

ВИЯВЛЕННЯ ПРИХОВАНИХ ПЕРІОДИЧНОСТЕЙ СЕЗОННИХ КОЛИВАНЬ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН НА ТЕРИТОРІЇ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Ключові слова: середні місячні значення; сезонні коливання метеорологічної величини; амплітуда і фаза періодичних коливань; кліматологічний стандартний період; Волинське Полісся

Вступ. Ефективне управління кліматичними ресурсами вимагає усебічного врахування зміни метеорологічного режиму протягом року. Відомості про такі зміни є важливою частиною кліматологічної характеристики будь-якої території.

Постановка і актуальність проблеми. Сезонні коливання метеорологічних величин є звичайним предметом вивчення в метеорології і кліматології, однак традиційні підходи до його вивчення не завжди задовольняють потреби практики. Тому, добираючи найбільш точні та інформативні показники таких коливань, застосовують спеціальні методи досліджень і метод гармонічного аналізу зокрема [4, 9, 12].

Кількісні характеристики сезонного ходу температури повітря в Україні подано в колективній монографії [5], швидкості вітру, хмарності, дефіциту насичення, концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі – в роботах [1, 2, 7, 10]. Порівняльну характеристику сезонних коливань різних метеорологічних величин для обмеженої кількості метеорологічних станцій України представлено в [3]. Тоді в річному ході цих величин було виявлено значні відмінності, зумовлені неоднорідністю будови підстильної поверхні в різних регіонах України. Разом з тим, питання щодо схожості або відмінності метеорологічного режиму цих величин на просто-риво обмеженій території, що характеризується більшою однорідністю природних умов і кліматоутворювальних процесів, залишилося не з'ясованим.

У цій статті розглядається кліматичний режим Волинського Полісся. Спеціальних наукових розвідок, присвячених цьому регіону, небагато. Найважливіші із них стосуються клімату ґрунтів [11].

Як відомо, до складу Волинського Полісся входить більша частина Волинської та північно-західна частина Рівненської області. Його поверхня представлена хвилястою рівниною з незначними перепадами відносних висот і загальним похилом території у північному напрямку. З-поміж інших поліських областей воно вирізняється значним

поширенням боліт і заболочених земель (унаслідок слабкої дренажності території), а також більшою лісистістю, яка досягає 45 % усієї площі. Серед лісів переважають бори (23 %), субори (47 %) і сугрудки (понад 21 %). Значні площі займають луки. На північному заході області помітним елементом ландшафної структури є Шацькі озера [8]. Згідно з агрокліматичним районуванням, територія Волинського Полісся належить до вологої, помірно теплої агрокліматичної зони. Завдяки компактності території та схожості будови підстильної поверхні, радіаційні і циркуляційні умови формування клімату у його межах вирізняються значною однорідністю.

Основною метою даної роботи є встановлення засобами гармонічного аналізу закономірностей річного ходу окремих метеорологічних величин на території Волинського Полісся.

Матеріали і методи дослідження. Інформаційними матеріалами дослідження є відомості Кліматичного кадастру України [6] про середні місячні значення (кліматичні норми) семи метеорологічних величин на метеорологічних станціях Волинського Полісся за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр. Це дані спостережень шести метеорологічних станцій, які рівномірно розподілені по території розглядуваної фізико-географічної області. Основні результати отримано при застосуванні методу гармонічного аналізу до середніх місячних значень таких метеорологічних величин: температури і кількох характеристик вологості повітря, кількості атмосферних опадів, атмосферного тиску, швидкості вітру. Вихідні матеріали опрацьовувалися з допомогою пакету програм Microsoft Excel.

Виклад матеріалу дослідження. Приховані періодичності сезонних коливань середніх місячних значень метеорологічних величин виявлялися та оцінювалися за допомогою гармонічного аналізу, класична схема якого виходить з того, що будь-яке значення розглядуваної величини можна представити у вигляді середнього арифметичного та скінченної суми гармонік [4]:

$$x_t = \bar{X} + \sum_{i=1}^{n/2} \left[A_i \sin\left(\frac{2\pi}{P} it\right) + B_i \cos\left(\frac{2\pi}{P} it\right) \right] \quad (1)$$

де x_t – середнє багаторічне значення величини за t -й місяць ($t=1, 2...12$); \bar{X} – середнє річне значення метеорологічної величини; $P=12$ міс. – повний період річного коливання величини; i – порядковий номер гармоніки; $n=12$ – довжина вихідного ряду.

Невідомі коефіцієнти Фур'є A_i і B_i обчислюються за формулами:

$$A_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n \left[x_t \sin\left(\frac{2\pi}{P} it\right) \right], \quad (2)$$

$$B_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n \left[x_t \cos\left(\frac{2\pi}{P} it\right) \right]. \quad (3)$$

Для останньої ($i = n/2$) гармоніки $A_i = 0$, а B_i додатково ділиться на два.

Важливою характеристикою гармоніки є її амплітуда

$$C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}. \quad (4)$$

Періодичні коливання метеорологічної величини, зумовлені окремою гармонікою, представимо у вигляді добутку

$$C_i \cos\left[\frac{2\pi}{P}(t-t_i)\right], \quad (5)$$

де

$$t_i = \frac{P}{2\pi i} \arctg(A_i/B_i) - \quad (6)$$

фаза, тобто час настання максимуму i -тої гармоніки (міс.).

В теорії гармонічного аналізу показано, що дисперсія за рахунок одиначної гармоніки становить $C_i^2/2$, за винятком останньої, для якої вона удвічі більша. Тоді вклад окремої гармоніки в сумарну дисперсію метеорологічної величини можна обчислити за формулою

$$f_i = \frac{C_i^2}{2\sigma^2} \cdot 100, \quad (7)$$

де σ^2 – загальна дисперсія ряду. Для останньої гармоніки оцінка f_i подвоюється.

Показник f_i доцільно використовувати при зіставленні прихованих періоди-ностей різних метеорологічних величин (табл. 1).

Таблиця 1 – Середні оцінки вкладу окремих гармонік в сумарну дисперсію річного ходу деяких метеорологічних величин на метеорологічних станціях Волинського Полісся

Метеорологічна величина	Гармоніка					
	1-а	2-а	3-я	4-а	5-а	6-а
Температура повітря	99,40	0,45	0,10	0,04	0,01	0,01
Кількість опадів	74,98	20,83	0,95	1,25	1,46	0,53
Дефіцит насичення	97,75	1,33	0,61	0,24	0,05	0,02
Відносна вологість повітря	94,59	2,45	1,58	1,26	0,10	0,02
Парціальний тиск водяної пари	98,47	1,43	0,01	0,07	0,01	0,00
Атмосферний тиск на рівні станції	56,83	13,67	19,81	0,87	8,31	0,52
Швидкість вітру	90,49	1,53	5,62	0,23	1,34	0,80
В середньому	87,50	5,95	4,10	0,57	1,61	0,27

З табл. 1 видно, що перші (вони ж і основні) гармоніки відіграють провідну роль в сезонних коливаннях усіх розглянутих величин ($f_1 > 50\%$). Особливо великим є їх вклад в коливання температури повітря (99,4%), парціального тиску водяної пари (98,5%), дефіциту насичення (97,8%) і відносної вологості повітря (94,6%). Сумарний вклад старших гармонік на усіх метеорологічних станціях Волинського Полісся не досягає навіть 1% для температури повітря і становить тільки близько 1,5% для парціального тиску водяної пари та 2-3% для дефіциту насичення. Дещо більший він для відносної вологості повітря (4-8%), однак значущою (у якості такого критерію прийме-мо $f_i \geq 5\%$) не є

жодна із цих гармонік. Тож усіма ними цілком можна нехтувати.

Дуже високим є також вклад основної гармоніки в сезонні коливання швидкості вітру (84-95%). Однак на чотирьох метеорологічних станціях Волинського Полісся на тлі потужної річної гармоніки в сезонних коливаннях цієї величини проступають слабкі коливання з періодом 4 міс. ($f_3 = 5 \div 11\%$), причому найбільшій інтенсивності вони досягають на станції Світязь ($C_3=0,18$ м/с).

Загалом, у 28 випадках із 38 річна гармоніка визначає понад 90% сумарної дисперсії розглянутих у роботі величин.

Як відомо, річний хід деяких метеорологічних величин характеризується двома максимумами і двома мінімумами значень. Такі особливості річного ходу добре

описуються піврічною гармонікою. Найкраще вона проступає в сезонних коливаннях кількості атмосферних опадів ($f_2 = 20,8\%$) та атмосферного тиску ($f_2 = 13,7\%$). При цьому показник f_2 характеризується помітною просторовою мінливістю для атмосферних опадів (від 18,0 % у Ковелі до 25,8 % у Маневичах) та рівним розподілом (13-14 %) для атмосферного тиску. Можна припустити, що такі відмінності у розподілі цього показника зумовлені впливом факторів різного масштабу.

Великі збурення у річному ході атмосферного тиску (19,8 %) зумовлює і третя гармоніка (з періодом 4 міс.), причому серед двох станцій Волинського Полісся вони більші у Ковелі (20,6 %) і менші – у Сарнах (19,0 %).

Гармоніки ще старших порядків зазвичай дуже слабкі. Виняток становить тільки п'ята гармоніка (з періодом 2,4 міс.) коливань

атмосферного тиску на рівні станції (показник f_5 для цієї величини дорівнює 7,4 % у Сарнах та 9,2 % у Ковелі).

Дані табл. 1 відповідають уявленням про те, що зі збільшенням порядку гармоніки спричинена нею дисперсія зменшується [3]. Суттєвий вклад (5 % і більше) у сумарну дисперсію річного ходу метеорологічної величини одразу декількох гармонік старшого порядку можливий тільки при значному послабленні ролі річної гармоніки.

Таблиця 2 ілюструє ті самі закономірності, але уже в розрізі окремих метеорологічних станцій за сукупністю шести метеорологічних величин (за винятком атмосферного тиску на рівні станції, оскільки відомості про нього на більшій частині станцій відсутні).

Як видно з табл. 2, розподіл величин f_i на окремих метеостанціях Волинського Полісся схожий.

Таблиця 2 – Середні оцінки вкладу окремих гармонік в сумарну дисперсію річного ходу сукупності метеорологічних величин на метеорологічних станціях Волинського Полісся

Метеорологічна станція	Гармоніка					
	1-а	2-а	3-я	4-а	5-а	6-а
Любешів	92,30	6,75	2,36	4,60	2,05	0,91
Світязь	91,85	6,80	2,18	4,52	2,16	0,65
Маневичі	91,48	6,81	2,43	5,43	2,00	0,63
Ковель	93,46	6,85	2,20	4,38	2,03	0,50
Володимир-Волинський	93,43	8,88	2,20	4,55	1,95	0,50
Сарни	93,17	8,83	2,56	4,53	1,99	0,84
В середньому	92,61	7,49	2,32	4,67	2,03	0,67

Оскільки перша гармоніка на всіх станціях визначає не менше 55 % сумарної дисперсії кожної із величин, то максимум і мінімум ходу метеорологічної величини протягом року можна встановити за значенням фази першої

гармоніки. У цьому сенсі показовими є графіки річного ходу парціального тиску (рис. 1) і відносної вологості повітря (рис. 2).

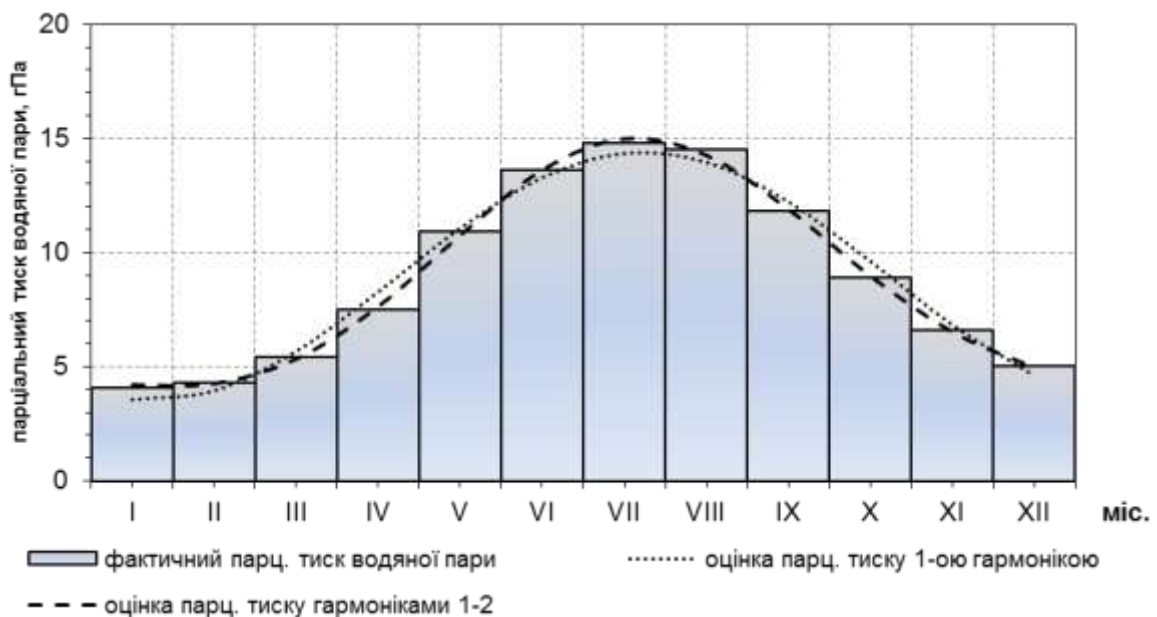


Рис. 1 – Річний хід парціального тиску водяної пари в Ковелі

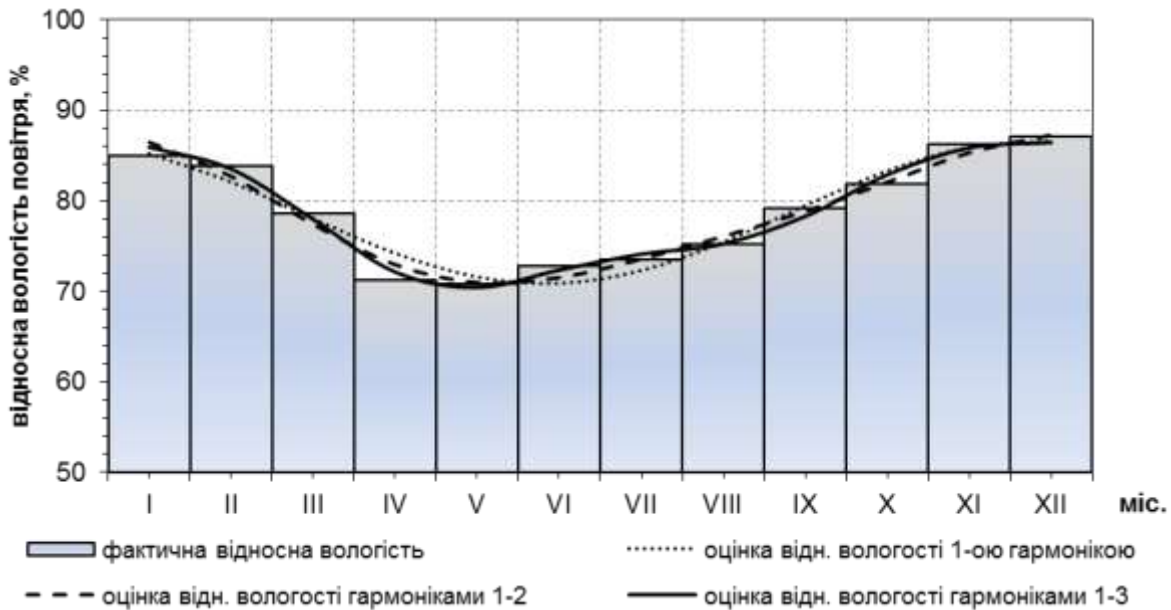


Рис. 2 – Річний хід відносної вологості повітря в Ковелі

Так, у Ковелі максимальне значення парціального тиску водяної пари спостерігається у другій половині липня ($t_1 = 7,24$ міс.), а максимальне значення відносної вологості повітря – в першій половині грудня ($t_1 = 11,83$ міс.). На інших станціях Волинського Полісся максимум парціального тиску водяної пари практично збігається у часі з його значенням у Ковелі ($t_1 = 7,21 \div 7,26$ міс.). Розбіжності у часі настання максимуму відносної вологості повітря трохи більші ($t_1 = 11,67 \div 11,83$ міс.).

Окрім фактичного сезонного ходу елементів вологості на відповідних графіках показано і їхні модельні оцінки, отримані з урахуванням першої, перших двох і перших трьох гармонік. Амплітуда першої гармоніки краще інших корелює з амплітудою річного ходу відповідної величини. Урахування старших гармонік підвищує точність модельних оцінок. Для відносної вологості це помітніше, оскільки тільки після їх врахування модель правильно відображає настання мінімуму на початку травня. Водночас, у випадку парціального тиску водяної пари можна обмежитися врахуванням перших двох гармонік: річної і піврічної

Зазвичай час настання максимуму першої гармоніки для метеорологічних величин, пов'язаних між собою прямими залежностями, збігається, а для величин, які пов'язані оберненими зв'язками, відрізняється на півроку. Так, у Ковелі практично синхронно змінюються температура повітря ($t_1 = 7,05$

міс.) і пов'язані з нею парціальний тиск водяної пари (7,24 міс.), дефіцит насичення (6,62 міс.) і кількість атмосферних опадів (6,99 міс.). Сама температура з незначним запізненням слідує за сезонними змінами сонячної радіації (геоцентричного схилення Сонця) як визначального чинника формування клімату.

Майже у протифазі змінюються температура повітря (7,05 міс.) і атмосферний тиск (11,13 міс.), температура (7,05 міс.) і відносна вологість повітря (11,83 міс.), атмосферний тиск (11,13 міс.) і кількість атмосферних опадів (6,99 міс.). Однак, хід атмосферного тиску і швидкості вітру ($t_1 = 11,13$ і 1,35 міс. відповідно) не виявляє очікуваної залежності. Неузгодженість коливань цих величин можна пояснити особливостями сезонної перебудови баричного поля в усьому Атлантико-Європейському секторі Північної півкулі.

Висновки. Таким чином, застосування гармонічного аналізу до даних кліматичних довідників дозволяє порівнювати сезонні коливання різних метеорологічних величин на певній території у належній глибині їхнього взаємозв'язку. Апарат гармонічного аналізу забезпечує строге зіставлення кількісних оцінок прихованих періодичностей річного ходу метеорологічних величин. У подальшому аналогічні дослідження можна поширити і на оцінку сезонних коливань клімату у сучасний період.

Список літератури

1. *Затула В.І.* Деякі особливості просторово-часового розподілу середньої швидкості вітру на території України / Затула В.І., Горбач Т.М. // Фіз. географія та геоморфологія. – 2012. – Вип. 1(65). – С. 149-156. 2. *Затула В.І.* Застосування методів кореляційного і гармонічного аналізу для виявлення часової структури місячних рядів хмарності / Затула В.І., Затула Н.І. // 14-а міжнародна наук. конф. Ім. акад. М. Кравчука (19-21 кв. 2012 р., Київ). Т. 3. Теорія ймовірностей та математична статистика. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – С. 55-56. 3. *Затула В.І.* Гармонічний аналіз сезонних коливань деяких метеорологічних величин на території України / Затула В.І., Затула Н.І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т. 2(33). – С. 98-103. 4. *Исаев А. А.* Статистика в метеорологии и климатологии / А. А. Исаев. – М. : изд-во МГУ, 1988. – 248 с. 5. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с. 6. Кліматичний кадастр України (електрон. версія) / Держ. гідрометеоролог. служба; УкрНДГМІ; ЦГО. – К., 2006. 7. *Куликов В.В.* Использование статистических методов при моделировании динамики загрязнения атмосферы / Куликов В.В., Затула В.И. // Сб. трудов Междунар. конф. по интервальным и стохастическим методам в науке и технике (Интервал – 92) (Москва, 22–26 сент. 1992). – М., 1992. – Ч. I. – С. 84-86. 8. *Маринич О. М.* Фізична географія України / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. – К. : Знання, КОО, 2003. – 479 с. 9. *Пановский Г. А.* Статистические методы в метеорологии / Г. А. Пановский, Г. В. Брайер. – Л. : Гидрометеиздат, 1967. – 242 с. 10. *Сидоренко А. В.* Особливості просторово-часової структури полів дефіциту насичення та їх зв'язок з північноатлантичним коливанням в умовах сучасного клімату України / А. В. Сидоренко, В. І. Затула // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 260. – С. 95-109. 11. *Тарасюк М.Ф.* Клімат ґрунтів Волинського Полісся : автореф. дис.. на здобуття наук. ступеня канд. географ. наук : 11.00.05 / М. Ф. Тарасюк ; Львів. нац. ун-т. – Львів, 2014. – 19 с. 12. *Хргиан А. Х.* Очерки развития метеорологии. Т. I. / А. Х. Хргиан. – Л. : Гидромет. изд-во, 1959. – 428 с.

Затула В. І. Виявлення прихованих періодичностей сезонних коливань метеорологічних величин на території Волинського Полісся. Розглянуто результати застосування гармонічного аналізу для виявлення прихованих періодичностей сезонних коливань температури і вологості повітря, кількості атмосферних опадів, атмосферного тиску, швидкості вітру на метеорологічних станціях Волинського Полісся.

Ключові слова: середні місячні значення; сезонні коливання метеорологічної величини; амплітуда і фаза періодичних коливань; кліматологічний стандартний період; Волинське Полісся.

Zatula V. I. Identifying of the hidden periodicities of seasonal oscillations of meteorological values on the territory of Volyn Polissya. The results of applying of the harmonic analysis for identifying of the hidden periodicities of seasonal oscillations of some meteorological values are considered on weather stations of Volyn Polissya, which is characterized by flat topography and significant uniformity atmospheric processes. The mean monthly values are considered in the work, such as air temperature, water vapour partial pressure, saturation deficit, relative humidity, amount of precipitation, barometric pressure at the station level and wind speed.

It is shown that the leading role in the seasonal fluctuations of all components of climate plays the first harmonic with a period of oscillation of 12 months. The annual harmonic of the seasonal fluctuations of air temperature and all humidity characteristics and wind speed is mostly significant. The contribution of the annual harmonic in the seasonal fluctuations of these values at individual stations usually exceeds 90 %.

Noticeable semi-annual harmonics are detected in the seasonal variation of amount of precipitation (20.8 %) and atmospheric pressure (13.7 %). In a spatial sense, their contribution is varied for precipitation (from 18.0 % in Kovel to 25.8 % in Manevychi) and remained almost unchanged (13-14 %) for atmospheric pressure. Perhaps, this is due to the influence of factors of different scales.

The third harmonic (with a period of 4 months) causes significant perturbation only in the annual variations of atmospheric pressure (≈ 20 %) and wind speed (5-11 %) at some stations, too.

Usually the intensity of the higher orders harmonics is small. The exception is only the fifth harmonic (with a period of 2.4 months) of fluctuations of atmospheric pressure at sea level with the contribution of about 8 %.

Also the synchronicity of the timing of the maxima of the annual harmonic for individual pairs of meteorological values is analyzed.

Keywords: mean monthly values; seasonal oscillations of meteorological value; amplitude and phase of periodic oscillations; climatological standard period; Volyn Polissya.

Затула В. І. Выявление скрытых периодичностей сезонных колебаний метеорологических величин на территории Волинского Полесья. Рассмотрены результаты применения гармонического анализа для выявления скрытых периодичностей сезонных колебаний температуры и влажности воздуха, количества атмосферных осадков, атмосферного давления, скорости ветра на метеорологических станциях Волинского Полесья.

Ключевые слова: средние месячные значения; сезонные колебания метеорологической величины; амплитуда и фаза периодических колебаний; климатологический стандартный период; Волинское Полесье.

Надійшла до редколегії 16.02.2017.