

UDC 551.524.3

D. I. Maslennikov, Cand. Sci. (Physical and Mathematical), Associate Professor**T. G. Tkachenko, Cand. Sci. (Geographical), Associate Professor***Kharkov national agrarian university named after V. V. Docuchaev,**e-mail: tyticmasl@gmail.com, ttg298240@gmail.com***MATHEMATICAL MODEL OF THE TEMPERATURE REGIME
IN THE TRAINING CAMPUS KHNAU AFTER V. V. DOCUCHAEV**

Abstract. *The results of the changes of the air temperature at the meteorological station of Rogan (the experimental field of KhNAU) during the period 1968-2012 are given. The equalization of the results by the method of moving average was made to simplify the further calculations that allowed to get rid of random fluctuations. During the research, the method of moving average, correlation and regression analysis, graphical methods were used. The correlation coefficient for the average annual temperatures after equalization were found. Testing the significance of the correlation coefficients was carried out using t – the criteria of Student. The presence of the average annual temperature dependence by the time is proved. The equation of a straight regression line was recorded to find the analytical expression. Space and time variability of the average annual air temperature was revealed with their help. Overall, during the period of the instrumental observations from 1968 to 2012 the average annual temperature increased on $1,78^{\circ}\text{C}$. The deviation values calculated from the regression equation from the measured average annual temperatures were analyzed during the research. The dynamics of changes in the annual air temperature repeats periodic fluctuations. Therefore the approximation of the above mentioned deviations by the method of the least squares was carried out. The studies show that the deviation of the average annual temperature from the straight regression line describes the fluctuations with a period $T = 9$ years. It should be noted that the oscillation amplitude is 0.705°C . Change of the microclimatic particularities of the regional climate leads to the global climate spatial change.*

Keywords: *air temperature, global warming, warm-up mode, change the climate, island of the heat, trend, oscillations.*

УДК 551.524.3

Д. И. Масленников, канд. физ.-мат. наук, доцент**Т. Г. Ткаченко, канд. геогр. наук, доцент**

*Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
e-mail: tyticmasl@gmail.com, ttg298240@gmail.com*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В УЧЕБНОМ ГОРОДКЕ ХНАУ ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА

Приведены результаты анализа среднегодовой температуры воздуха на метеорологической станции Рогань (опытное поле ХНАУ) за период наблюдений с 1968 г. по 2012 г. Установлено, что среднегодовая температура в течение 45 лет имеет тенденцию к повышению на фоне периодических колебаний. Изменение микроклиматических особенностей регионального климата приводит к пространственной изменению глобального климата.

Ключевые слова: температура воздуха, глобальное потепление, температурный режим, изменение климата.

УДК 551.524.3

Д. І. Масленников, канд. фіз.-мат. наук, доцент**Т. Г. Ткаченко, канд. геогр. наук, доцент**

*Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва,
e-mail: tyticmasl@gmail.com, ttg298240@gmail.com*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В НАВЧАЛЬНОМУ МІСТЕЧКУ ХНАУ ІМ. В. В. ДОКУЧАЄВА

Наведено результати аналізу середньорічної температури повітря на метеорологічній станції Рогань (дослідне поле ХНАУ) за період спостережень з 1968 р. до 2012 р. Установлено, що середньорічна температура протягом 45 років має тенденцію до підвищення на фоні періодичних коливань. Зміна мікрокліматичних особливостей регіонального клімату призводить до просторової зміни глобального клімату.

Ключові слова: температура повітря, глобальне потепління, температурний режим, зміна клімату.

Зміна клімату – це одна з найбільш значущих проблем у сфері охорони природного середовища і збалансованого природокористування. Причина зміни клімату лежить у площині збільшення впливу техногенних чинників, які ведуть до порушення природної рівноваги всієї кліматичної системи. А це насамперед веде до зміни метеорологічних величин, збільшення повторюваності

виникнення атмосферних явищ. У зв'язку з глобальними змінами клімату охорона природного середовища розглядається і на національному, і міжнародному рівнях. Результати інструментальних метеорологічних спостережень свідчать про зміну клімату. Ці зміни супроводжуються негативними наслідками для економіки і для всього людства (Будыко М. И., 1980; Будыко М. И., 1971). Природні коливання клімату, його зміни під впливом парникового ефекту посилюються антропогенною діяльністю людини. За оцінками Міжурядової групи експертів зі зміни клімату будь-яка зміна клімату – це результат природного мінливості й антропогенної діяльності людини (Ліпінський В. М., 2003; Логинов В. Ф., 2011; Логинов В. Ф., 2012). Виникла нагальна необхідність в оцінці кліматичних змін території України, оскільки відомі особливості трансформації кліматичного поля приземної температури повітря за останнє сторіччя (Волощук В. М., Бойченко С. Г., 1997). Сучасні дослідження свідчать про різноманітність коливань характеристик кліматичної системи, яка об'єднує атмосферу, гідросферу, кріосферу, біосферу. Складність зв'язків у кліматичній системі, зміна її компонентів веде до зміни клімату на планеті. Тепловий стан атмосфери характеризується термічним режимом діяльного шару атмосфери і виражається у взаємодії з океаном і суходолом (Будыко М. И., 1980, Логинов В. Ф., 2011). Установлено, що протягом ХХ ст. глобальна температура повітря біля поверхні землі виросла на $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. За останні 1000 років потепління було найбільш значним, а останні роки – найбільш теплими (Будыко М. И., 1980).

Метою цього дослідження є аналіз зміни середньої річної температури повітря на МС Рогань (дослідне поле університету) за період спостережень 1968-2012 рр. У ході досліджень було застосовано метод змінного середнього, кореляційного і регресивного аналізів, графічний і картографічний методи. За їх допомогою виявлено просторово-часову мінливість середньої річної температури повітря (Силвер Дж. 2009).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми клімату порушувало багато вчених (Peng Li., 1987; Ramage C. S., 1987; Roemmich D., 2012; Tollefson J., 2014; Wigley T., 1985). Мікрокліматичні дослідження розпочато ще в 50-х роках М. І. Щербанем, О. В. Шахнович, А. О. Вилькенсом (Щербань М. І., 1985, Шахнович А. В., 1964). Так, Г. П. Дубинський і О. Д. Бабіч досліджували мікроклімат зрошуваних полів. Особливості регіональної кліматології й окремих зон та районів України вивчали Є. А. Бурман, О. М. Раєвський, К. В. Голуб, І. І. Калініна, Л. К. Смекалова, О. О. Врублевская. Деякі питання зміни клімату окремих районів досліджували І. К. Половко, В. П. Попов, М. І. Щербань, В. І. Ромушкевич, П. І. Колесник, П. І. Кобзистий, Г. Д. Проценко та інші. (Будыко М. И., 1980).

В умовах сучасного клімату суттєво змінилися дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15°C навесні і восени, дати переходу кліматичних сезонів та їх тривалість, період опалювальних сезонів і т. ін.

(Бабіченко В. М., 2009, Затула В. І., 2011, Решетченко С. І., 2015).

Результати досліджень. Для встановлення динаміки середньої річної температури повітря на метеорологічній станції Рогань (дослідне поле університету) аналізували часові ряди температур повітря за період 1968-2012 рр. Середньорічні температури повітря наведено в табл. 1.

1. Середньорічна температура повітря, °С, МС Рогань (дослідне поле ХНАУ)

Рік	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Температура, С	6,7	5,9	7,3	7,5	7,7	7,0	7,4	9,0	5,6
Рік	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Температура, С	6,9	6,3	7,6	6,2	8,7	8,5	8,4	7,0	6,1
Рік	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Температура, С	7,2	4,7	6,8	9,0	8,9	8,1	7,8	6,4	8,9
Рік	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Температура, °С	8,3	5,9	6,5	7,6	8,8	8,1	7,8	8,4	7,5
Рік	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Температура, °С	7,2	6,8	8,1	9,5	9,1	9,0	9,8	8,0	9,2

Розподіл середньої річної температури повітря на МС Рогань (дослідне поле університету) наведено на рис. 1, при цьому 1968 р. вважається першим.

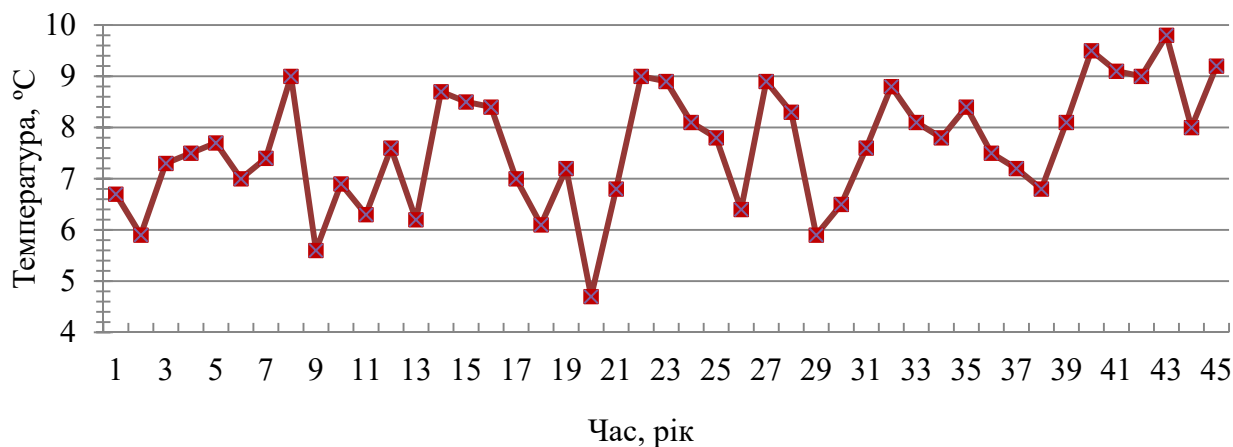


Рис. 1. Динаміка середньої річної температури повітря на МС Рогань

Для спрощення подальших розрахунків було виконано вирівнювання результатів методом ковзного середнього, що дозволило частково позбутися від випадкових флуктуацій. Виявлено зміни середньої річної температури повітря за період 1968-2012 рр. Середню річну температуру повітря після вирівнювання наведено на рис. 2.

На рис. 2 очевидна тенденція підвищення середньої річної температури повітря. Подальшу оцінку кліматичних трендів проводили методами кореляційного і регресійного аналізів. Було знайдено коефіцієнт кореляції для середніх річних температур після вирівнювання.

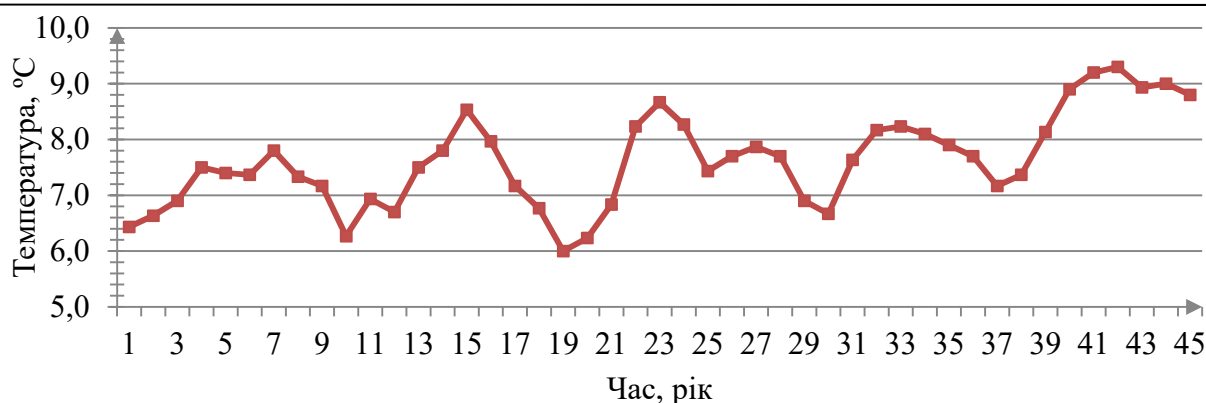


Рис. 2. Динаміка середньої річної температури повітря після вирівнювання на МС Рогань (дослідне поле університету)

$$r_p = 0,617. \quad (1)$$

Перевірку значущості коефіцієнтів кореляції проводили за допомогою t – критерію Стюдента. Уважаючи нульовою гіпотезою H_0 рівність нулю коефіцієнта кореляції $r = 0$, а альтернативної H_1 - нерівність нулю $r \neq 0$, було отримано значення критерію $t_{\text{спост}} = 5,14$. При рівні значущості $\alpha = 0,95$ критичне значення критерію одно $t_{\text{кр}} = 2,014$. Таким чином, є підстави відкинути нульову і прийняти альтернативну гіпотези. Тобто припустимо, що є присутнім залежність середньої річної температури від часу. Для знаходження аналітичної залежності було записано рівняння прямої лінії регресії:

$$x = 0,039t + 6,726, \quad (2)$$

де x – відповідна середня річна температура, $^{\circ}\text{C}$; t – час у роках, причому 1968 р. вважається першим.

У формулі (2) коефіцієнти свідчать, що в середньому за рік протягом 45 спостережуваних років середня річна температура підвищувалася на $0,039^{\circ}\text{C}$. Загалом за період інструментальних спостережень протягом 1968-2012 рр. середня річна температура підвищилася на $1,78^{\circ}\text{C}$.

У ході дослідження було проаналізовано відхилення значень, розрахованих за рівняннями регресії від виміряних середніх річних температур. Динаміку відхилень середньої річної температури повітря від прямої лінії регресії наведено на рис. 3.

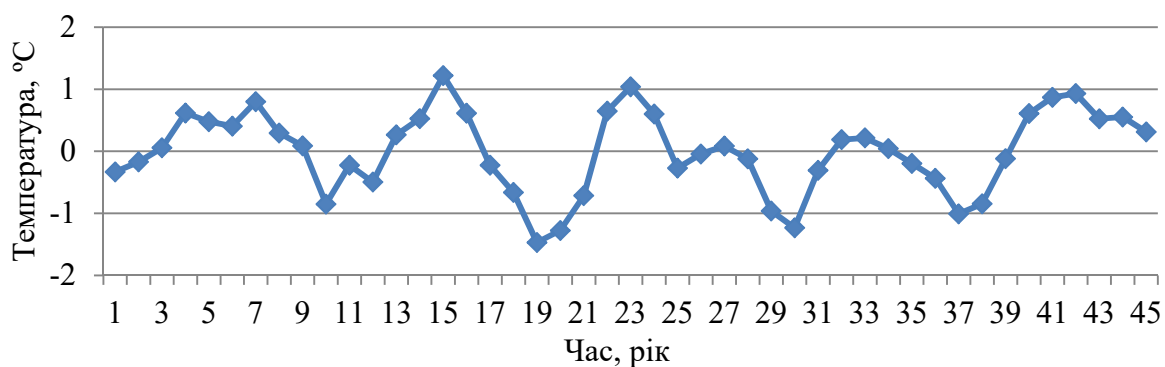


Рис. 3. Динаміка відхилень середньої річної температури повітря від прямої лінії регресії

Динаміка змін середньої річної температури повітря повторює періодичні коливання. Тому було проведено апроксимацію зазначених вище відхилень методом найменших квадратів. Шуканою була обрана тригонометрична функція:

$$\Delta x = a \sin \omega t + b \cos \omega t, \quad (3)$$

де Δx – відхилення середньої річної температури від прямої лінії регресії, $\omega = 2\pi / T$ – циклічна частота, T – період коливань, a і b – постійні коефіцієнти, t – час в роках, причому 1968 р. вважається першим.

Дослідження свідчать, що найкращим чином відхилення середньої річної температури від прямої лінії регресії описують коливання з періодом $T = 9$ років, а коефіцієнти функції (3) при цьому мають такий вигляд:

$$\Delta x = -0,589 \sin 0,698t - 0,387 \cos 0,698t. \quad (4)$$

Порівняльні графіки для теоретичних значень відхилень середньої річної температури повітря від вимірних, розрахованих за допомогою формули (4) наведено на рис. 4.

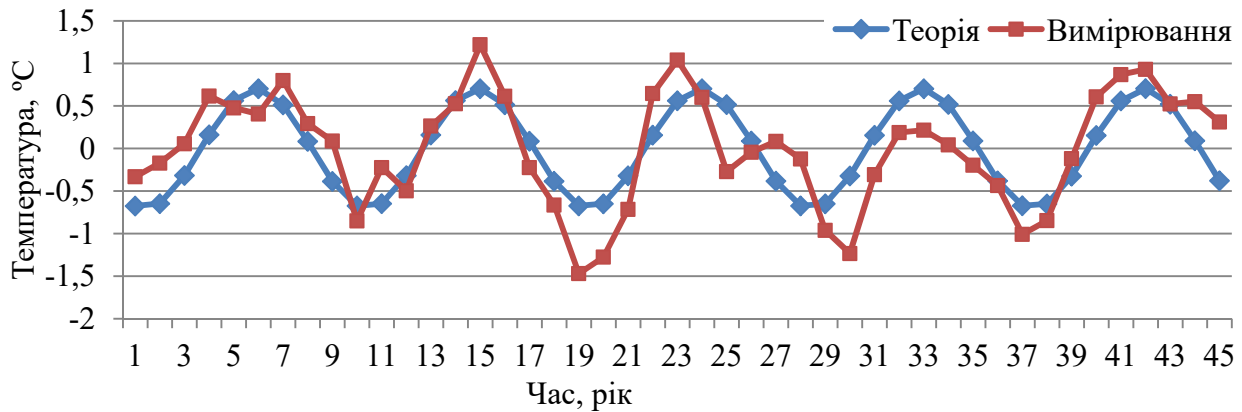


Рис. 4. Динаміка відхилень середньої річної температури повітря від прямої лінії регресії

Об'єднуючи формули (2) і (4), отримаємо:

$$x = 0,039t + 6,726 - 0,589 \sin 0,698t - 0,387 \cos 0,698t. \quad (5)$$

Відзначимо, що амплітуда коливань становить $0,705^\circ\text{C}$. На рис. 5 наведено порівняльні значення теоретичної середньої річної температури повітря, розрахованої за формулою (5) і вимірної.

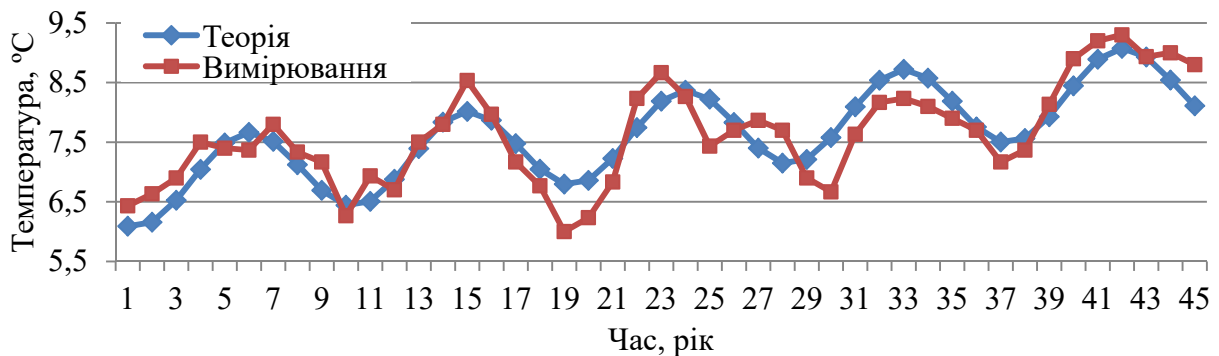


Рис. 5. Порівняння теоретичної середньої річної температури повітря з вимірною для МС Рогань (дослідне поле університету)

Висновки. Тепловий стан атмосфери – це одна з складових кліматичної системи, що характеризується температурним режимом. Так на метеорологічній станції Рогань (дослідне поле університету) спостерігається збільшення середньої річної температури повітря.

Найбільш істотні зміни температури повітря відбуваються в зимовий і весняний періоди, що необхідно враховувати при виконанні сільськогосподарських робіт і при проведенні агротехнічних заходів. З'ясовано, що середньому протягом 45 спостережуваних років середня річна температура підвищувалася на 0,039°C за рік. В цілому за період інструментальних спостережень з 1968 по 2012 рр. середня річна температура підвищилася на 1,78°C.

Послідовне збільшення температури повітря, тривала відсутність дощів, низька вологість повітря, атмосферна та ґрунтова засуха стимулюють вчених та аграріїв до розробки системи агротехнічних та лісомеліоративних заходів, спрямованих на підбір культур та сортів, обґрунтування агро-та фіто технологій, впровадження зрошувального землеробства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

Будько М. И. Климат в прошлом и будущем / М. И. Будько. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 351 с.

Budyko M. I., 1980, "Climate in the past and future", Leningrad, Hidrometeoizdat, 351 p.

Будько М. И. Климат и жизнь / М. И. Будько. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 472 с.

Budyko M. I., 1971, "Climate and life", Leningrad, Hidrometeoizdat, 472 p.

Ліпінський В. М. Клімат України / В. М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.

Lipinsky V. M., Dyachuk V. A., Babichenko V. M., 2003, "Climate of Ukraine", Kiev, Raevsky, 343 p.

Логинов В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата и их доказательная база / В. Ф. Логинов // Глобальные и региональные изменения. – Киев, 2011. – С. 23–37.

Loginov V. F., 2011, "Global and regional climate change and its evidence base", Global and regional changes, Kiev, p. 23-37.

Логинов В. Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В. Ф. Логинов. – Минск, 2012. – 266 с.

Loginov V. F., 2012, "Radiation factors and evidence base of modern climate change", Minsk, 266 p.

Волощук В. М. Реакція сезонного ходу приземної температури України на глобальне потепління клімату / В. М. Волощук, С. Г. Бойченко // Доповіді НАНУ. – 1997. – № 9. – С. 113-118.

Voloschuk V. M., Bojchenko S. G., 1997, "The reaction of the seasonal course of ground temperature of Ukraine on global warming", Dopovidi NANU, No. 9, pp. 113-118.

Силвер Дж. Глобальное потепление/ Дж. Силвер. – М., 2009. – 365с.

Silver J., 2009, "Globalnoe poteplenie", Moscow, 365 p.

Peng Li. Ming–Dah– Chou, Arking A., 1987, "Climate warming due to increasing atmospheric CO₂ : simulations with a multilayer coupled atmosphere–ocean seasonal energy balance model", J. Geophys. Res., Vol. 92, pp. 5505-5521.

Ramage C. S., 1987, "Secular change in reported surface wind speed over the Ocean", J. Clim. Appl. Meteorol, Vol. 26, pp. 525-528.

Roemmich D., Gould W. John, Gilson John, 2012, "135 years of global ocean warming between

the Challenger Expedition and the Argo Programme", *Nature Climate Change*, Doi: 10.1038 / nclimate1461.

Tollefson J., 2014, "The case of the missing heat", *Nature*, Vol. 505, pp. 276-278.

Wigley T., Schlesinger M. E., 1985, "Analytical solution for the effect of increasing CO₂ on global mean temperature", *Nature*, Vol. 315, pp. 649-652.

Щербань М. І. Мікрокліматологія / М. І. Щербань. – Київ: Вища школа. – 1985. – 222 с.

Scherban M. I., 1985, "*Mikroklimatologija*", Kiev, *Vuscha shkola*, 222 p.

Шахнович А. В. Микроклиматическая оценка территории при некоторых типах погоды / А. В. Шахнович // Тр. УкрНИГМИ. – 1964. – Вып. 45. – С. 83-96.

Shahnovich A. V., 1964, "*Microclimatic assessment of the territory for some types of weather*", *Tr. UkrNIGMI*, Vol. 45, pp. 83-96.

Бабіченко В. М. Настання весняного сезону в Україні (перехід середньої добової температури повітря через 0°C) в умовах сучасного клімату / В. М. Бабіченко, Н. В. Ніколаєва, С. В. Рудишина, Л. М. Гущина // Укр. географ. журнал. – 2009. – № 9. – С. 25-35.

Babichenko V. M., *Nikolaev N. V.*, *Rudishina S. V.*, *Gushchina L.M.*, 2009, "*The onset of the spring season in Ukraine (the transition of the average daily air temperature through 0°C) in the current climate*", *Ukr. geographic journal*, No. 9, pp. 25-35.

Затула В. І. Застосування інтерполяційних поліномів Ньютона для обчислення середніх дат переходу температури повітря через певні рівні в Україні / В. І. Затула, Д. В. Затула // Укр. гідрометеоролог. журнал. – 2011. – №8. – С. 60-66.

Zatula V. I., *Zatula D. V.*, 2011, "*Application of Newton interpolation polynomials for calculating the average dates of air temperature transition through certain levels in Ukraine*", *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, No. 8, pp. 60-66.

Решетченко С. І. Зміна температурного режиму на території Харківської області / С. І. Решетченко, Т. Г. Ткаченко, О. Г. Лисенко // Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна, сер. Геологія. Географія. Економіка. – 2015. – Вип. 43. – С. 153-159.

Reshetchenko S. I., *Tkachenko T. G.*, *Lysenko O. G.*, 2015, "*Change of temperature regime in the territory of Kharkiv region*", *Bulletin KhNU named after V. N. Karazin, ser. Geology. Geography. Economy*, Vol. 43, pp. 153-159.