

УДК 551.55

Хохлов В. М., Уманська О. В., Дерябіна І. О.

*Одеський державний екологічний університет***ОБ'ЄКТИВНА КЛАСИФІКАЦІЯ АТМОСФЕРНИХ ПРОЦЕСІВ
ДЛЯ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОГО РЕГІОНУ***Ключові слова:* класифікація, типи циркуляції, зміни клімату

Одним з методів аналізу особливостей синоптичних процесів є типізація, або класифікація синоптичних процесів за типами, яка дозволяє у великому різноманітті синоптичних ситуацій знайти загальні риси розвитку атмосферних процесів. Завдання типізації зводиться до поділу сукупності об'єктів деякої вибірки по максимально розрізним між собою групам.

З початку ХІХ ст., коли класифікація синоптичних процесів ввійшла в практику метеорологічного прогнозу, опубліковано велику кількість робіт, які розрізняються специфікою методологічних підходів, числом виділених типів погоди і т. д. Тільки на території Європи в наш час за різними оцінками виділяють від 4 до 40 типів атмосферних процесів і налічують до 209 підтипів, 84% яких отримано шляхом аналізу даних приземного атмосферного тиску, геопотенціальних висот і характеристик вітру. В якості вихідної інформації використовують дані в масштабі від 6 до 12 годин (9%), щоденні (84%) і місячні дані (7%). Просторовий діапазон варіює від мезомасштабного (5% класифікацій), регіонального (3%), в масштабі окремо взятої країни (20%), частини континенту (22%) і всього континенту в цілому (50%) [1].

Види синоптичних класифікацій. З початку ХІХ ст., коли класифікація синоптичних процесів ввійшла в практику метеорологічного прогнозу, опубліковано велику кількість робіт, які розрізняються специфікою методологічних підходів, числом виділених типів погоди і т. д. Тільки на території Європи в наш час за різними оцінками виділяють від 4 до 40 типів атмосферних процесів і налічують до 209 підтипів, 84% яких отримано шляхом аналізу даних приземного атмосферного тиску, геопотенціальних висот і характеристик вітру. В якості вихідної інформації використовують дані в масштабі від 6 до 12 годин (9%), щоденні (84%) і місячні дані (7%). Просторовий діапазон варіює від мезомасштабного (5% класифікацій), регіонального (3%), в масштабі окремо взятої країни (20%), частини

континенту (22%) і всього континенту в цілому (50%).

Синоптичні класифікації розвивалися по шляху від ручної (суб'єктивної) оцінки щоденних синоптичних карт до автоматизованої класифікації, заснованої на використанні різних об'єктивних критеріїв. Тому умовно можна виділити три основні типи класифікацій синоптичних процесів: суб'єктивний, об'єктивний і змішаний [1].

Суб'єктивні класифікації засновані на виділенні на приземних і висотних картах погоди траєкторій руху повітряних мас, положення центрів баричних утворень, типів атмосферних фронтів і т. д. Однією з найпоширеніших є класифікація Вангенгейма-Гірса, в якій виділено три основних напрямки переміщень повітряних мас в різних секторах Північної півкулі: західне, східне і меридіональне (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристики класифікацій синоптичних процесів

Автори	Регіон	Кількість основних синоптичних типів
Hess-Brezowsky	Європа	10
Jenkinson Lamb	Англія	8
Вангенгейм – Гірс	Північна півкуля	3
Schüepf	Швейцарія	10

Об'єктивні класифікації передбачають використання автоматизованих систем для підрозділу атмосферних процесів на типи. В основі об'єктивної класифікації закладено кілька методів: кореляція, кластерний аналіз, нелінійні методи, метод нейронних сіток і ін. Проте всі ці методи не можна вважати повністю об'єктивними, оскільки залишаються деякі суб'єктивні рішення (число виділених типів, міра подібності і т. д.). У 1880 р. Дженкінсон Лемб розробив об'єктивний каталог для класифікації атмосферних процесів на території Британських островів, а починаючи з 1950 р. об'єктивні синоптичні класифікації (GWL) стали широко викорис-

товуватися на території Європи і Північної Атлантики.

Змішані класифікації передбачають спільне використання суб'єктивних і об'єктивних критеріїв (порогові значення) для аналізу синоптичних об'єктів. За оцінками, на території Європи в наш час в 45 % випадків використовуються об'єктивні типи класифікацій, в 30% випадків – суб'єктивні класифікації і в 25% – змішаний тип класифікацій [2,3].

Схема Хесса-Березовського. Концепція GWL створена в період з 1941 по 1943 рік у

першому науково-дослідному інституті довгострокових прогнозів погоди в Бад-Хомбурзі Бауером. Спочатку вона була задумана Бауером (1944), пізніше покращилася Хессом-Березовським (1952, 1969, 1977рр.), і недавно доповнена Gerstengabe і співавторами (1999 р.). Режими GWL Хесса-Березовського можна розглядати як моделі великомасштабної циркуляції, що легко ідентифікуються і пов'язані з усією Європою та Північно-Східною Атлантикою, з їх основним фокусом на Центральній Європі (рис. 1).

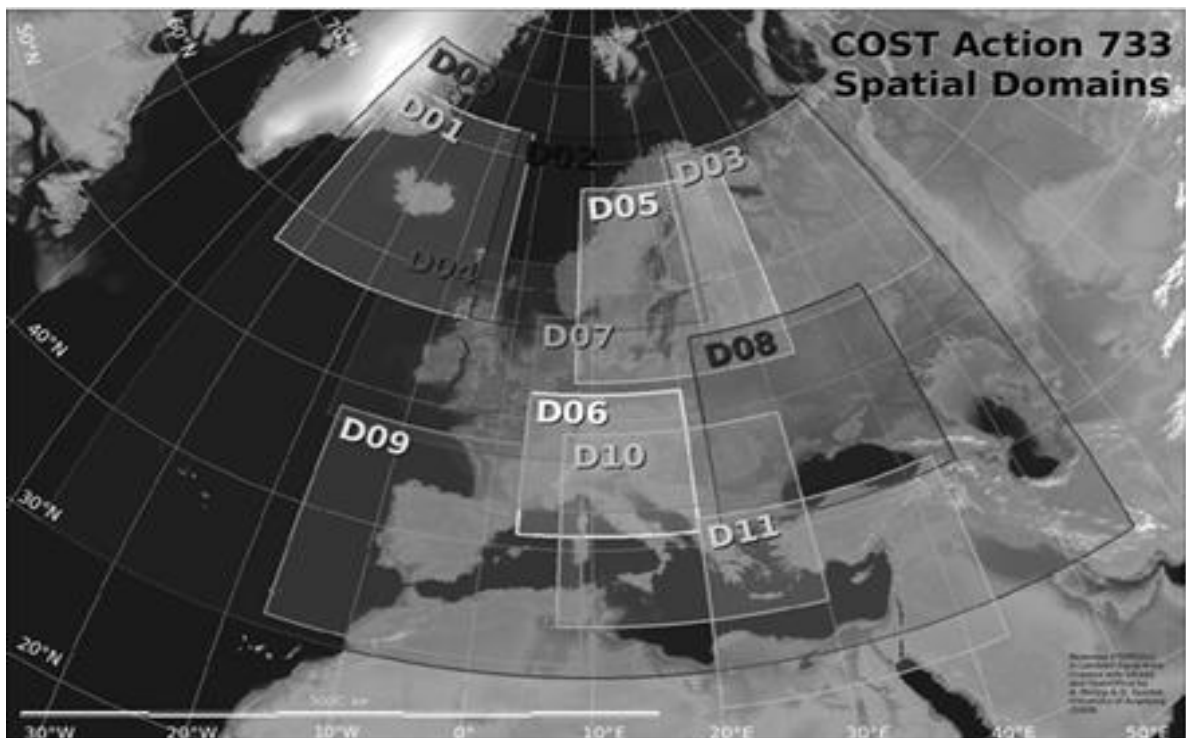


Рис. 1 – Области, для яких була проведена класифікація [4]

Щоденний каталог суб'єктивно оцінюваних класів GWL для більшої європейської площі побудований Хессом-Березовським ретроспективно з 1881 року і продовжений до теперішнього часу Німецькою службою погоди.

«Grosswetterlagen» (синоптичні типи) визначають періоди днів або тижнів з подібними атмосферними процесами. Новий термін «Grosswetterlage» (GWL) походить від концепції «Witterung», і чітко розділяє за часом терміни "погода" і "клімат". «Witterung» характеризується періодами або сезонами з подібними характеристиками елементів погоди, таких як температура або опади в певному регіоні. «Grosswetter» зосереджує увагу на аналогічних атмосферних процесах на великій площі, наприклад, Європа [5-8].

Перший каталог європейських Grosswetterlagen складав 21 тип. Початкова концепція Баура в наступні десятиліття була розроблена та продовжена до 29 типів Хессом та Березовським (1952, 1969, 1977), тому також відомі під їхнім ім'ям. Розроблена для Центральної Європи (Німеччина), концепція GWLc добре працює для набагато більшого регіону, що охоплює всю Європу. GWL виділяються на основі домінуючих центрів у верхньому повітряному рівні 500 гПа, тобто гребені / антициклони, улоговини/циклони. Різниця від більшості інших концепцій класифікації атмосферної циркуляції полягає в тому, що кожний GWL зберігається не менше 3 днів. Якщо перехід на інший GWL займає більше 1 дня, такі дні приєднують до попереднього або наступного

GWL, залежно від найбільшої схожості. Для об'єктивної оцінки циркуляційних особливостей над регіоном в умовах різко мінливого клімату необхідно класифікувати всі різноманіття синоптичних процесів і виявити найбільш ймовірний їх стан над територією дослідження [9-29].

У таблиці 2 показана система основних типів і підкласів GWLc. GWL зазвичай

визначається циклонічними і антициклонічними формами та десятьма великими типами погоди (Grosswettertypen (GWT)), що визначаються вісьмома напрямками потоку і двома типами, розташованими без посередньо над центральною Європою. Ці типи можуть бути додатково поділений на три типи форм (зональний, напівзональний або змішаний і меридіональний).

Таблиця 2 – Основні типи та підтипи класифікації GWL

Номер типу	GWL	GWT
1	Західні вітри, що дмуть в антициклонічному полі	W
2	Південно-західні вітри в антициклонічному полі	SW
3	Північно-західні вітри в антициклонічному полі	NW
4	Поле підвищеного тиску по всій Центральній Європі	HME
5	Низький тиск (окремий центр) по всій Центральній Європі	TME
6	Вітри північного напрямку в антициклонічному полі	N
7	Північно-східні вітри в антициклонічному полі	NE
8	Антициклон над Скандинавією, гребінь антициклону над Центральною Європою	E
9	Вітри в антициклонічному полі, що дмуть з південного-сходу	SE
10	Вітри південного напрямку в антициклонічному полі	S
11	Випадки, які не належать ні до одного з типів	

Далі розглянемо особливості об'єктивної класифікації Хесса-Березовського для території Європи.

Регіональні особливості синоптичних процесів на території Європи були розглянуті з урахуванням характеристик приземного баричного поля і траєкторій зміщення основних баричних систем.

Досліджуючи характер синоптичних процесів в Європі, було виявлено панівний вплив смуги високого тиску над всією територією Європи, Україною, ЄТР (тип 1) на частку якої в середньому припадає 4447 днів за період дослідження. Майже з однаковою частотою зустрічаються четвертий (2665 раз) та шостий (2459) типи і вони на другому місці Рідше зустрічаються 10-й та 8-й типи в 1595 та 1378 випадках). Майже однаково часто траплялися 2-й (1175 раз) та 3-й (1151) тип GWL. Рідше зустрічаються 9-й (555), 7-й (487) та 5-й (339 разів) типи циркуляції (рис. 2).

Тривалість типів циркуляції GWL коливається від одного дня до 7,5 днів (рис. 3). Найбільш тривалий вплив на територію Східної Європи має перший тип циркуляції і він продовжується більше тижня. У загальному розподіл по тривалості співпадає з розподілом по повторюваності типів GWL. Приблизно однаково тривалість мають 6-й, 8-й та 4-й типи по 5,9, 5,8 та 5,7 днів відповідно. Другий, третій та десятий типи тривають від 5 до 5,4 дня, тоді як 5-й, 7-й та 9-й типи GWL продовжуються протягом 4,7 днів.

Карти, що характеризують розподіл баричного поля відповідні кожному з розглянутих типів циркуляції зображені на рис. 4 А-М.

Цікаво було дослідити та виявити міжсезонну мінливість типів циркуляції GWL. Як виявилось перший тип циркуляції обумовлює погодні умови найбільш часто в зимній період, літом та восени його повторюваність майже однакова, а весною найменша (табл. 3). Але, не зважаючи на це, перший тип циркуляції GWL має панівний вплив на атмосферні процеси в Східній Європі протягом всього року. Активний вплив на погоду зимою має 4-й тип, весною більша повторюваність 6-го типу GWL. А літом та восени

4-й тип знову стає другим за повторюваністю. Найрідше зимою зустрічається 5- і 7-й типи. Весною найменше впливає на погодні умови 5-й тип циркуляції. Найменшу повторюваність в літній період мають 5-й та 9-й типи, а восени 5-й і 7-й типи GWL.

Висновки. Кліматична мінливість, особливо на регіональному рівні, визначається, перш за все, характером проходження атмосферних процесів на території. Переважання того чи іншого режиму циркуляції в окремі місяці і сезони формує особливий температурний режим та режим опадів, який згодом визначає риси регіональної кліматичної мінливості.

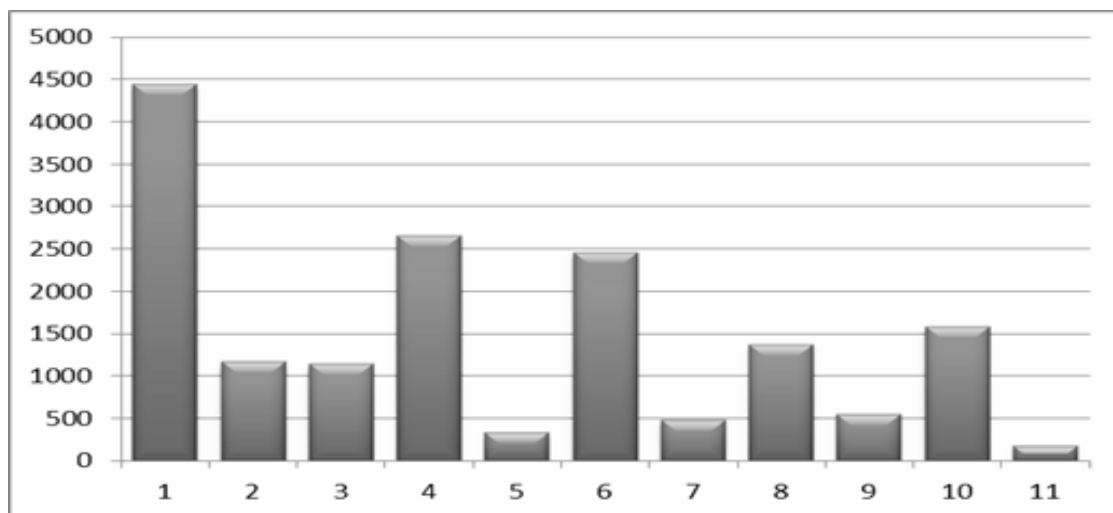


Рис. 2 – Повторюваність типів циркуляції над Східною Європою

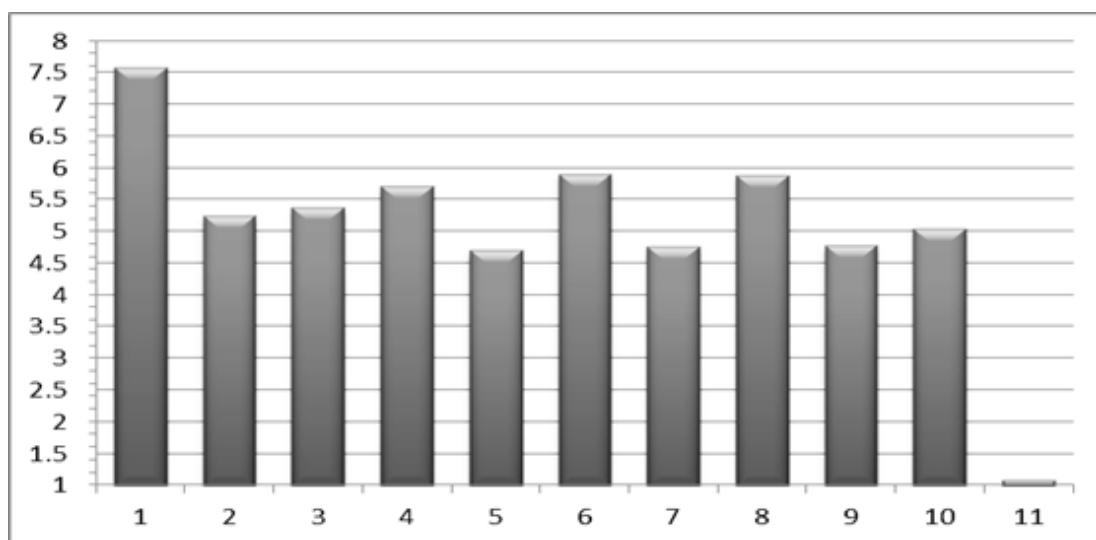


Рис. 3 – Середня тривалість типів GWL

Таблиця 3 – Повторюваність типів GWL за сезонами

Сезон	1-й тип	2-й тип	3-й тип	4-й тип	5-й тип	6-й тип	7-й тип	8-й тип	9-й тип	10-й тип	11-й тип
Зима	1350	315	305	679	56	562	56	274	205	228	31
Весна	794	289	307	543	146	704	154	478	166	505	54
Літо	1124	217	288	713	63	661	221	393	41	372	47
Осінь	1179	354	252	730	74	532	56	233	143	490	53
Рік	4447	1175	1151	2665	339	2459	487	1378	555	1595	185

Одним з методів аналізу макросиноптичних процесів є їх класифікація, яка дозволяє у великому різноманітті синоптичних ситуацій знайти загальні риси розвитку великомасштабних процесів. Завдання класифікації в цілому зводиться до поділу сукупності об'єктів деякої вибірки по максимально різним між собою групам.

Об'єктивні класифікації передбачають використання автоматизованих систем для підрозділу атмосферних процесів на типи. В основі об'єктивної класифікації закладено кілька методів: кореляція, кластерний аналіз, нелінійні методи, метод нейронних сіток тощо.

У 1880 р Jenkinson Lamb розробив об'єктивний каталог для класифікації атмосферних процесів на території Британських островів, а починаючи з 1950 р об'єктивні синоптичні класифікації (GWL) стали широко використовуватися на території Європи і Північної Атлантики.

Результати даного дослідження підтверджують, що розглянута класифікація, спрямована на створення сезонних та міжрічних прогнозів синоптичних процесів і працює краще в центральному, західному та південному напрямках Європи.

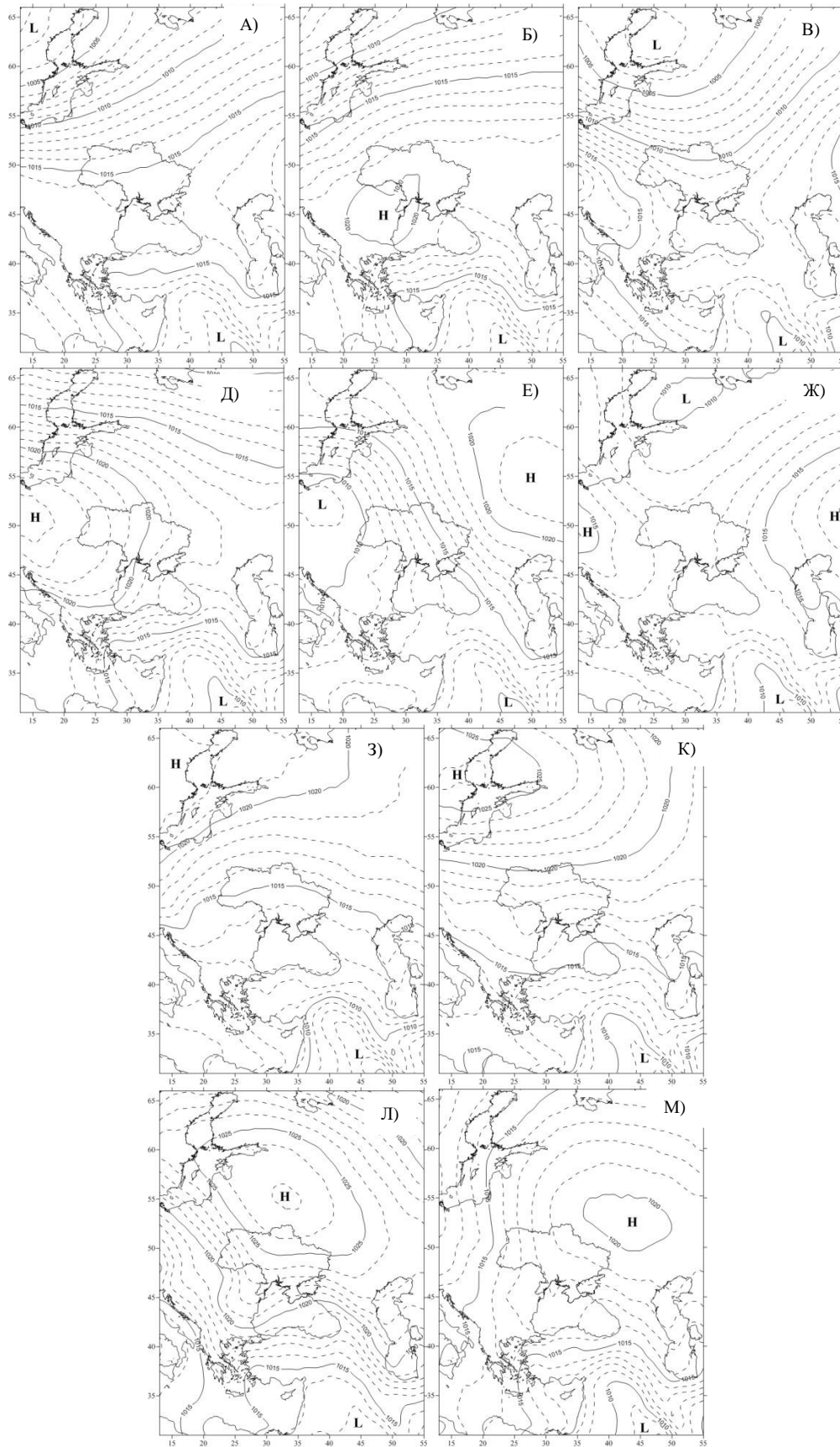


Рис. 4 – Синоптичні ситуації при різних типах GWL :
 А – 1-й тип, Б – 2-й тип, В – 3-й тип, Д – 4-й тип, Е – 5-й тип,
 Ж – 6-й тип, З – 7-й тип, К – 8-й тип, Л – 9-й тип, М – 10-тип

Список літератури

1. Neves, G.Z.F. A Short Critical History on the Development of Meteorology and Climatology / Neves, G.Z.F.; Gallardo, N.P.; Vecchia, F.A.S. – Climate. – 2017. – 5, 23.
2. Huth, R.: An intercomparison of computer-assisted circulation classification methods / 2. Huth, R. // Int. J. Climatol. – 1996. – 16. – P. 893–922.
3. Kyselý, J. and Huth, R.: Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods, Theor. Appl. Climatol., 85, 19–36, 4. <http://cost733.geo.uni-augsburg.de/cgi/cost733plot.cgi>
5. B'ardossy A, Caspary H (1990) Detection of Climate Change in Europe by Analyzing European Atmospheric Circulation Patterns from 1881 to 1989. Theor Appl Climatol 42:155–167.
6. Baur F, Hess P, Nagel H (1944) Kalendar der Grosswetterlagen Europas 1881–1939. Bad Homburg (Deutscher Wetterdienst).
7. Hess P, Brezowsky H (1977) Katalog der Grosswetterlagen Europas 1881–1976, 3. verbesserte und erg'anzte Aufl. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 113, Offenbach am Main.
8. James, P.M., 2007. An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. Theor. Appl. Climatol. 88, 17–42.
9. Gestengabe, R.W. and Werner, P. C.: Katalog der Grosswetterlagen Europas (1881– 2004) Nach Paul Hess Und Helmut Brezowsky, 6: Verbesserte und Erg'anzte Auflage, PIK Report No. 100, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam, Germany, 153 pp., 2005 (in German).
10. Kučerová M., Beck C., Philipp A. and Huth R., 2017. Trends in frequency and persistence of atmospheric circulation types over Europe derived from a multitude of classifications. International Journal of Climatology, 37(5), 2502–2521.
11. Vallorani R., Bartolini G., Betti G., Crisci A., Gozzini B., Grifoni D., Iannuccilli M., Messeri A., Messeri G., Morabito M. and Maracchi G., 2018. Circulation type classifications for temperature and precipitation stratification in Italy. International Journal of Climatology, 38(2), 915–931.
12. Planchon, O., Quénol, H., Dupont, N., and Corgne, S.: Application of the Hess-Brezowsky classification to the identification of weather patterns causing heavy winter rainfall in Brittany (France), Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 9, 1161–1173, doi:10.5194/nhess-9-1161-2009, 2009.
13. Beck C, Philipp A. 2010. Evaluation and comparison of circulation type classifications for the European domain. Phys. Chem. Earth 35: 374–387.
14. Beck C, Jacobbeit J, Jones PD. 2007. Frequency and within-type variations of large scale circulation types and their effects on low-frequency climate variability in Central Europe since 1780. Int. J. Climatol. 27: 473–491, doi: 10.1002/joc.1410.
15. Cahynová M, Huth R. 2009. Enhanced lifetime of atmospheric circulation types over Europe: fact or fiction? Tellus A 61: 407–416.
16. Plavcová E, Kyselý J. 2011. Evaluation of daily temperatures in Central Europe and their links to large-scale circulation in an ensemble of regional climate models. Tellus A 63: 763–781.
17. Beck C, Jacobbeit J, Jones PD. 2007. Frequency and within-type variations of large scale circulation types and their effects on low-frequency climate variability in Central Europe since 1780. Int. J. Climatol. 27:473–491.
18. Esteban P, Martin-Víde J, Mases M. 2006. Daily atmospheric circulation catalogue for Western Europe using multivariate techniques. Int. J. Climatol. 26: 1501–1515.
19. Kruizinga S. 1979. Objective classification of daily 500 mbar patterns. In Preprints Sixth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences, Banff, Alberta. American Meteorological Society, Boston, MA, 126–129.
20. Aasa A, Jaagus J, Ahas R, Sepp M. 2004. The influence of atmospheric circulation on plant phenological phases in Central and Eastern Europe. Int. J. Climatol. 24: 1551–1564.
21. Fernández-Montes S, Rodrigo FS. 2012. Trends in seasonal indices of daily temperature extremes in the Iberian Peninsula, 1929–2005. Int. J. Climatol. 32: 2320–2332.
22. Ustrnul Z, Wypych A, Winkler JA, Czekierda D. 2014. Late spring freezes in Poland in relation to atmospheric circulation. Quaestiones Geogr. 33(3): 165–172.
23. Jones PD, Lister DH (2009) The influence of the circulation on surface temperature and precipitation patterns over Europe. Clim Past 5: 259–267.
24. Philipp A, Beck C, Huth R, Jacobbeit J (2014) Development and comparison of circulation type classification using the COST733 dataset and software. Int J Climatol. doi:10.1002/joc.3920
25. Atmospheric circulation influence on climatic trends in Europe: an analysis of circulation type classifications from the COST733 catalogue Monika Cahynová, and Radan Hutha international journal of climatology Int. J. Climatol. 36: 2743–2760 (2016).
26. Spatial and temporal variability of the frost-free season in Central Europe and its circulation background Agnieszka Wypych, Zbigniew Ustrnul, Agnieszka Sulikowska, Frank-M. Chmielewski and Bogdan Bochenek international journal of climatology Int. J. Climatol. 37: 3340–3352 (2017).
27. Spatial response of two European atmospheric circulation classifications (data 1901–2010) Andreas Hoy & Jaak Jaagus & Mait Sepp & Jörg Matschullat. Theor Appl Climatol (2013) 112:73–88.
28. Hoy A, Sepp M, Matschullat J (2012) Variability of atmospheric circulation in Europe and Russia (1901 to 2010). Theor Appl Climatol (submitted).
29. Huth R, Beck C, Philipp A, Demuzere M, Ustrnul Z, Cahynová M, Kyselý J, Tveit OE (2008) Classifications of atmospheric circulation patterns: recent advances and applications. Ann NY Acad Sci 1146:105–152

Хохлов В. М., Уманська О.В., Дєрябіна І.О. Об'єктивна класифікація атмосферних процесів для Східноєвропейського регіону. У статті описується об'єктивна класифікація, що передбачає використання автоматизованих систем для підрозділу атмосферних процесів на типи. Завдання типізації зводиться до поділу сукупності об'єктів деякої вибірки по максимально розрізним між собою групам. В основі об'єктивної класифікації закладено кілька методів: кореляція, кластерний аналіз, нелінійні методи, метод нейронних сіток і ін.

Друга половина XX ст. і початок XXI ст. характеризуються високим темпами зміни кліматичних і циркуляційних умов. Виникненням рідкісних погодних екстремумів - прояв перехідного стану атмосфери і її нестійкості. Нерідко регіональні зміни мають більш значні варіації, ніж глобальні. Тому прогрес у розумінні сучасних тенденцій зміни клімату неможливий без обліку просторово-часової динаміки атмосферних процесів. Автором було розглянуто основні принципи класифікації GWL та досліджено регіональні особливості синоптичних процесів на території Європи з урахуванням характеристик приземного баричного поля і траєкторій зміщення основних баричних систем.

Ключові слова: класифікація, типи циркуляції, зміни клімату.

Khokhlov V. M., Umanska O. V., Deryabina I. O. Objective classification of atmospheric processes for the East European region. The article describes the objective classification, involving the automated systems application to section the atmospheric processes by types. The objective of typing is to split a collection of objects of a certain sample according to the maximum-distance-separable groups. The basis for objective classification includes several methods: correlation, cluster analysis, nonlinear methods, neural network method, etc.

One of the analysis methods for the characteristics of synoptic processes is typing, or the classification of synoptic processes by types, which allows finding common features of development of atmospheric processes in a large variety of synoptic situations. The objective of typing is to split a collection of objects of a certain sample by maximum-distance-separable groups.

Since the beginning of the XIX century, when the classification of synoptic processes was introduced to the practice of weather forecasting, there were published a large number of works that differ in specific methodological approaches, in a number of selected types of weather, etc. Currently, only on the territory of Europe, according to various estimates, researchers allocate from 4 to 40 types of atmospheric processes and account for up to 209 subtypes, 84 % of which is obtained by analyzing the data of surface atmospheric pressure, geopotential heights and wind characteristics. On-scale data from 6 to 12 hours (9 %), daily (84 %) and monthly data (7 %) are used as an output information. The spatial range varies from mesoscale (5% of classifications), regional (3 %), on an individual nationwide scale (20 %), as part of the continent (22 %) and the continent as a whole (50 %)

The second half of the XX century and the beginning of XXI century are characterized by high rates of changes in climatic and circulation conditions. An occurrence of rare weather extremums is a manifestation of the transition state of the atmosphere and its instability. Often regional changes have more significant variations than global. Therefore, progress, in the understanding of current trends of climate change, is impossible without taking into account spatiotemporal dynamics of atmospheric processes. The author considers the main principles of GWL classification and investigates regional characteristics of synoptic processes in the territory of Europe based on the characteristics of the surface baric field and displacement trajectories of the main baric systems.

The purpose of this paper is to explore one of the most popular classifications for the European region and to establish the possibility of its further application to the territory of Ukraine.

Research methods: a statistical description of the synoptic types for Europe for the period from September 1957 up to August 2002.

Results of the study confirm the fact, that the addressed classification is aimed at creation of seasonal and interannual forecasts of synoptic processes and works better in the central, western and southern directions of Europe.

Keywords: classification, circulation patterns, climate change.

Хохлов В. М., Уманская О. В., Дерябина И. О. Объективная классификация атмосферных процессов для Восточноевропейского региона. В статье описывается объективная классификация, предусматривает использование автоматизированных систем для подразделения атмосферных процессов на типы. Задача типизации сводится к делению совокупности объектов некоторой выборки по максимально разрезным между собой группам. В основе объективной классификации заложено несколько методов: корреляция, кластерный анализ, никак линейные методы, метод нейронных сетей и др.

Вторая половина XX в. и начало XXI в. характеризуются высоким темпам изменения климатических и циркуляционных условий. Возникновением редких погодных экстремумов - проявление переходного состояния атмосферы и ее неустойчивости. Нередко региональные изменения имеют более значительные вариации, чем глобальные. Поэтому прогресс в понимании современных тенденций изменения климата невозможно без учета пространственно-временной динамики атмосферных процессов. Автором были рассмотрены основные принципы классификации GWL и исследованы региональные особенности синоптических процессов на территории Европы с учетом характеристик приземного барического поля и траекторий смещения основных барических систем.

Ключевые слова: классификация, типы циркуляции, изменения климата.

Надійшла до редколегії 30.04.2018