

2. Голубчак О.І., Калуцький І.Ф. Екологічні проблеми лісів Івано-Франківщини. Науковий вісник Українського держ. лісотехн. ун-ту. 2004. Вип. 14.3. С. 247-252.
3. Дебринюк Ю.М. Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. Науковий вісник НЛТУ України. 2011. Вип. 21.16. С. 32–38.
4. Дячук В.Т. До історії Говерляньського заповідного лісництва. Національні парки, їх багатофункціональне значення і проблеми охорони природи. Наук.-практ. конференція. Яремче, 1990. С.36-37.
5. Історичні постаті Галичини ХІХ-ХХ ст. Наукове товариство імені Шевченка; уклад.: Тит Войнаровський, Ізидор Сохоцький; Париж; Сідней; Торонто; Нью Йорк: Осередок праці НТШ у Філядельфії, 1961. 247 с.
6. Карпатський національний природний парк: монографія / [О.І. Киселюк, М.М. Приходько, А.І. Яворський та ін.]. За ред. М.М. Приходька, О.І. Киселюка, А.І. Яворського. Івано-Франківськ: Фоліант, 2009. 672 с.
7. Кравчинський Р.Л., Хільчевський В.К., Корчемлюк М.В., Стефурак О.М. Моніторинг природних водних джерел Карпатського національного природного парку. За ред. В.К. Хільчевського. Івано-Франківськ: Фоліант. 2019. 124 с.
8. Крамарець В. О., Мацяк І. П. Роль біотичних чинників у всиханні ялиників Українських Карпат. Наукові праці Лісівничої академії наук України. Львів. С. 121-132.
9. Олійник В., Зейналян А. Висотно-поясні особливості всихання ялиників на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. Лісівництво і агролісомеліорація. 2020. Вип. 136. С. 19-24.
10. Поліщук П.В., Волошина Н.О. Стан вивченості еколого-біологічних та генетичних особливостей представників родини Scolytidae. Екологічні науки. 2020. №2 (29), Т.1. С. 150–157
11. Природні ліси Українських Карпат. За ред. А. Смалійчук та У. Гребенер. Львів: Карти і Атласи, 2018. 104 с.
12. Приходько Н. Ф., Парпан Т.В., Ткачук О.М., Приходько М.М. Радіальний приріст ялини європейської (*Picea abies* L.) в осередку її всихання (Горгани, Українські Карпати). Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т.30, №3. С. 41-46.
13. Honkaniemi J., Rammer W., Seidl R. (2020). Norway spruce at the trailing edge: the effect of landscape configuration and composition on climate resilience. *Landscape Ecology*, 35, 591-606.
14. Kandasamy, D., et al. (2023) Conifer-killing bark beetles locate fungal symbionts by detecting volatile fungal metabolites of host tree resin monoterpenes. *PLOS Biology*. doi.org/10.1371/journal.pbio.3001887
15. Puhe J. (2003). Growth and development of the root system of Norway spruce (*Picea abies*) in forest stands - a review. *For Ecol. Manage.* 175, 253–273.

ГЛОБАЛЬНІ ПРИЧИНИ І СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІН І КОЛИВАНЬ КЛІМАТУ

Чернюк Г.В., Матуз О.В., Лихолат А.Р.

cherniuk@kpnpu.edu.ua matuz@kpnpu.edu.ua lykholat.a@ua.pt

*Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Університет Авейро, місто Авейро, Португалія*

A publication contains the analysis of rhythmic changes and vibrations of climate of conditioned space-planetary reasons and cycles of different duration. For the last the changes of moist are 6000 set and cold on a heat and dry climatic terms with periodicity 800 about. These vibrations are related to the rhythms of reveal forces between Earth, Moon and Sun. The modern global warming was begun with 1850-1900 and in obedience to duration of rhythm will attain a

maximum in 2100-2200. He is complicated by the brief cycles of rises in temperature and drops (in 80-90, 22-23, 11, 5-7) in temperature, that is conditioned by sunnily-earthly copulas.

Key words: *climate, rhythms, warm and dry, moist and cold, space-planetary cycles.*

Постановка проблеми. Потепління клімату відноситься до глобальних екологічних проблем сучасного періоду. За даними фахових досліджень з метеорології, фізики атмосфери, кліматології та геофізики процеси змін і коливань клімату обумовлені в першу чергу глобальними причинами. Внесок наслідків діяльності людини порівняно з глобальними космічно-планетарними процесами дуже незначний. Утопічними виглядають заяви, що потепління можна зупинити скороченням викидів вуглекислого газу та інших парникових газів. Доцільно довести до масової частки населення і фахівців з соціально-економічних і гуманітарних наук знання про глобальні причини і тенденції змін і ритмічних коливань клімату за рахунок розширення географічної та екологічної освіти.

Аналіз попередніх досліджень. Вся природа Землі перебуває в процесі безперервних змін і розвитку. Це встановлено за результатами досліджень всіх природничих наук, зокрема і географічних, в число яких входить кліматологія. Зміни клімату відбуваються в тісному взаємозв'язку з іншими компонентами географічної оболонки [2]. Показниками змін клімату в геологічному минулому є викопні флора і фауна, пилок доісторичних рослин, ознаки процесів вивітрювання і нагромадження осадових відкладів, розподіл суші й моря в різні геологічні епохи, рельєф тощо. Питання про клімат геологічного минулого розглядаються в історичній геології та палеонтології, а в цій роботі наведено лише деякі відомості. Ритмічні коливання клімату типові і для післяльодовикового і сучасного періодів.

Результати досліджень. Геологічні дані свідчать про дуже глибокі зміни клімату: протягом сотень мільйонів років докорінно змінювалися положення суші і моря, орографії, розподіл океанічних течій, вулканічна діяльність, склад атмосфери, міг змінитися і вплив Космосу. При вивченні органічних і неорганічних викопних ознак кліматів виходять з принципу актуалізму, тобто з положення, що в минулому існували такі самі зв'язки флори, фауни, вивітрювання, ґрунтоутворення з кліматом, які існують тепер. Наприклад, коралові рифи утворюються в мілководних тропічних морях. Місцезнаходження потужних товщ морських вапняків і коралових рифів в шарах кембрію Центральної Європи, наприклад, свідчить про більш теплий клімат, який існував у даних широтах. В горизонтах бурого вугілля в Європі трапляються рештки таких теплолюбних рослин, як пальми. Родовища кам'яного вугілля є і в Антарктиді. Ознаками теплового клімату є також величезні розміри викопних видів плазунів. Про холодний клімат свідчить незначне хімічне вивітрювання з великою кількістю уламкового матеріалу в відкладах. Моренні відклади, викопні льоди, а також відповідні флора і фауна є показниками ландшафтів, пов'язаних із зледенінням. З сухими аридними епохами зв'язані відклади солей, особливо коли клімат жаркий. Родовища викопних солей на Землі змінюють положення протягом геологічних періодів. Явища пустельного вивітрювання, переносу пісків і утворення дюн можна простежити в геологічних шарах. Сухі періоди визначаються також за рештками ксероморфної рослинності й степових тварин. Для вологого клімату характерні такі ознаки, як інтенсивне хімічне вивітрювання та його продукти /каолін, залізні, марганцеві та бокситові руди, а також формування торфу, кам'яного вугілля, рештки буйної деревної рослинності [2].

Існують спроби реконструкції кліматів геологічного минулого. Найбільш розроблені уявлення про зміну кліматів четвертинного періоду плейстоцену, а про більш давні геологічні епохи наявні відомості більш загального характеру. Протягом 500 млн років клімат Землі в помірних і високих широтах був в основному теплішим, льоди протягом переважаючої частини даного періоду були відсутні, кліматична зональність не була виражена так чітко, як нині, тропічна флора була поширена до високих широт. На фоні цього теплового клімату неодноразово відбувалися порівняно короткочасні похолодання

протягом кількох сот тисяч або мільйонів років. В ці періоди кліматична зональність ускладнювалась, посилювалися контрасти між високими полярними і тропічними широтами. Останнім таким холодним періодом був четвертинний (плейстоцен), під час якого льодовикові епохи змінювалися міжльодовиковими. Від початку першого четвертинного зледеніння минуло 600-700 тисяч років, а останнє закінчилось 10 - 12 тисяч років тому. Ми живемо у міжльодовиковий період, хоча великі площі Землі в полярних широтах перебувають під льодовиковим покривом [3].

Існують гіпотези, які пояснюють зміни клімату впливом космічних, астрономічних та геологічних факторів. Серед космічних факторів називають коливання сонячної сталої внаслідок безпосередніх змін інтенсивності та спектрального складу сонячного випромінювання залежно від еволюції Сонця, а також в зв'язку з тим, що Сонячна система на своєму шляху у космічному просторі зустрічала більш або менш прозорі ділянки для проходження сонячної радіації. Гіпотези, які зважають на дію астрономічних факторів, пояснюють коливання клімату змінами деяких астрономічних положень Землі.

Ряд ритмів зв'язаний зі змінами положення Землі по відношенню до Сонця внаслідок рухів Землі навколо Сонця по орбіті (365 діб). Так ритм прецесії, переміщення точки весняного рівнодення по орбіті, характеризується циклами повного оберту за 26000-21000 років. Другий ритм тривалістю біля 40000-42000 років обумовлений коливаннями нахилу земної осі до площини екліптики в межах $\pm 3^\circ$ (тепер нахил $23^\circ 27'$).

Третій ритм, зв'язаний зі змінами ексцентриситету земної орбіти від її наближення до більш кулястої або більш еліптичної форми (від 0,017 до 0,068), має періодичність біля 92000 років. Югославський геофізик М. Миланкович розрахував сумарний вплив цих трьох астрономічних циклів на кліматичну систему планети через зміни надходження сонячного тепла на різні широтні зони. Наслідком змін теплового балансу були покривні зледеніння і теплі міжльодовикові періоди за останніх 2млн. років. Іншими дослідниками були підтверджені розрахунки М. Миланковича з уточненнями, зокрема завдяки аналізу кліматичних ритмів, встановлених при вивченні глибоководних морських відкладів по вмісту важкого ізотопу кисню та змінах видового складу морських радіолярій за останніх 500 тис. років. Найбільш різкі зміни відбувалися з періодичністю 100 тис. років, менш виразні - 42тис. і невеликі - 24тис.років.

Циклічність названих факторів приводить до протилежної дії кожного з них або до збігання і взаємопідсилення одного фактора іншими (рис. 1) Крива М. Миланковича в редакції А. Воєркома з кн. «Плейстоцен». Зафарбовані чорним зледеніння.

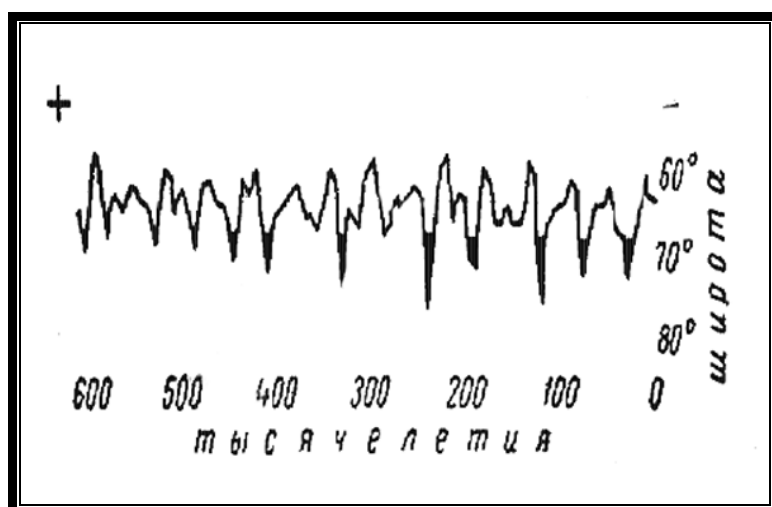


Рис. 1. Крива М. Миланковича в редакції А. Воєркома

Більшість гіпотез основною причиною змін клімату вважають зміни характеру земної поверхні - розподіл суші і моря, зміни абсолютної висоти над рівнем моря,

берегової лінії, рельєфу, рослинного покриву. Одна з гіпотез пояснює причину коливань клімату переміщенням полюсів Землі, інші гіпотези - рухом літосферних плит і материків, внаслідок цього змінювалося положення географічних широт, материки перебували то біля полюса, то в теплих широтах біля екватора. Ця гіпотеза дозволяє пояснити такі явища, як наявність решток тропічних рослин в полярних і субполярних широтах та наслідків полярного клімату в тропіках. Стає зрозумілим, що кам'яне вугілля з рештками рослин вологого тропічного клімату на архіпелазі Шпіцберген не могло утворитися за умов полярної ночі, а тоді, коли цей архіпелаг був у теплих кліматичних умовах.

Існують гіпотези, які пояснюють коливання клімату змінами газового складу атмосфери, особливо кількості вуглекислого газу, який пропускає короткохвильову сонячну радіацію до земної поверхні, а затримує і поглинає довгохвильове теплове випромінювання Землі, що сприяє підвищенню температури земної поверхні. Деякі гіпотези вважають, що факторами змін клімату були періоди інтенсивної вулканічної діяльності, внаслідок чого зменшувалася прозорість атмосфери і надходження сонячної радіації.

Після останнього зледеніння за 11000 років теж відбувалися зміни клімату. Спочатку кліматичні умови поліпшилися, що сприяло поширенню лісів. У кліматичний оптимум (8000-4500 років тому) широколистяні ліси досягли максимальної площі в межах лісової та лісостепової зон. У лісах центру Східноєвропейської рівнини в цей час панували дуб, ліщина і в'яз. Середні річні температури повітря під час кліматичного оптимуму були на 3 °С вищими за сучасні. Після цього почалося похолодання з коливаннями тепла і зволоження та збільшенням континентальності клімату [1].

В історичний період до природних свідочств про зміни клімату (наступання і відступання льодовиків, розростання торф'яників, зміни стану озер і річок, нагромадження стрічкових глин з озером, зміна товщини кілець деревини) приєднуються археологічні дані про умови життя і діяльність людини. Крім того, фольклорні та літературні пам'ятки, особливо літописи, містять описи різних явищ погоди і клімату, стану рік, інших природних процесів. За літописними, археологічними та палеоботанічними даними встановлено, що протягом останніх 6000 років сухий і теплий клімат кілька разів змінювався на вологий і холодний з періодичністю біля 800 років. Ці зміни пов'язують з циклічними змінами припливних сил, які виникають внаслідок складання сили тяжіння і відцентрової між Землею, Місяцем та Сонцем. Найбільший з цих ритмів встановили та підтвердили літописними матеріалами Г.К. Тушинський і А.В. Шнітніков («Космос и ритмы природы Земли»). Цей ритм має тривалість біля 1700 років і складається з двох циклів – вологого та сухого, відповідно по 800-900 років. Максимальні припливотворні сили вологого циклу викликають сильне випаровування, збільшення вологості, хмарності та опадів, у тому числі великої кількості снігу, похолодання та утворення і росту льодовиків та крижаного покриву. Зі зменшенням припливотворних сил до мінімальних значень під час сухого циклу відбувається зменшення випаровування, хмарності і опадів, скорочення і танення льодовиків, сильне потепління клімату, збільшення площі посушливих областей і пустель.

Визначено, що в IX - XIII ст. клімат Європи був більш м'яким і сухим, ніж сучасний, льодовики мали найменше поширення, на півдні Гренландії було розвинуто скотарство. В XV - XVI ст. почалося похолодання. В XVII - XIX ст. клімат був холодним і вологим, льодовики наступали. Період між 1400 і 1800 роками нашої ери називають «малим льодовиковим» у наукових джерелах. Для нього відмічено такі події: 1) сильні морози та проведення зимових ярмарків на річках Західної Європи; 2) трансгресія Північного моря; 3) значне збільшення зледеніння в Альпах і на Кавказі; 4) максимальний крижаний покрив на півночі Атлантичного океану; 5) льодова блокада Гренландії; 6) збільшення льодовиків на островах Вікторія та Землі Франца-Йосипа; 7) трансгресія Каспійського моря, затоплення міста Баку; 8) річка Тургай впадала у ріку Сирдар'ю.

Практично з 1850-1900 року почалося потепління, яке згідно тривалості циклу досягне максимуму у 2100-2200 роках. Найбільше потепління проявляється в Арктиці, відбувається скорочення та деградація зледеніння, висихання степових озер Сибіру і Казахстану, пересихання Аральського моря, пониження рівня Каспійського моря, міграція південних тварин і рослин на північ. Про це потепління свідчать інструментальні метеорологічні спостереження на більшій частині земної поверхні, які почалися 100-200 років тому. Свого максимуму потепління досягло в 1930 – 1940 роках. Середньорічні температури в Східній Європі підвищилися за період з 1881 до 1995 років на кілька десятих частин градуса, а в Петербурзі на $1,1^{\circ}\text{C}$, зменшилася також континентальність. В Західній Європі середня температура зими збільшилась на $2,6^{\circ}\text{C}$ з кінця XIX ст. до 1920 р. В Арктиці зазначено зростання середньорічної температури за цей самий період на 2°C , а в Гренландії більш як на 3°C . Сучасне потепління супроводжували істотні зміни природи, особливо площі зледеніння, з'явилися теплолюбні риби в Баренцовому та Карському морях. Водночас з потеплінням у високих широтах на півдні почалося падіння рівня Каспійського моря, рівень якого з 1930 по 1976 рік упав на 2 м, внаслідок зменшення кількості опадів у басейні Волги, а до 2000 року знов піднявся на 1 м. [1,2].

Варто відмітити, що на цей тривалий цикл накладаються різноманітні ритми меншої періодичності (2-3, 5-7, 11, 22-23, 80-90, 300, 600 років), обумовлені як припливотворними силами так і змінами сонячної активності, флуктуаціями атмосферної циркуляції та динамічними процесами у кліматичних системах «океан-суша-атмосфера», «Антарктида-океан», «меридіональний і широтний теплообмін», «циклони і антициклони», місцеві циркуляції і вітри. Аналіз глобальних змін середніх річних температур для північної півкулі показав, що ритмічні потепління проявляються під час мінімальних чисел сонячної активності, а похолодання припадають на максимальні числа Вольфа.

Певний вплив на місцевий клімат і мікроклімат мають наслідки господарської діяльності, як антропогенного фактору клімату. Дія цього фактора полягає в додатковому надходженні теплоти в атмосферу, вуглекислого газу та аерозолів при спалюванні великої кількості палива, а також у змінах характеру земної поверхні та її відбиваючої і поглинаючої властивості. Продукти викиду літаків впливають на озоновий шар, підсилюючи тим самим ультрафіолетову радіацію. Випробування ядерної зброї також негативно впливає на погоду і клімат. Всі антропогенні причини територіально обмежені і викликають зміни місцевого клімату. Наприклад, клімат міст відрізняється від клімату навколишніх районів.

Висновки. Таким чином, ритм глобального потепління, який почався з 1850-1900 років, буде тривати до максимуму у 2100-2200 роках. Він ускладнений короткочасними циклами потеплень і похолодань у 80-90, 22-23, 11, 5-7 років, які обумовлені сонячно-земними зв'язками. Для прогнозування змін клімату на майбутнє необхідна єдина фізична теорія клімату, побудована на основі аналізу всіх космічно-планетарних процесів і факторів та просторово-часової кореляції з ними наслідків антропогенного впливу. Для розв'язання проблеми прогнозу клімату потрібні об'єднані зусилля різних спеціалістів - метеорологів, кліматологів, океанологів, гідрологів, геофізиків, астрономів, математиків, фізиків, біологів, палеогеографів тощо та періодичні проведення Всесвітніх конгресів.

Література:

1. Клімат України. За редакцією. В.М. Липінського, В.А. Дячук, В.М.Бабиченко. Київ: вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
2. Чернюк Г.В., Лихолат В.К. Метеорологія і кліматологія. Навчальний посібник для географічних факультетів вищих навчальних закладів. Тернопіль: Підручники і посібники, 2022. 112 с.
3. Чернюк Г.В., Царик П.Л. Кліматичні ресурси Поділля. Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2008. №1. С. 53-65.