

Характеристика відкладень ожеледі категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) на території України у першому десятиріччі XXI сторіччя (діаметри та маси відкладень)

Пясецька С.І.

У статті подано характеристику основних показників відкладень ожеледі діаметрів та мас для відкладень категорії НЯ (небезпечні) та СГЯ (стихійні) на території України протягом початку XXI сторіччя на території України, що характеризує особливості їх стану в умовах сучасного клімату. Для ряду місяців вказано повторюваність діаметрів та мас таких відкладень по окремих градаціях. Виявлено градації з найбільшою повторюваністю.

Ключові слова: небезпечні та стихійні відкладення ожеледі, діаметри та маси відкладень

Характеристика отложений гололеда категории НЯ (опасные) и СГЯ (стихийные) на территории Украины в первом десятилетии XXI века (диаметры и массы отложений)

Пясецкая С.И.

В статье дана характеристика основных показателей отложений гололеда диаметров и масс для отложений категории НЯ (опасные) и СГЯ (стихийные) на территории Украины в течение начала XXI века на территории Украины, что характеризует особенности их состояния в условиях современного климата.

Для ряда месяцев указано повторяемость диаметров и масс таких отложений по отдельным градациям. Выявлено градации с наибольшей повторяемостью.

Ключевые слова: опасные и стихийные отложения гололеда, диаметры и массы отложений

Characteristics ice deposits category AEs (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine in the first decade of the XXI century (diameter and weight sediment)

Pyasetska S.I.

The article presents a description of the main indicators of sediment diameters and masses of ice deposits category for AE (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine during the early twenty-first century in Ukraine, which describes the characteristics of the state in today's climate. For a number of months specified frequency diameters and masses of sediment on certain gradations. Found graduation with highest repeatability.

Keywords: dangerous and natural deposits of ice, diameter and mass of sediment.

Надійшла до редколегії 04.09.2015

УДК 551.577.21(477)

Затула В.І.¹, Затула Н.І.²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка

² Національний авіаційний університет, м. Київ

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКА НЕРІВНОМІРНОСТІ ВИПАДІННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ В УКРАЇНІ

Ключові слова: континентальність клімату; показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів; фізико-географічні умови; регресійний аналіз; статистичні моделі

Вступ. Однією із найбільш загальних характеристик клімату є ступінь його континентальності, або океанічності. З огляду на змістовну ємність і багатоплановість поняття континентальності клімату [2, 6], в науковому обігу використовуються найрізноманітніші математичні конструкції для їх кількісної оцінки.

Постановка та актуальність проблеми. Найдавнішою є практика використання ізаномал широтних температур, започаткована в XIX ст. німецьким метеорологом Г. Дове. Разом з тим, річна амплітуда температури повітря та

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.3(38)

різноманітні індекси континентальності клімату, що на ній базуються, використовуються значно ширше (В. Ценкер, Л. Горчинський, Г. Лаутензах, М.М. Іванов, С.П. Хромов та ін.).

Загальні закономірності просторового розподілу річної амплітуди температури повітря в Україні вивчалися З.С. Бондаренко і С.Ф. Рудишиною [1]. Докладний опис індексу континентальності клімату в Україні можна побачити у кількох роботах П.І. Колісника [6, 7]. Останнім часом обидві ці величини досліджували В.І. Затула та Н.І. Затула [3, 4].

На доцільність використання річної амплітуди атмосферних опадів (абсолютної і відносної) вказували Ц.А. Швер і Г.Г. Маркхам [9, 10]. В монографії Ц.А. Швер містяться також цінні ідеї щодо використання нерівномірності річного ходу атмосферних опадів в якості показника ландшафтної зональності і континентальності клімату. Разом з тим, потенціальні можливості використання цієї характеристики для оцінки континентальності клімату України вивченні недостатньо.

Об'єкт дослідження – нерівномірність річного розподілу атмосферних опадів в Україні.

Основною метою роботи є виявлення характерних рис нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні протягом року залежно від фізико-географічних умов її території за кліматологічний стандартний період 1961-1990 рр.

Матеріал і методи досліджень. Більшість представлених у даній роботі результатів отримано шляхом статистичного опрацювання середньої місячної і річної кількості атмосферних опадів на метеорологічних станціях України за період 1961-1990 рр. Вихідні матеріали опрацьовувалися з допомогою стандартних засобів графічного і регресійного аналізу, реалізованих в пакеті програм "Microsoft Excel".

Виклад основного матеріалу. На відміну від океанічного клімату, континентальний клімат характеризується значною нерівномірністю розподілу атмосферних опадів протягом року. Ступінь нерівномірності випадіння опадів протягом року можна оцінити за допомогою індексу [9]

$$w = \frac{\sum_{i=1}^{12} |R_i - R_p / 12|}{R_p} \cdot 100, \quad (1)$$

де w – показник нерівномірності (або показник періодичності) річного розподілу атмосферних опадів, %; R_i – середня кількість атмосферних опадів за i -й місяць, мм; R_p – середня річна кількість опадів, мм.

З (1) видно, що при цілком рівномірному розподілі опадів протягом року показник w дорівнює нулю. Очевидно також, що з посиленням нерівномірності випадіння опадів протягом року показник w зростає. Згідно з [8], максимальні значення w (наприклад, в тропічних пустелях, або областях мусонного клімату) можуть перевищувати 125 %.

За даними багаторічних спостережень (1961-1990 рр.), показник нерівномірності випадіння опадів в Україні коливається в межах від 10,0 % (Стрілкове Херсонської обл.) до 53,3 % (Путила Чернівецької обл.) і пересічно становить 25,3 %. Більш як на половині метеорологічних станцій і постів показник w становив 15-25 %. Ще на 40 % станцій він коливався від 25 до 35 % (табл. 1).

Таблиця 1. Повторюваність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів різних градацій

Показник нерівномірності випадіння опадів, %	Повторюваність	
	випадків	відсотків
10-15	21	4,6
15-20	148	32,2
20-25	95	20,7
25-30	69	15,0
30-35	58	12,6
35-40	35	7,6
40-45	22	4,8
45-50	7	1,5
понад 50	5	1,1
Всього	460	100,0

Аналіз просторового розподілу показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні вказує на його залежність від фізико-географічних умов. З метою вивчення цієї залежності були відібрані 187 метеорологічних станцій, достатньо рівномірно розподілені по усій території країни, на основі спостережень яких раніше уже досліджувалися географічні чинники річного ходу температури повітря та індексу континентальності клімату [3, 4].

Ступінь і характер впливу елементів фізико-географічних умов на показник періодичності річного розподілу атмосферних опадів оцінювався кількісно з допомогою методів регресійного аналізу – парного та множинного. Метод парної лінійної регресії використовувався для оцінки залежності ступеня нерівномірності випадіння атмосферних опадів від окремих складових географічного положення метеорологічної станції – її довготи (λ , град.), широти (φ , град.), абсолютної висоти (h , м н.р.м.) та середнього ступеня закритості горизонту (θ , град.), а метод множинної лінійної регресії – від фізико-географічних умов розташування метеорологічних станцій в цілому.

Однофакторну залежність між розглядуваними величинами можна представити у вигляді

$$w = ax + b, \quad (2)$$

де w – показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів, %; x – досліджуваний фактор впливу (довгота, широта, висота над рівнем моря, або середній ступінь закритості горизонту); a і b – деякі безрозмірні коефіцієнти.

Тіснота залежності досліджуваних величин оцінювалася за допомогою коефіцієнта детермінації R^2 , який являє собою співвідношення частини варіації, що пояснюється досліджуваним фактором впливу, до загальної варіації залежної величини. Чим ближче цей показник до одиниці, тим тіснішою є ця залежність [5].

Розглянемо докладніше результати такого дослідження для окремих географічних регіонів України (табл. 2-5). Обґрунтування кількості і складу регіонів представлено в [4]. Запропонований в цій роботі поділ території країни за індексом континентальності клімату С.П. Хромова, в основі якого лежить річна амплітуда температури повітря, є актуальним і для показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів. На це вказує статистично достовірний коефіцієнт парної кореляції між ними $(-0,477 \pm 0,057)$ навіть на рівні 0,1 %-му рівні значущості.

Таблиця 2. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від географічної довготи для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			<i>a</i>	<i>b</i>	R^2
1	рівнинна територія України (основна)	145	-1,2224	61,921	0,567
2	Українські Карпати	22	7,3474	-143,51	0,408
2а	Закарпатська низовина	3	-3,1759	92,666	0,270
2б	власне Українські Карпати	10	8,1852	-165,43	0,348
2в	Прикарпаття	9	4,7894	-78,644	0,348
3	Кримські гори	13	-2,4428	104,97	0,030
4	центральнo-кримський степ	7	0,4712	-1,215	0,117
1-4	Україна в цілому	187	-1,1061	58,019	0,426

Як видно з табл. 2, в Україні ступінь *нерівномірності випадіння опадів протягом року* з віддаленням від Атлантичного океану може як збільшуватися (додатні значення кутового коефіцієнта лінійної регресії), так і зменшуватися (від'ємні значення *a*).

На більшій частині рівнинної території України показник *w* по мірі просування вглиб континенту зменшується більш як на 1 % на 1° довготи. Високі значення коефіцієнта детермінації ($R^2=0,567$) вказують на значну тісноту такої залежності. На території Закарпатської низовини ступінь нерівномірності випадіння атмосферних опадів з просуванням на схід зменшується ще більше – до 3,2 % на 1° довготи. Однак далі внаслідок вимушеного підняття повітря по навітряним схилам Карпатських гір відбувається його адіабатичне охолодження і конденсація, які після перевалювання через гори змінюються феновими явищами – прискореним нагріванням і віддаленням від стану насичення. У зоні «дошової тіні» в самих Карпатах і в Прикарпатті хмарність частково розсіюється й припиняються атмосферні опади. Очевидно, саме феновими ефектами пояснюється тут пряма залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від довготи. Пряма залежність між цими величинами в степових районах Кримського півострова також не суперечить загальним уявленням про посилення нерівномірності випадіння опадів в районах посушливого клімату. Водночас, особливості географічного положення і режиму зволоження Кримських гір роблять недоцільним пошук тут залежності показника *w* від географічної довготи.

Статистичні характеристики залежності показника *w* від географічної широти представлено в табл. 3.

Як видно з табл. 2 і 3, ступінь впливу географічної широти на рівномірність випадіння атмосферних опадів значно поступається впливу географічної довготи. Відмітимо зменшення рівномірності, а отже і зростання нерівномірності, випадіння опадів з широтою на основній частині території України ($R^2=0,283$) і в центральній частині степового Криму ($R^2=0,225$) внаслідок зростання у цьому самому напрямку ступеня аридності клімату. Тісна обернена залежність ($R^2=0,436$) між розглядуваними величинами в Кримських горах визначається насамперед особливостями циркуляції атмосфери, впливом Чорного моря і простяганням усіх трьох пасом гір із заходу на схід. Разом з тим, тіснота цієї залежності у декілька разів перевищує тісноту залежності показника *w* від абсолютної висоти (табл. 4).

Таблиця 3. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від географічної широти для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			<i>a</i>	<i>b</i>	R^2
1	рівнинна територія України (основна)	145	1,9628	-73,199	0,283
2	Українські Карпати	22	1,5441	-44,193	0,006
2а	Закарпатська низовина	3	-1,2386	80,296	0,010
2б	власне Українські Карпати	10	-8,0416	419,47	0,071
2в	Прикарпаття	9	-5,5639	309,82	0,153
3	Кримські гори	13	-20,883	955,34	0,436
4	центральньо-кримський степ	7	7,7402	-335,74	0,225
1-4	Україна в цілому	187	1,548	-51,614	0,160

Таблиця 4. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від висоти над рівнем моря для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			<i>a</i>	<i>b</i>	R^2
1	рівнинна територія України (основна)	145	0,0497	15,652	0,438
2	Українські Карпати	22	-0,0034	32,641	0,012
2а	Закарпатська низовина	3	-0,0865	31,734	0,639
2б	власне Українські Карпати	10	-0,0043	32,150	0,019
2в	Прикарпаття	9	-0,0176	42,197	0,049
3	Кримські гори	13	0,0056	19,681	0,101
4	центральньо-кримський степ	7	0,0379	14,643	0,107
1-4	Україна в цілому	187	0,0139	20,815	0,141

Загалом, з висотою ступінь нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні зростає. На основній частині рівнинної території країни відповідний параметр рівняння лінійної регресії становить близько 5 % на 100 м висоти при коефіцієнті детермінації $R^2 = 0,438$.

Певний інтерес становить також залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від середнього ступеня закритості горизонту. Статистичну вибірку даних для цього дослідження довелося незначно скоротити через відсутність інформації щодо закритості горизонту на частині метеорологічних станцій (табл. 5).

Із усіх крупних регіонів країни, що представлені значною кількістю метеостанцій, середній ступінь закритості горизонту виявляє найбільший вплив на рівномірність річного розподілу атмосферних опадів у високогірних районах Українських Карпат ($R^2 = 0,309$) і центральньо-кримському степу ($R^2 = 0,489$). Зауважимо також, що характер залежності між цими величинами різний, на що вказує різний знак параметрів *a* рівняння лінійної регресії.

Таблиця 5. Параметри рівняння лінійної регресії, що описують залежність показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів від середнього ступеня закритості горизонту для окремих частин території України

Номер групи	Охоплена територія (назва групи)	Кількість метеостанцій	Параметри рівняння лінійної регресії		
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> ²
1	рівнинна територія України (основна)	140	0,2198	21,396	0,015
2	Українські Карпати	21	0,2747	29,122	0,011
2а	Закарпатська низовина	3	-0,3639	23,512	0,526
2б	власне Українські Карпати	9	1,8340	14,799	0,309
2в	Прикарпаття	9	-0,3830	39,444	0,040
3	Кримські гори	11	0,0733	21,163	0,004
4	центрально-кримський степ	7	-0,6622	16,955	0,489
1-4	Україна в цілому	179	0,3366	21,252	0,029

Таким чином, найбільший вплив на показник нерівномірності випадіння атмосферних опадів в різних регіонах країни виявляють різні елементи фізико-географічних умов. Зокрема, на основній частині рівнинної території України найбільший вплив на параметр *w* мають (у порядку спадання значень *R*²) географічна довгота, висота над рівнем моря і географічна широта. Інтегральним виразом сукупного впливу цих елементів на показник нерівномірності випадіння атмосферних опадів може бути така модель множинної регресії:

$$w = -0.9062\lambda + 0,6467\varphi + 0,0266 h + 16,3, \quad (3)$$

де *w* – показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів, %; λ і φ – географічні координати (довгота і широта) метеорологічної станції, град.; *h* – висота над рівнем моря, м.

Коефіцієнт детермінованості вказаного рівняння регресії становить 0,749, що вказує на тісний зв'язок між чинниками впливу і залежною від них величиною показника нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів. Висновок щодо не випадковості виявленого взаємозв'язку між залежною і незалежними величинами підкріплюється і високим значенням *F*-статистики (140,0). Обчислені емпіричні значення *t*-статистики значно перевищують критичний рівень цієї статистики (1,977) для рівня значущості $\alpha=0,05$ і вказують на статистичну значущість отриманих коефіцієнтів та корисність усіх змінних для практичного використання запропонованої моделі множинної регресії.

Разом з тим, значення сталої *Y*-перетину рівняння трифакторної залежності є статистично значущим тільки для рівня значущості $\alpha=0,10$, оскільки воно обчислюється з відчутною похибкою (16,3±9,4).

Рис. 1 ілюструє добру відповідність оціночних значень показника *w* за моделлю (3) їхнім фактичним значенням.

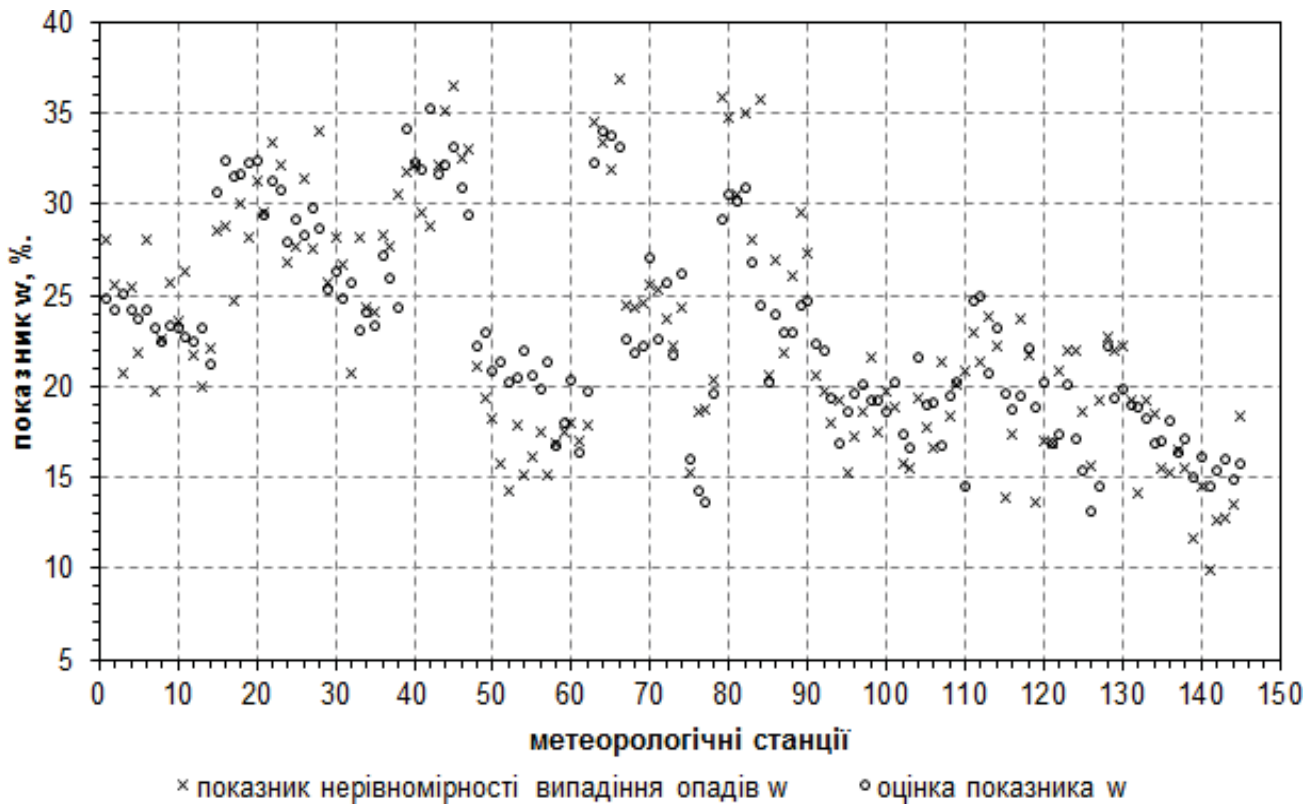


Рис. 1. Відповідність змодельованих і фактичних значень показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів на основній частині рівнинної території України

Ступінь впливу окремих елементів географічного положення на показник w в межах основної частини рівнинної території України можна оцінити, побудувавши нормовану модель множинної регресії:

$$w^* = \beta_\lambda \lambda^* + \beta_\varphi \varphi^* + \beta_h h^*, \quad (4)$$

де w^* , λ^* , φ^* , h^* – нормовані значення w , λ , φ та h , відповідно (тобто такі, що їх математичне сподівання дорівнює нулю, а дисперсія – одиниці); β_λ , β_φ , та β_h – невідомі коефіцієнти, що обчислюються за формулами

$$\beta_\lambda = \alpha_\lambda \cdot \frac{\sqrt{D_\lambda}}{\sqrt{D_w}}, \quad \beta_\varphi = \alpha_\varphi \cdot \frac{\sqrt{D_\varphi}}{\sqrt{D_w}}, \quad \beta_h = \alpha_h \cdot \frac{\sqrt{D_h}}{\sqrt{D_w}}, \quad (5)$$

де D_λ , D_φ , D_h і D_w – вибіркова дисперсія відповідних рядів; а α_λ , α_φ та α_h – уже відомі коефіцієнти ненормованої множинної регресії (3).

Внесок окремих елементів географічного положення в загальну дисперсію показника w оцінювався за формулами:

$$\bar{\delta}_\lambda = \frac{|\beta_\lambda|}{|\beta_\lambda| + |\beta_\varphi| + |\beta_h|} \cdot 100, \quad \bar{\delta}_\varphi = \frac{|\beta_\varphi|}{|\beta_\lambda| + |\beta_\varphi| + |\beta_h|} \cdot 100, \quad \bar{\delta}_h = \frac{|\beta_h|}{|\beta_\lambda| + |\beta_\varphi| + |\beta_h|} \cdot 100. \quad (6)$$

Як з'ясувалося, внесок географічної довготи в загальну дисперсію показника нерівномірності випадіння опадів у розглядуваному регіоні найбільший – 51,3 %. Внесок висоти над рівнем моря становить 32,6 %, географічної широти – 16,1 %.

Висновки. Представлені вище результати дослідження дозволяють сформулювати деякі висновки. Ступінь нерівномірності випадіння атмосферних опадів протягом року може використовуватися в якості важливого показника континентальності клімату, оскільки він визначається особливостями географічного положення. В різних регіонах України вплив окремих елементів на рівномірність випадіння атмосферних опадів виявляється по-різному. Особливо строкатими умовами формування цього показника континентальності клімату характеризуються Українські Карпати і Крим.

Рівномірність випадіння атмосферних опадів протягом року в Україні найбільше залежить від географічної довготи, широти та абсолютної висоти. Водночас, середній ступінь закритості горизонту в більшості випадків виявився малоінформативною ознакою.

З огляду на значні зміни кліматичного режиму в Україні протягом останніх десятиріч, актуальною залишається статистична оцінка сучасних тенденцій річного розподілу атмосферних опадів методами регресійного аналізу.

Список літератури

1. *Бабиченко В.Н. и др.* Температура воздуха на Украине / В.Н. Бабиченко, С.Ф. Рудышина, З.С. Бондаренко, Л.М. Гущина / Под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
2. *Блютген И.* География климатов: Пер. с нем. / И. Блютген. – М.: Прогресс, 1973. – Т. 2. – 402 с.
3. *Затула В.І.* Річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України / Затула В.І., Затула Н.І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2013. – Т. 4(31). – С. 95-101.
4. *Затула В.І.* Дослідження залежності ступеня континентальності клімату України від географічного положення методами регресійного аналізу / Затула В.І., Затула Н.І. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: Наук. збірник / Гол. редактор В.К. Хільчевський. – 2015. – Т. 1(36). – С. 130-136.
5. *Колемаев В.А.* Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Колемаев, О.В. Староверов, В.Б. Турундаевский / Под ред. В.А. Колемаева. – М.: Высш. шк., 1991. – 400 с.
6. *Колісник П.І.* Континентальність клімату та методи її визначення / П.І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Серія геології та географії. – 1964. – № 6. – С. 74-82.
7. *Колісник П.І.* Континентальність клімату України / П.І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Географія. – 1980. – Вип. 22. – С. 36-41.
8. *Хромов С.П., Петросянц М.А.* Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
9. *Швер Ц.А.* Атмосферные осадки на территории СССР / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 302 с.
10. *Markham G.G.* Seasonality of precipitation in the United States / G.G. Markham // Ann. Assoc. Am. Geogr. – 1970. – vol. 60, N 3. – P. 593-597.

Регіональні особливості показника нерівномірності випадіння атмосферних опадів в Україні

Затула В.І., Затула Н.І.

Оцінено вплив фізико-географічних умов на показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів в окремих регіонах України. Побудовано регресійні моделі цього показника залежно від фізико-географічних умов. Оцінено внесок окремих елементів географічного положення в загальну дисперсію розглядуваного показника для основної частини рівнинної території України.

Ключові слова: континентальність клімату; показник нерівномірності річного розподілу атмосферних опадів; фізико-географічні умови; регресійний аналіз; статистичні моделі.

Региональные особенности показателя неравномерности выпадения атмосферных осадков в Украине

Затула В.И., Затула Н.И.

Оценено влияние физико-географических условий на показатель неравномерности годового распределения атмосферных осадков в отдельных регионах Украины. Построены регрессионные модели этого показателя в зависимости от физико-географических условий. Оценён вклад отдельных элементов географического положения в общую дисперсию рассматриваемого показателя для основной части равнинной территории Украины.

Ключевые слова: континентальность климата; показатель неравномерности годового распределения атмосферных осадков; физико-географические условия; регрессионный анализ; статистические модели.

The regional features of unevenness indicator of atmospheric precipitation fall in Ukraine

Zatula V.I., Zatula N.I.

The influence of physico-geographical conditions on the unevenness indicator of annual distribution of atmospheric precipitation in different regions of Ukraine was estimated. Regression models of this indicator were constructed depending on physico-geographical conditions. The contribution of different elements of geographical location into general variance of considering indicator for main part of Ukrainian flat territory is estimated.

Keywords: climate continentality; unevenness indicator of atmospheric precipitation fall; physico-geographical conditions; regression analysis; statistical models.

Надійшла до редколегії 23.09.2015