

ВИВЧЕННЯ ЧАСОВИХ ЗМІН КЛІМАТУ У МЕЖАХ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ГЛОБАЛЬНИМИ КОЛИВАННЯМИ ТЕМПЕРАТУР

Касіянчук Д.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, 76019, м. Івано-Франківськ
dima_kasiyanchuk@ukr.net

У статті розглянуто важливу проблему вивчення динамічних часових температурних коливань у межах окремих територій Карпатського регіону. Дослідження метеокліматичних показників має вагомe значення, для вивчення екзогенних геологічних процесів, особливо в регіонах де поширенні зсуви, селі, карсти. На основі вибору широкого комплексу факторів, як температуру, її максимум, та мінімум, коефіцієнт відбивної здатності земної поверхні по всьому небу (відношення сонячної енергії та відбитої поверхнею), середня річна кількість сонячних плям і світова температура. Сформована база даних для статистичного аналізу. Виконаний статистичний аналіз для виявлення зміщення від середньорічної норми температури у межах метеопунктів Івано-Франківської області. Представлений комплексний аналіз, який демонструє зміну декадної середньорічної норми температури повітря для метеопунктів Яремче, Пожижевська, Коломия, Івано-Франківськ. Розраховані кореляційні залежності, які підтверджені кореляцією Спірмена, для виявлення взаємозв'язку між факторами. Найбільше відхилення від норми спостерігається у лютому, березні – квітні, червні та листопаді. Цілком закономірно ці зміни простежуються через часті нетипові відлиги у лютому, швидку весну з переходом у палючу спеку літа та теплу осінь. Автокореляційна залежність для обраних факторів є цілком синфазною, окрім «Кількість сонячних плям». Даний фактор є складовою повного циклу в межах одного температурного. Зміщення лагу становить 5–6 років. Як основу для подальших досліджень з метою виконання прогнозної моделі обрано групу Температура – коефіцієнт відбивної здатності земної поверхні по всьому небу (Albedo) для автокореляційного аналізу. Виявлена періодика в 3, 12, 20 років, яка може бути використана для подальшого прогнозування температури та інших метеокліматичних показників, з метою прогнозування екзогенних геологічних процесів. Дослідження метеокліматичних показників має вагомe значення, для вивчення екзогенних геологічних процесів, особливо в регіонах де поширенні зсуви, селі, карсти. *Ключові слова:* клімат, температура, екзогенні геологічні процеси, статистичний аналіз, кореляція.

Study of temporary climate change within the boundaries of the Carpathian region and their relationship with global temperature fluctuations. Kasiyanchuk D.

The article considers an important problem of studying dynamic temporal temperature fluctuations within certain territories of the Carpathian region. The study of meteorological indicators is important for the study of exogenous geological processes, especially in regions where landslides, mudflows, karsts. Based on the choice of a wide range of factors, such as temperature, its maximum and minimum, the coefficient of reflectivity of the earth's surface across the sky (the ratio of solar energy and reflected surface), the average annual number of sunspots and world temperature. A database for statistical analysis has been formed. Statistical analysis was performed to detect the shift from the average annual temperature within the meteorological points of Ivano-Frankivsk region. A comprehensive analysis is presented, which demonstrates the change in the decadal average annual air temperature for meteorological stations Yaremche, Pozhizhevskaya, Kolomyia, Ivano-Frankivsk. Correlation dependences, confirmed by Spearman's correlation, are calculated to identify the relationship between the factors. The largest deviations from the norm are observed in February, March – April, June and November. Quite naturally, these changes can be traced through frequent atypical thaws in February, fast spring with the transition to the scorching heat of summer and warm autumn. The autocorrelation dependence for the selected factors is completely in phase, except for the «Number of sunspots». This factor is part of a complete cycle within one temperature. The lag displacement is 5–6 years. As a basis for further research to implement the forecast model, the group Temperature – the coefficient of reflectivity of the earth's surface across the sky (Albedo) for autocorrelation analysis was chosen. Periodicals of 3, 12, 20 years have been identified, which can be used for further forecasting of temperature and other meteorological and climatic indicators, in order to forecast exogenous geological processes. *Key words:* climate, temperature, exogenous geological processes, statistical analysis, correlation.

Динаміка зміни навколишнього середовища під впливом техногенних факторів вимагає пошуку нових підходів до аналізу кліматичних процесів на Землі. Формування стратегій оцінки швидкості зміни метеокліматичних показників, під впливом антропогенної діяльності, дозволяє переглянути існуючі рішення, які перш за все несуть суспільний підтекст.

Глобальні зміни клімату викликають активізацію стихійних лих, у тому числі тих, що стосуються екзогенних геологічних процесів (ЕГП). У зв'язку

з цим, оцінка небезпеки цих процесів, що необхідна для перспективного планування та сталого розвитку земель, стає дуже актуальною. [1].

Актуальність дослідження. Важливість такого дослідження пов'язане, перш за все, необхідністю вивчення взаємозв'язку між такими факторами як глобальна зміна температури, кількості опадів, активності Сонця тощо. Основною метою дослідження є аналіз, обґрунтування та виявлення тісних зв'язків між кліматоутворюючими факторами та основними факторами розвитку зсувів.

Тому, на першому етапі дослідження слід провести аналіз основних кліматоутворюючих факторів, які впливають на розвиток й активізацію екзогенних процесів.

Дослідження глобальних змін клімату, як одного з основних факторів у прогнозуванні небезпечних геологічних процесів є науковим продовженням досліджень автора у вивченні способів та методик оцінки просторових ризиків розвитку та активізації ЕГП з використанням геоінформаційних систем (ГІС), для різних територій та задач, у рамках держбюджетної теми «Дослідження розвитку та активізації небезпечних геологічних процесів в умовах природно-техногенної дестабілізації довкілля на основі геоінформаційного підходу» (№ 0121V113626).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В останні десятиліття вчені світу все частіше вивчають впливи від змін клімату. Вивчення динаміки впливу змін кліматоутворюючих факторів на розвиток ЕГП у більшості випадків зводиться до ствердження існування факту зв'язку між ними. Основною виступають динамічні зміни температурного режиму, сонячної радіації, вулканічної активності. Це пов'язане з необхідністю складного пошуку причинно-наслідкового зв'язку між процесами активізації та вибору тієї чи іншої складової (фактора), що призвела до виникнення зсуву. Кліматоутворюючі фактори як і фактори розвитку ЕГП володіють факторною характеристикою, тобто мірою визначення фактора, її числовим значенням [1].

Касіянюком Д.В., у праці [2] вперше проведено аналіз глобальних, поясних і локальних температурних показників у межах території Івано-Франківської області. Глобальні зміни клімату мають значний вплив на розвиток зсувних процесів, та ЕГП у цілому. Зміна аномалій глобальних температур та сонячної активності доводить існування циклічності між «теплыми» – 2,5 циклу сонячної активності та «холодними» – 3 циклу сонячної активності епохами. Виходячи із даних результатів, можна говорити про існування часового зв'язку між досліджуваними температурними показниками.

У статті [3] авторами відзначається, що глобальні зміни клімату вже зараз суттєво змінили умови ведення лісового господарства в Українських Карпатах. Зокрема внаслідок масового всихання ялини багато підприємств змушені переорієнтувати свої лісівничі заходи на вирощування товарної деревини інших порід.

Метою дослідження в роботі [4] є встановлення тенденцій та закономірностей просторово-часового розподілу кліматичних показників на території Івано-Франківської області з метою розрахунку гідротермічного коефіцієнта на прогнозну перспективу до 2028 р.

У роботах [5,6] виконаний середньостроковий прогноз зсувів на основі ритмічності трьох періодів опадів протягом року та обґрунтовано квазісинусої-

дальну часову закономірність зміни ритмів, а також виконаний довгостроковий прогноз зсувів шляхом комплексного використання геліофізичних, сейсмологічних, гідрогеологічних та метеорологічних чинників в окремих інженерно-геологічних регіонах.

Мета досліджень – оцінка змін основних кліматичних показників у межах території дослідження та виявлення взаємозв'язку з глобальними коливаннями температур.

Основною науковою новизною є те, що дістане подальший розвиток у вивченні кліматичних змін [7], як фактору, що впливає на розвиток небезпечних геологічних процесів.

Матеріали і методи досліджень. Характер зміни метеокліматичних показників у межах території дослідження має значну градацію. Найбільш значимий для загальної динаміки, з точки зору представлення різних ландшафтно-геологічних комплексів є територія Івано-Франківської області. На сьогоднішній день існує безліч даних, які описують ті чи інші показники клімату регіону. У даній статті аналіз даних буде проводитися на комплексному підході на основі даних космоснімків і даних метеопунктів. Базою для проведення статистичного аналізу часових рядів є дані [<https://data.giss.nasa.gov/>, <https://www.astro.oma.be/>, <https://power.larc.nasa.gov/>].

Методика досліджень:

- 1) формування бази даних метеокліматичних показників;
- 2) визначення основних статистичних характеристик ряду та його нормування;
- 3) вибір статистичних параметрів розрахунку та побудова автокореляційних залежностей, як основи для прогнозу/

Статистичний аналіз та основні результати.

Одним із базових параметрів при вивченні часових динамічних змін клімату є поняття «норми». Ця статистична характеристика є середньорічним багаторічним значенням, яке узагальнює метеокліматичний параметр і може бути визначеним як точка відхилення для майбутніх розрахункових періодів.

Вивчення температурних показників, в основному, базується на дослідження часового ряду із представленням сезонної декомпозиції як бази для прогнозу. На початковому етапі дослідження пропонується представити іншим чином розуміння динаміки температурних коливань у точках спостереження та світу в цілому.

У таблицях 1, 2 представлений комплексний аналіз, який демонструє зміну декадної середньорічної норми температури повітря для метеопунктів Яремче, Пожижевська, Коломия, Івано-Франківськ.

Норма температурних показників є досить динамічним показником і може бути розрахована як середньорічне значення попередніх періодів. Як видно з рисунку 1, найбільше відхилення від норми спостерігається у лютому, березні – квітні, червні та листопаді. Цілком закономірно ми ці зміни відчу-

Таблиця 1

Середньорічні значення температури

Роки спостережень	Середньорічна температура, °С				Середньорічна світова температура, °С
	Івано-Франківськ	Коломия	Пожижевська	Яремче	
1981–1990	7,66	7,06	4,38	5,28	0,27
1991–2000	7,83	7,23	4,50	5,42	0,38
2001–2010	8,19	7,62	5,10	5,90	0,62
2011–2020	9,09	8,44	5,94	6,77	0,84

Таблиця 2

Середньомісячні значення температури

Метеопункт	Роки спостережень	Середньомісячна температура, °С											
		Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Яремче	1981-1990	-6,69	-5,97	-0,63	5,28	11,45	13,83	15,83	15,67	11,90	6,49	-0,48	-4,09
	1991-2000	-5,97	-4,97	-1,20	5,22	10,77	15,01	16,82	16,77	11,10	6,10	-0,08	-5,13
	2001-2010	-6,41	-4,87	-0,40	5,91	11,94	14,99	17,69	17,00	11,41	6,08	1,42	-4,68
	2010-2020	-5,67	-4,06	0,39	6,86	11,75	16,02	17,38	18,07	13,56	7,30	2,13	-3,04
Пожижевська	1981-1990	-7,35	-6,97	-1,72	4,43	10,53	12,80	14,91	14,72	10,94	5,57	-1,24	-4,78
	1991-2000	-6,81	-5,97	-2,34	4,31	9,69	13,95	15,63	15,73	10,13	5,36	-0,59	-5,75
	2001-2010	-6,88	-5,58	-1,26	5,09	10,97	14,09	16,53	16,06	10,55	5,43	0,68	-5,16
	2010-2020	-6,36	-4,77	-0,32	5,93	10,88	15,15	16,41	17,08	12,53	6,52	1,59	-3,95
Івано-Франківськ	1981-1990	-4,73	-3,62	1,64	7,87	14,28	16,73	18,58	18,39	14,44	8,54	1,35	-2,19
	1991-2000	-4,17	-2,41	1,44	7,96	13,70	17,90	19,82	19,46	13,71	8,08	1,29	-3,43
	2001-2010	-4,73	-2,95	2,12	8,42	14,63	17,76	20,64	19,62	13,93	8,19	3,19	-3,19
	2010-2020	-3,72	-2,20	2,88	9,50	14,57	18,92	20,33	20,83	16,04	9,18	3,38	-1,19
Коломия	1981-1990	-5,11	-4,16	1,19	7,12	13,43	15,88	17,82	17,67	13,89	8,10	0,93	-2,68
	1991-2000	-4,41	-2,96	0,74	7,14	12,85	17,11	19,02	18,75	12,96	7,64	1,07	-3,68
	2001-2010	-4,93	-3,38	1,53	7,69	13,93	17,02	19,76	18,90	13,22	7,69	2,76	-3,43
	2010-2020	-4,22	-2,68	2,16	8,70	13,65	17,95	19,43	20,03	15,44	8,72	3,15	-1,67

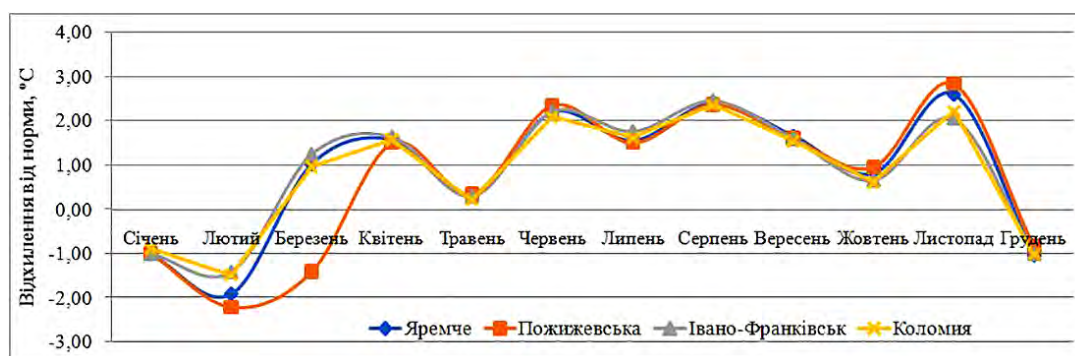


Рис. 1. Відхилення від норми середньомісячної температури

ваємо через часті нетипові відлиги у лютому, швидку весну з переходом у палючу спеку літа та теплу осінь.

Норма температурних показників є досить динамічним показником і може бути розрахована як середньорічне значення попередніх періодів. Як

видно з рисунку 1, найбільше відхилення від норми спостерігається у лютому, березні – квітні, червні та листопаді. Цілком закономірно ми ці зміни відчуваємо через часті нетипові відлиги у лютому, швидку весну з переходом у палючу спеку літа та теплу осінь.

Важкість прогнозування кліматичних коливань чи то температури, чи то опадів, чи сили вітру перш за все пов'язана із набором взаємопов'язаних факторів, які мають значний вплив один на одного. На наступному етапі дослідження слід провести кореляційний аналіз між ширшим набором факторів, які можуть бути використані при прогнозуванні температурних коливань, як одного із факторів при дослідженні екзогенних геологічних процесів.

Для проведення статистичного аналізу обрано температуру, її максимум, та мінімум, коефіцієнт відбивної здатності земної поверхні по всьому небу (відношення сонячної енергії та відбитої поверхнею), середня річна кількість сонячних плям і світова температура. Аналіз проведено на прикладі метеопункту Яремче (табл. 3).

Закономірно, як і зазначалося вище є пряма кореляційна залежність між температурами у межах метеопункту та світовою на рівні 0,65. У таблиці курсивом виділено значущі кореляції, що можуть мати причинно-наслідковий зв'язок між собою, а отже можуть бути використані для прогнозно-часових моделей. Як відомо, кореляція Спірмена набагато краще оцінює наскільки добре можна описати відношення між двома змінними за допомогою монотонної функції. Її результати підтверджують той зв'язок який представлений у таблиці 3, і говорить про тісний зв'язок між факторами.

Значно цікавішим є значення Albedo, як відбивної здатності земної поверхні по всьому небу. Дана характеристика має досить вагоме значення у розумінні фактичних процесів у атмосфері, та визначає характер хмарності, наявності діоксиду вуглецю в атмосфері, дрібних часток, які можуть чи то відбивати сонячну радіацію чи її поглинати.

Тому, слід вивчити детальніше даний фактор, як можливу основу для вибору часового ряду з метою прогнозу і температури, і ряду інших кліматичних факторів (рис. 2).

Автокореляційний аналіз факторів вказує на тісний зв'язок між вибраними показниками. Фактори є синфазними, окрім групи Температура – Середня річна кількість сонячних плям. Дана група абсолютно чітко підтверджує факт, який описаний в роботі [2]. Температура у межах метеопункту має 12 річні цикли, що вписуються в більші – 15 річні цикли світової температури.

Синфазною є група Температура – Albedo. Як видно з рисунку 2, показник Albedo має періоди 3, 12, 20 років. Даний показник частково узгоджується із сонячною активністю. Один період активності сонця відповідає пів періоду Albedo.

Виходячи із проведеного аналізу, можна зробити наступні висновки:

Таблиця 3

Кореляційний аналіз метеопоказників метеопункту Яремче

Variable	Correlations (Яремче) Marked correlations are significant at $p < ,050$ N=40					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Температура, °C (1)	1,000000	0,458894	0,245039	-0,701807	-0,069364	0,653165
Мін. температура, °C (2)	0,458894	1,000000	-0,019217	-0,582435	0,135625	0,227132
Макс. температура, °C (3)	0,245039	-0,019217	1,000000	-0,147394	0,017305	0,131043
Albedo (4)	-0,701807	-0,582435	-0,147394	1,000000	-0,310452	-0,343876
Середня річна кількість сонячних плям (5)	-0,069364	0,135625	0,017305	-0,310452	1,000000	-0,352851
Світова температура, °C (6)	0,653165	0,227132	0,131043	-0,343876	-0,352851	1,000000

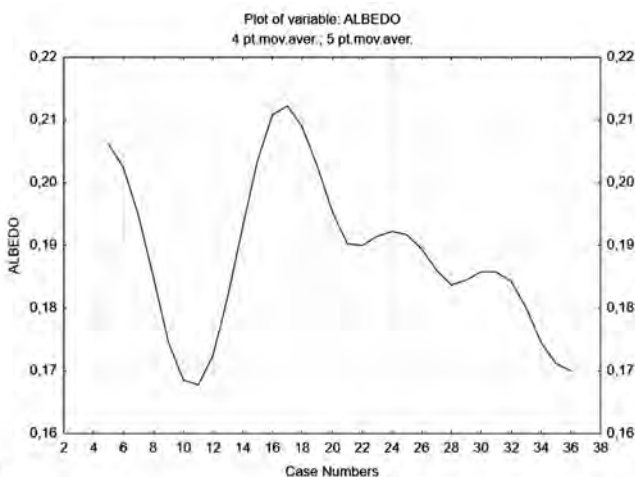
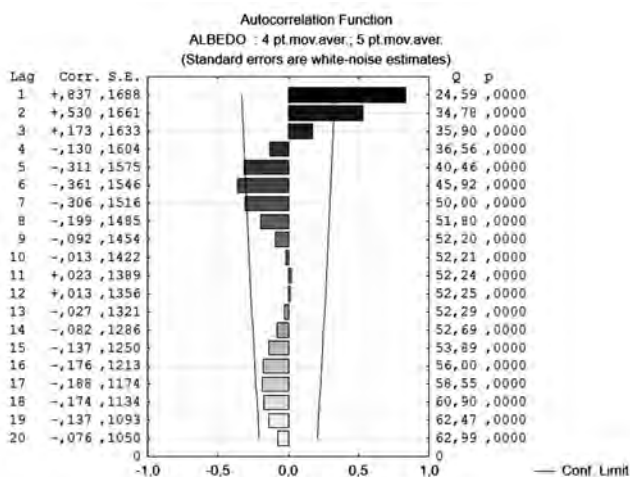


Рис. 2. Автокореляційний аналіз фактору Albedo

– вибір факторів для аналізу кліматичних показників не може обмежуватися самими значеннями температури;

– між температурою в межах Івано-Франківської області та середньосвітовою температурою є прямий зв'язок, а зміна середньорічної температури у межах області у 2,5 рази є вищою за світову;

– кореляційна матриця виділяє тісний прямий зв'язок між температурами у межах метеопункту та

світовою, обернений між значенням температури та коефіцієнт відбивної здатності земної поверхні по всьому небу;

– усі характеристики температур є синфазними між собою та коефіцієнтом відбивної здатності;

– автокореляційні залежності групи Температура – Albedo можуть бути використані, як основа для моделі прогнозування температури та ЕГП.

Література

1. Кузьменко Е. Д., Блінов П. В., Вдовина О. П. та ін. Прогнозування зсувів: монографія / за ред. Е. Д. Кузьменка. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2016, 601 с.
2. Касіянчук Д. В. Оцінка впливу змін клімату на розвиток і активізацію ЕГП (на прикладі зсувів Івано-Франківської області) // *Актуальні проблеми дослідження довкілля*. Збірник наукових праць (за матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, присвяченої 150-річчю з дня народження академіка Г. М. Висоцького, 20-23 травня 2015 р., м. Суми). Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2015. С. 156–161.
3. Шпарик Ю.С., Криницький Г.Т., Дебринюк Ю.М. Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 2020. вип. 20, С. 82–92. doi.org/10.15421/412008.
4. Лагойда М.М., Яремко О.С., Архипова Л.М. Тенденції часового розподілу кліматичних показників на території Івано-Франківської області. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*, 2019. № 1, С. 34–42. DOI: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-34-42
5. Shtohryn L., Kasiyanchuk D., Kuzmenko E. The problem of long-term prediction of landslide processes with in the Transcarpathian inner depression of the Carpathian region of Ukraine. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, February 2020, Vol. 15, No.1, p. 157–166. DOI: 10.26471/cjees/2020/015/118
6. Штогрин Л.В. Просторово-часові геофізичні та супутні чинники прогнозування зсувних процесів у Карпатському регіоні України: автореф. дис. ... канд. геол. наук: спец. 04.00.22 «Геофізика»; Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2021. 26 с.
7. Касіянчук Д.В., Тимків М.М. До питання вивчення взаємозв'язку між активізацією зсувів, рівнями поверхневих вод і кліматом на території Івано-Франківської області // *«Екологічна безпека Карпатського Євро регіону»*. Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 13–15 травня 2020 р). УжНУ : «Говерла», 2020. С. 24.