established by the example of Ternopil city during the period of 2010-2020. Our calculations to determine the coefficient of meteorological potential of the atmosphere are offered.

The change in the potential of atmospheric stability is estimated in accordance with the developed predictions for climate change at the regional level.

Keywords: stability, system stability, atmosphere, meteorological potential of atmospheric stability.