

УДК 911:502.51 (477)

КАРПАТСЬКИЙ РЕГІОН У КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

*Холявчук Д.**Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича*

Визначена роль природних і антропогенних чинників у розвитку регіональних кліматичних змін. Описані часові і просторові тенденції динаміки глобального клімату, клімату Європи і Карпат. Досліджена річна та сезонна мінливість опадів і температур.

Ключові слова: зміни клімату, реконструкція, річна температура, потепління, карпатський ландшафт.

Вступ. Постановка проблеми. Згідно з об'рунтуванням дослідницької стратегії GLOCHAMORE (Глобальні зміни і гірські регіони, 2005), зміни клімату, включаючи частоту екстремальних явищ, можуть видозмінити широкий спектр функцій і характеристик гірських екосистем. Кліматична мінливість на тлі кількарівневих циклічних змін природи, підсилена антропогенними впливами, – найдинамічніший ландшафтний процес. Розуміння подібних кліматичних часових траєкторій гірських регіонів – визначальна передумова для будь-якого ландшафтного менеджменту та соціоекономічної адаптації.

На 4 семінарі регіональної наукової мережі «Наука для Карпат» (Краків, травень 2008) [8] визначено стан сучасних кліматичних досліджень Карпат в контексті глобальних змін. До основних проблем цього напрямку відносять відокремленість національних кліматичних проектів, що недостатньо репрезентують клімат карпатського регіону загалом; нестача репрезентативних високогірних метеостанцій; недоступність метеорологічних даних, особливо у пострадянських країнах. Подібні проблемні завдання у дослідженні карпатських ландшафтів окреслені і на Першому Карпатському форумі (Краків, 2010). Зокрема, зафіксована потреба у подальшому моніторингу і оцінці динаміки екологічних та соціальних систем.

Аналіз попередніх досліджень. Найповніша європейська реконструкція термічного режиму виконана рядом авторів [14] у форматі поля даних (комірок 0,5° x 0,5°) місячної (до 1659 року) та сезонної (1500-1658 рр.) температур та опадів. Реконструкція опадів по сезонах здійснена рядом науковців методом регресійного аналізу [17]. Прогнозуючими параметрами використані велика добірка довготривалих інструментальних спостережень, величини опадів, отримані з документальних джерел та природних індикаторів (палінологічні, гідрологічні, дендрологічні, гляціологічні). Такі високоточні часові та просторові реконструкції кліматичних змін минулих століть [15, 17, 20] основні для визначення міри і нетиповості змін в кінці 20- початку 21 століття на тлі доіндустріальної природної кліматичної мінливості.

Останні дослідження дають змогу отримати точнішу інформацію не лише континентального, але й регіонального масштабу.

Європа один з небагатьох регіонів з достатнім покриттям довготривалих інструментальних спостережень, документальних даних і високоточних просторово-часових даних природних індикаторів [21, 23]. Карпатський регіон включений у загальноєвропейські гірськокліматичні проекти [6, 16]. Окрім того, кліматичні зміни – одна з ключових тем Карпатського форуму 2010 року [13, 16]. У матеріалах форуму представлені дослідження кліматичних просторових та часових трендів лише у Західних та Південних Карпатах. Останній ґрунтовний аналіз кліматичних властивостей українських карпатських ландшафтів здійснений Киналь О. [1, 2]. Залишається мало висвітленим питання кліматичних змін східно-карпатського регіону, що визначає потребу та актуальність подібних досліджень.

Виклад основного матеріалу. До основних кліматичних елементів, що мають істотний вплив на параметри та поширення природних і біологічних систем, відносять температуру та опади, їхню мінливість на всіх часових рівнях (добовому, сезонному та багаторічному). Режим опадів має значно більшу просторову та часову мінливість, ніж термічний. Окрім того, важче виявити вплив цих змін на функціонування геосистем. Тому згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів зі змін клімату при ООН (2001), середня температура, щоденні максимуми і мінімуми, сезонний термічний режим над відносно великими територіями, показують найчіткіші антропогенні сигнали змін клімату.

Термічний режим Різні кліматичні оцінки вказують на незначні зміни середньої річної температури за останні 1000 років в Європі, порівняно з 20 століттям [15]. Зокрема, вони проявилися у потеплінні (на декілька десятків градусів Цельсія) протягом Середньовічного періоду (1100-1400 р.) і, відповідно подальшому похолоданні (до 1°C) у Малому льодовиковому періоді (1400-1900 рр.). Окрім двох періодів – на початку 16 і 17 століття, європейські зими були

загалом холодніші, порівняно з 20 століттям. Найхолодніші зимові багаторічні періоди (з температурою нижчою на $0,8^{\circ}\text{C}$, порівняно з 1901-1995 рр.) спостерігалися в кінці 16, 17 і 19 століття. Зима 1708-1709 була найхолоднішою у спостереженнях ($-3,6^{\circ}\text{C}$, що, ймовірно, пов'язано з негативною фазою Північноатлантичної осциляції). Тенденція до сильного зимового потепління спостерігалась протягом 1684-1738 рр. (лінійний тренд від $+0,32$ до $+0,18^{\circ}\text{C}$ за декаду), що відносять до найвідчутнішого за 500 років спостережень [15].

Протягом 20 століття, над більшою частиною Європи спостерігалось зростання середньої річної температури повітря (пересічна континентальна величина становила $0,8^{\circ}\text{C}$), з відчутнішим потеплінням взимку, ніж влітку над більшістю регіонів. 90-і роки були найтеплішими в інструментальних спостереженнях [18]. За температурними даними для минулого століття природні варіації відіграють істотну роль у кліматичних змінах. Кінець XIX століття у внутрішньому режимі кліматичної системи ознаменувався початком тепло-сухої епохи 2000-річного циклу, на тлі якої має місце розвиток столітньої прохолодно-вологої фази. Для неї характерні два повні квазіциклічні коливання (60-70 років). За температурними даними вони відповідають двом періодам потепління, зокрема у середніх широтах Європи – 1910-1940 роки і з 1970 років. Така тенденція співпадає з столітнім термічним режимом карпатських ландшафтів (див рис. 1).

Ефекти антропогенного характеру важко виділити на тлі природної кліматичної мінливості, для якої характерний широкий спектр часових та просторових масштабів та їх складна інтерференція. Проте, згідно з результатами емпіричного аналізу, за рахунок змін вмісту в атмосфері (див рис.1) можна пояснити три четверті тренду глобальної приземної температури протягом останніх десятиріч. Кількісна оцінка зв'язку змін глобальної температури з різними природними і антропогенними чинниками на основі аналізу причинності та крос-вейвлетного аналізу показала найтіснішу кореляцію з індексом Північноатлантичної осциляції та вмістом CO_2 в атмосфері [5]. Отримані результати досліджень Мохова І. та ін. свідчать про суттєвий вплив природних кліматичних циклів з періодами у декілька десятиліть на відносно швидкі варіації температури, а антропогенних, зокрема вмісту двоокису вуглецю, – на довгоперіодний тренд. Візуальний аналіз моделей динаміки вказаних чинників і ходу річних температур на прикладі Карпат вказує на наявність такого зв'язку і на регіональному рівні,

що зумовлює потребу в подальшій кількісній оцінці (див. рис.1)

У просторовому аспекті кліматичні тренди для території Європи протягом періоду 1977-2000 рр. найвищі для центральної, північно-східної частини і гірських регіонів. Зокрема, різні кліматичні дослідження в Карпатах вказують на підвищення річної температури з 1962 до 2000 рр.: $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$ в гірському масиві Бучеджі, $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$ в Семеніч, and $0,8-0,9^{\circ}\text{C}$ в Південних Карпатах та масиві Апушени [9]; від $0,5$ до 1K за декаду в словацьких та польських Карпатах [13], $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$ – у Східних.

Для температурних екстремумів в регіональних масштабах властиві набагато більші амплітуди, ніж планетарні, вказуючи таким чином на локальні та регіональні ландшафтні зміни, що впливають на водозабезпечення та сільське господарство. Зокрема, у польських Карпатах протягом останніх двох десятиліть зафіксовано дуже багато екстремумів. При цьому для літніх максимумів переважно характерні позитивні тренди, для зимових мінімумів – зменшення кількості днів [19].

Опади. Мінливість режиму зволоження протягом останніх 500 років відзначилась як багаторічними, так і сезонними коливаннями. Режим опадів за зимовою реконструкцією 15-17 століть – відносно стабільний. Впродовж 19 ст. простежується поступове зниження зимової кількості опадів, а для 20 століття властивий позитивний тренд [17]. У просторовому полі опадів 20 століття спостерігалось зростання на півночі ($10-40\%$) і зниження на півдні Європи (до 20% у деяких регіонах) [18].

Для Центральної і Східної Європи фіксують незначні зміни режиму опадів протягом минулого століття. Протягом 20 ст. над територією Європи відбувалися періодичні мультидесятирічні коливання центрів дії атмосфери. Такі зміщення мали переважаючий західний напрямок у першій половині, та східний – у другій половині останнього сторіччя [4]. Так, швидке зміщення на схід крупномасштабних баричних утворень в кінці сторіччя посприяло встановленню теплих зимових погодних умов і над Україною. Графік сторічної динаміки сезонних опадів у Буковинських Карпатах візуально добре корелюється із коливальними циклами Північноатлантичної осциляції із періодом 60-70 років (Див рис. 1). Тому визначення тісноти такого зв'язку та його природи виступає перспективною досліджень автора.

Помітніша на тлі глобальної кліматичної мінливості – зміна сезонності і частоти інтенсивних опадів, особливо взимку. Такі явища були характерними і для буковинських середньогірських

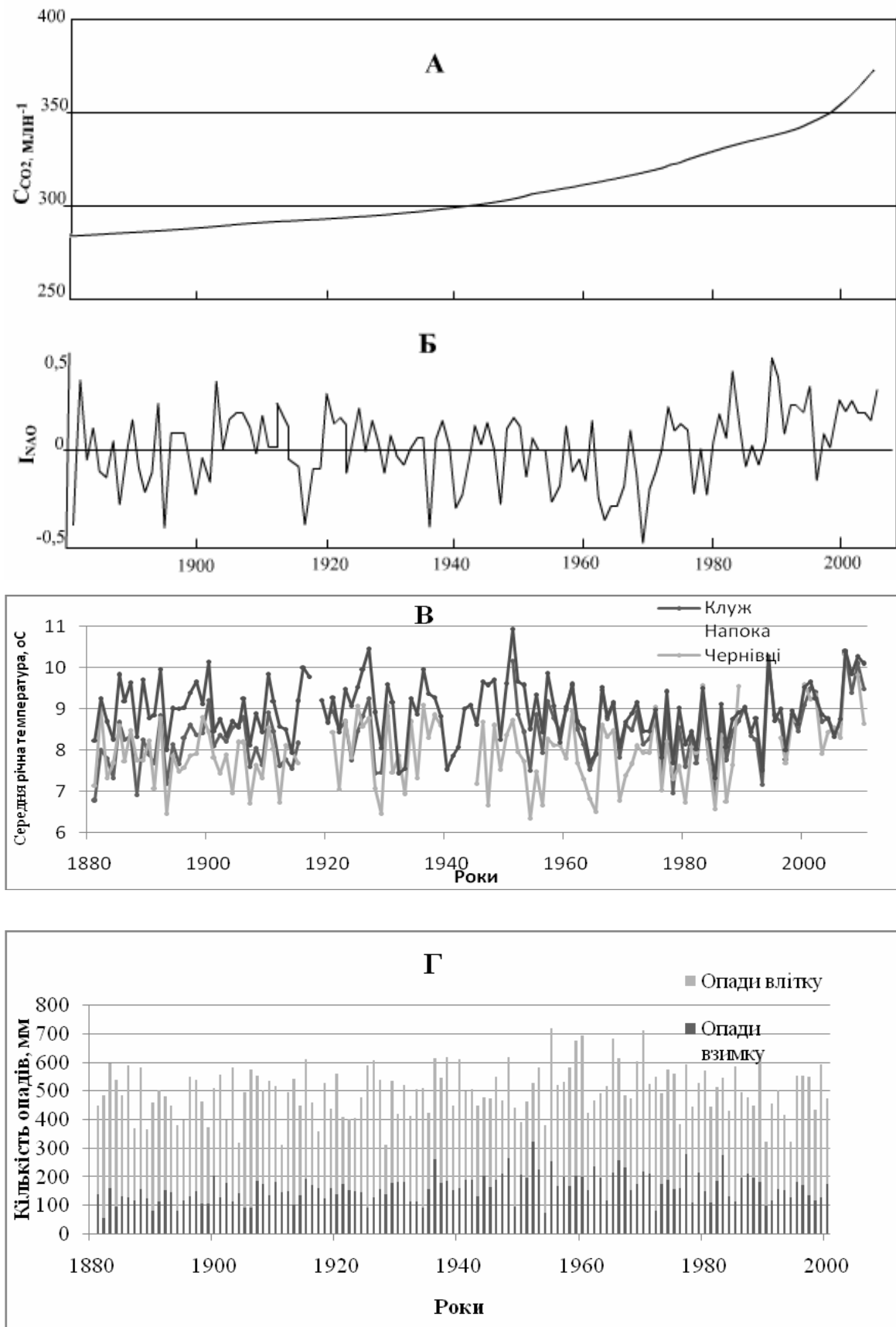


Рис.1. Багаторічні зміни: А – вмісту (C_{CO_2}) в атмосфері за даними [18], Б – індексу (I_{NAO}) Північноатлантичної осциляції за даними [22], В – річних температур для передгірських і низькогірних карпатських ландшафтів за даними [23]; Г – реконструкція сезонних опадів для буковинських середньогірських ландшафтів ($47^{\circ}00' - 47^{\circ}30'$ пн.ш., $25^{\circ}00' - 25^{\circ}30'$ сх.д) за даними [21]

ландшафтів протягом останніх десятиріч (Див Рис.10). Зміни режиму опадів, залягання снігового покриву Карпатського регіону, порівняно з температурами повітря, виглядають неодноріднішими. Для польських Карпат не зафіксовано ніяких помітних тенденцій у динаміці екстремумів опадів, річних сум опадів та днів із сніговим покривом [19]. У словацьких Карпатах, починаючи з 1994 року, спостерегається зміна у сезонному розподілі опадів, помітна збільшення сухих погодних умов на півдні, вологих – на півночі [16]. Для румунської частини Карпат характерне зниження кількості днів із снігом та залягання снігового покриву, що може негативно вплинути на гірськолижний туризм.

Прогнози кліматичних змін. Останні результати кліматичних моделювань з третьої доповіді МГЕЗК вказують на можливе зростання щорічної температури в Європі від 0,1°C до 0,4°C за декаду у 21 столітті [6]. Проте, враховуючи сучасний стан кліматичної чутливості ландшафтів Європи та коливальну динаміку кліматичних процесів і визначальних природних циклів, для регіону в 21 столітті буде істотним, перш за все, зростання повторюваності певних специфічних умов. Зокрема, зросте кількість екстремальних пір року (спекотне, сухе літо і м'яка зима) і короткотривалих атмосферних явищ (шторми та зливи). Зокрема, Kjellstrom (2004) зазначає, що потепління над переважною частиною центральної, південної та східної Європи проявиться більше у високих температурах спекотних днів, а ніж у загальному потеплінні [11].

Кліматична модель Giorgi (2004) прогнозує посилення антициклональної циркуляції влітку над північно-східною Атлантикою, що зменшує гребінь над Західною Європою та ложбину над Східною Європою. Такі процеси можуть спричинити суттєве та значне по площі зниження величини опадів (до 35-45 %) над Середземноморським басейном, західною та центральною Європою [6]. Ці зміни, очевидно, будуть найпомітнішими для літа та зими (Kjellstrom, 2004; Raisanen, 2004).

Beniston (2007) зазначає, що існує висока ймовірність збільшення частоти екстремально сильних вітрів над територією між 45°- 55° пн.ш., зокрема над гірськими системами [7]. Дослідження в альпійських середньовисотних горах показують, що потепління може спровокувати підняття льодовикового рівня (60-140 м) на 1°C підвищення температури та зменшення тривалості снігового покриву (на декілька тижнів) при кожному підвищенні на 1°C [16].

Висновки. Складність аналізу мінливості кліматичної системи зумовлена кількарівневими циклічними внутрішніми змінами та іншими

пов'язаними зовнішніми природними процесами коливального характеру, що підсилюються антропогенними впливами. Динаміка клімату Карпат протягом останніх сторіч відповідає загальноєвропейським тенденціям, проте існує нагальна потреба у детальному аналізі мало досліджених, наймінливіших місцево- і топо-кліматичних змін східнокарпатських гірських ландшафтів. Визначено, що суттєвішими у контексті глобальних кліматичних змін виступають проблеми збільшення частоти екстремальних сезонів року, підвищення екстремумів режиму зволоження і термічного режиму, ймовірності несприятливих атмосферних явищ. Тому дослідження саме таких аспектів виступатиме пріоритетним для ландшафтного моніторингу, зважаючи на можливий відчутний вплив на зміни у сфері рекреаційного, сільськогосподарського природокористування та загалом здоров'я населення.

Список літератури

1. Киналь О.В. Мезокліматичні властивості ландшафтів Українських Карпат / Киналь О. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Серия «География». – Том 21 (60). – 2008. – № 3. – С. 176-187.
2. Киналь О.В. Особливості зволоження Українських Карпат. / Киналь О. // Науковий вісник Чернівецького ун-ту. Зб. наук. праць. Вип. 391: Географія. – Чернівці: Рута, 2008. – С. 122-130.
3. Косовець О. Кліматичні екстремуми в умовах зміни клімату. / Косовець О., Пахалюк О. // Фізична географія та геоморфологія. – К.: ВГЛ «Обрії», 2009. – Вип. 57. – С. 81-90
4. Мартазинова В. Пространственное изменение поля давления воздуха над северным полушарием в период глобального потепления. / Мартазинова В., Чайка Д. // Фізична географія та геоморфологія. – К.: ВГЛ «Обрії», 2009. – Вип. 57. – С. 36-43
5. Мохов И. И. Оценки связи изменений глобальной приповерхностной температуры с разными естественными и антропогенными факторами на основе данных наблюдений / Мохов И., Смирнов Д., Карпенко А. // Доклады Академии Наук – 2012. – том 443. – № 2. – С. 225–231.
6. Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Novöky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, A. Shvidenko, 2007: Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580
7. Beniston, M., D.B. Stephenson, O.B. Christensen, C.A.T. Ferro, C. Frei, S. Goyette, K. Halsnaes, T. Holt, K. Jylha, B. Koffi, J. Palutikof, R. Scholl, T. Semmler and K. Woth, 2007: Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. Climatic

- Change, 81, S71-S95.
8. Björnson Gurung A., Bokwa A., Cheimicki W., Elbakidze M., Hirschmugl M., Hostert P., Ibisch P., Kozak J., Kuemmerle T., Matei E., Ostapowicz K., Pociask-Karteczka J., Schmidt L., van der Linden S., and Zebisch M., 2009, *Global Change Research in the Carpathian Mountain Region*, *Mountain Research and Development*, 29, 3, 282-288.
 9. Csagoly, P. 2007. *Carpathians' Environment Outlook 2007*. Geneva, Switzerland United Nations Environment Programme, Division of Early Warning and Assessment—Europe. 89–188.
 10. Dai, A., I.Y. Fung, and A.D. Del Genio, 1997: Surface observed global land precipitation variations during 1900-1988. *J. Climate*, 10, 2943-2962
 11. Kjellstrom, E., L. Barrig, D. Jacob, R. Jones and G. Lenderink, 2007: Modelling daily temperature extremes: recent climate and future changes over Europe. *Climatic Change*, 81, S249-S265.
 12. Kohler T. and Maselli D. (eds) 2009. *Mountains and Climate Change - From Understanding to Action*. Published by Geographica Bernensia with the support of the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), and an international team of contributors. Bern.
 13. Kozak J., Björnson Gurung A. & Ostapowicz K. (eds.) (2011) *Research Agenda for the Carpathians: 2010-2015*. Krakow, 43 pp.
 14. Luterbacher J, Dietrich D, Xoplaki E, Grosjean M and Wanner H (2004) European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science* 303, 1499-1503.
 15. Michael E. Mann. Climate variability and change, last 1,000 years. in *Encyclopedia of paleoclimatology and ancient environments*. Edited By V. Gornitz. Goddard Institute for Space Studies and Columbia University-New York, USA. Springer. 2009
 16. Ostapowicz K., Kozak J. (eds.) (2010) *Conference Proceedings of the 1st Forum Carpathicum. Integrating Nature and Society Towards Sustainability*. ISBN: 978-83-88424-54-0, 164 pp.
 17. Pauling A, Luterbacher J, Casty C and Wanner H (2006) 500 years of gridded high-resolution precipitation reconstructions over Europe and the connection to large-scale circulation. *Climate Dynamics*
 18. Rosenzweig, C., G. Casassa, D.J. Karoly, A. Imeson, C. Liu, A. Menzel, S. Rawlins, T.L. Root, B. Seguin, P. Tryjanowski, 2007: *Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 79-131.
 19. Wypych A., Ustrnul Z. Air temperature and precipitation extremes long-term variability in the polish Carpathians. Ostapowicz K., Kozak J. (eds.) (2010) *Conference Proceedings of the 1st Forum Carpathicum. Integrating Nature and Society Towards Sustainability*. 33-34.
 20. Xoplaki E, Luterbacher J, Paeth H, Dietrich D, Steiner N, Grosjean M and Wanner H (2005) European spring and autumn temperature variability and change of extremes over the last half millennium. *Geophysical Research Letters* 32, L15713.
 21. Дані: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/soap/data/recon/>
 22. Дані: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/>
 23. Дані: www.giss.nasa.gov/data/update/gistemp/

Холявчук Д. Карпатський регіон в контексті глобальних кліматических змін. Определена роль естественных и антропогенных факторов в развитии региональных климатических изменений. Обозначены временные и пространственные тенденции динамики глобального климата, климата Европы и Карпат. Исследована годовая и сезонная изменчивость осадков и температур.

Ключевые слова: изменения климата, реконструкция, годовая температура, потепление, карпатский ландшафт.

Holjavchuk D. Carpathian region in the global climate change context. Carpathian climate research state analysis is done. The role of natural and anthropogenic forcing in the regional climate change is discussed. The main trends of global, European and Carpathian climate change are described. Annual and seasonal temperature and precipitation variability is investigated.

Key words: climate change, reconstruction, annual temperature, warming, carpathian landscape.