

УДК 330.88

DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-4263/2025-1-2>**Горбач В.В.***аспірантка*

*Волинського національного університету імені Лесі Українки;  
старший викладач кафедри економіки та менеджменту  
Волинського інституту імені В'ячеслава Липинського  
Приватного акціонерного товариства «Вищий навчальний заклад  
«Міжрегіональна Академія управління персоналом»*

**Horbach Victoria***Postgraduate Student*

*Lesya Ukrainka Volyn National University;  
Senior Lecturer of the Department of Economics and Management  
The Volyn Viacheslav Lypynskyi Institute of the  
Private Joint Stock Company "Higher education institution  
"The Interregional Academy of Personnel Management"*

## КОНЦЕПЦІЯ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОГО РОЗВИТКУ: ПЕРІОДИЗАЦІЯ СТАНОВЛЕННЯ В НАУЦІ ТА СУСПІЛЬСТВІ

## THE CONCEPT OF LOW-CARBON ECONOMY: PERIODIZATION OF FORMATION IN SCIENCE AND SOCIETY

### АНОТАЦІЯ

Стаття присвячена розробленню періодизації становлення концепції низьковуглецевого розвитку. Виокремлено три послідовних етапи її розвитку: зародження (фізико-хімічний), концептуальний (екологічний), прикладний (економічний). Етап зародження тривав із XIX століття до 80-х років XX століття, характеризується виявленням та першими дослідженнями парникового ефекту, встановлення впливу антропогенних викидів парникових газів на клімат. Концептуальний етап охоплює період від проведення першої міжнародної конференції, присвяченої змінам клімату (1979 р) до прийняття Кіотського протоколу (1997 р). Він включає розробку теоретичних основ досліджуваної концепції та привертання уваги міжнародних організацій до проблеми кліматичних змін. На третьому етапі відбувся перехід до практичної реалізації концепції, пошук механізмів скорочення викидів парникових газів. Цей етап триває від прийняття Кіотського протоколу і донині. В дослідженні охарактеризовано кожен із запропонованих етапів, виокремлено основні події, що стимулювали розвиток концепції низьковуглецевого зростання.

**Ключові слова:** низьковуглецева економіка, етапи становлення, етап зародження, концептуальний етап, прикладний етап.

### ANNOTATION

The concept of low-carbon development is designed to solve the problem of climate change by transforming society to the principles of net zero. Research and periodization of the formation of low-carbon ideas in science and society is an important component of the development and improvement of the theoretical foundations of the concept. Thus, the purpose of the article is to develop and substantiate the formation stages of the low-carbon concept. The scientific study developed a periodization of the formation of the concept of low-carbon development. The authors distinguish three consecutive stages of development: the inception (physico-chemical) stage, the conceptual (ecological) stage, the applied (economic) stage. The stage of inception lasted from the 19th century to the 1980s and is characterized by the discovery of the greenhouse effect and the recognition of the impact of anthropogenic greenhouse gas emissions on the climate. The conceptual stage covers the period from the first international conference on climate change (1979) to the adoption of the Kyoto Protocol (1997). It includes the development of the theoretical foundations of the concept and drawing attention of

international organizations to climate change issues. The applied stage began with the adoption of the Kyoto Protocol, making the transition to the practical implementation of the concept and search for mechanism to reduce greenhouse gas emissions. The study describes each of the proposed stages and identifies the main events that stimulated the development and popularization of the concept of low-carbon growth in science and society. Based on the results of the research, it can be concluded that the authors propose to distinguish three successive stages in the development of the concept of low-carbon growth. These stages are distinguished on the basis of a set of key events and trends that are characteristic only for a particular period. The transition to each subsequent stage reflects significant transformations in the understanding and implementation of the main ideas of low-carbon growth. The final stage may be expanded with future innovations of mitigating the effects of climate change or replaced by the next stage of low-carbon development.

**Keywords:** low-carbon economy, stages of formation, genesis stage, conceptual stage, applied stage.

**Постановка проблеми.** В умовах глобальних кліматичних змін, особливої актуальності набуває концепція низьковуглецевого розвитку, яка покликана вирішити проблему за рахунок трансформації суспільства на засади чистого нуля. Концепція сформувалася досить недавно, її розвиток, вдосконалення теоретичних основ, дослідження становлення ідей необхідний для формування наукового підґрунтя організаційно-економічного механізму досягнення низьковуглецевого розвитку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розглянута проблема у науковій літературі висвітлена недостатньо. Більшість праць присвячені дослідженню діяльності вчених, що зробили вклад у розвиток низьковуглецевого зростання, зокрема до них належать дослідження Дж. Флемінга [11], Г. Демаре та Р. Верхейдена [5], Е. Кроуфорда [3], Д. Харріса та М. Хеймана [13; 14]. Окрім того, одними із ключових

джерел інформації про події, які сприяли низьковуглецевому розвитку, є офіційні документи Всесвітньої метеорологічної організації [4; 21; 25], Всесвітньої комісії з навколишнього середовища і розвитку [17], Організації об'єднаних націй [6; 8; 9; 12; 15; 19; 20; 23; 24; 26] тощо.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** В науковому дослідженні вперше здійснено ретроспективний аналіз та розроблено періодизацію становлення концепції низьковуглецевого розвитку. Виокремлено та охарактеризовано основні етапи еволюції ідей низьковуглецевого зростання в науці та суспільстві.

**Постановка завдання.** Метою статті є розробка та обґрунтування етапів становлення концепції низьковуглецевого розвитку.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вперше термін «низьковуглецева економіка» вжитий у 2003 р у Великобританії в

Енергетичній білій книзі «Наше енергетичне майбутнє – створення низьковуглецевої економіки», де вона розглядається, як нова енергетична політика країни, що спрямована на боротьбу зі змінами клімату [7, с. 6]. Ідеї низьковуглецевого розвитку зародилися значно раніше, оскільки вплив викидів виробництва на клімат помічений ще на початку ХХ століття. Однак, особливої актуальності проблема зміни клімату набула лише у 80-х роках ХХ століття. Тому, у розвитку низьковуглецевої економіки доцільно виділити декілька послідовних етапів, які відображають основні ідеї науковців та суспільства загалом та його ставлення до змін клімату (рис. 1).

*Перший етап* тривав із ХІХ століття до 80-х років ХХ століття. Він характеризується виявленням парникового ефекту, як природного явища, дослідженням взаємозв'язку між концентрацією парникових газів в атмосфері та

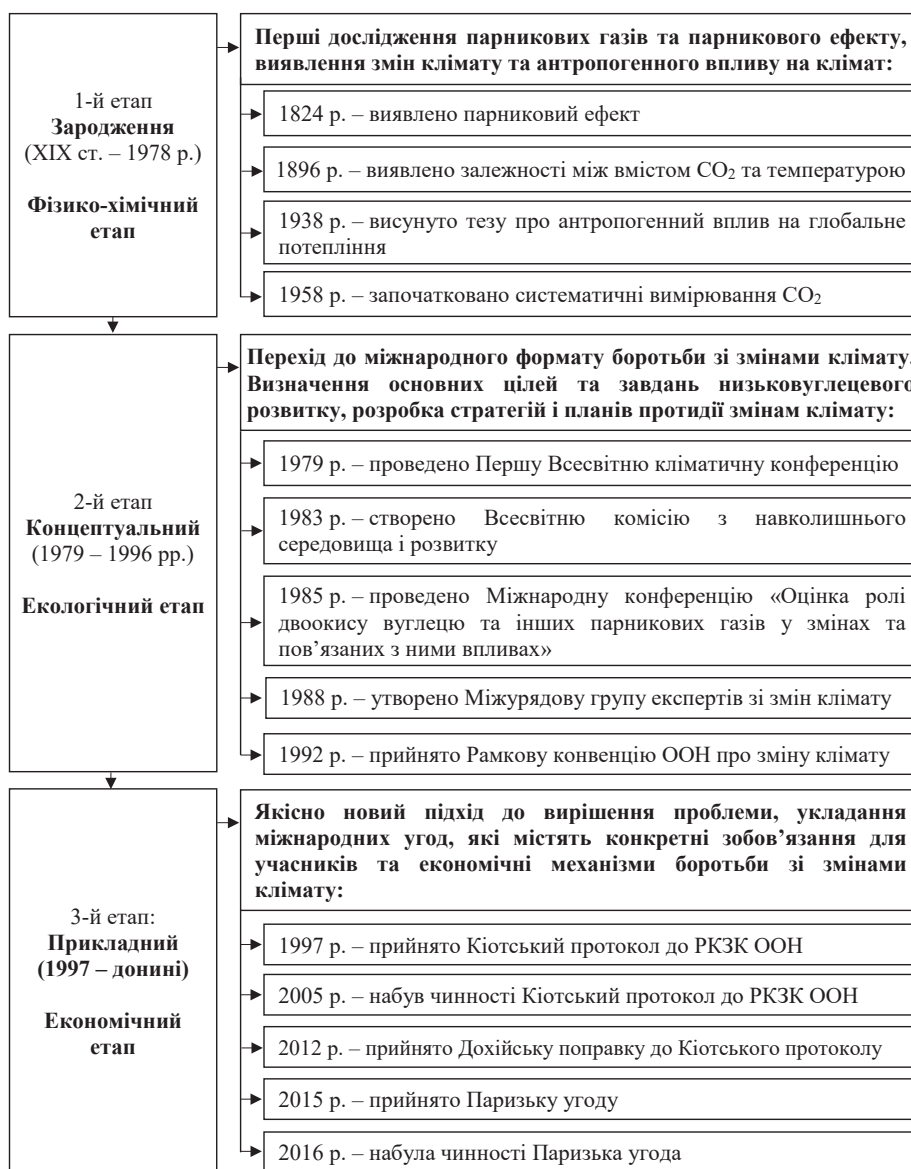


Рис. 1. Етапи становлення ідей низьковуглецевого зростання

Джерело: сформовано автором

коливаннями температури повітря, вивченням впливу викидів промисловості на зміну клімату. На цьому етапі проблемами зміни клімату займалися науковці природничо-математичних наук, переважно фізики та хіміки, тому його доцільно називати фізико-хімічним етапом.

Парниковий ефект вперше виявлено та описано у 1924 р. французьким вченим-математиком і фізиком Жаном Батистом Жозефом Фур'є [11, с. 72]. Вагомий внесок у розвиток теорії парникового ефекту зробив ірландський фізик Джон Тиндаль, який спираючись на роботи Фур'є та інших дослідників, у 1859 р. експериментально довів здатність  $\text{CO}_2$ , водяної пари та інших газів поглинати та затримувати тепло у приземному шарі повітря, тобто парниковий ефект.

Наступним кроком стала публікація статті бельгійськими вченими Вальтером Віктором Спрінгом та Леоном Роланом у 1886 р. У роботі, спираючись на 266 вимірювання, вони дійшли висновку про вищу температуру та рівень  $\text{CO}_2$  у місті Льеж, ніж у сільській місцевості та, навіть, Парижі у зв'язку з масовим використанням вугілля для опалення будинків та в сталеливарній промисловості. Окрім того, науковці встановили, що ще однією причиною вищої температури в місті є наявність у ґрунті вугілля, яке повільно горить та виділяє метан [5, с. 156]. Пізніше шведський хімік і фізик Сванте Арреніус у 1896 р. виявив залежність між вмістом вуглекислого газу та температурою. Він розраховував, що при збільшенні в атмосфері вмісту діоксиду вуглецю вдвічі температура зростає на 8–9 °C [27, с. 109]. Проте його дослідження спрямовані на вивчення причин льодовикових періодів, а у можливому потеплінні вчений не вбачав загрози. У своїй праці «Природне управління теплом» він зазначав, що потепління клімату дозволить майбутнім поколінням «жити під теплішим небом і в менш суровому середовищі» [3, с. 11].

Тезу про глобальне потепління внаслідок діяльності людини вперше висловив англійський інженер і винахідник Гай Стюарт Каллендар у 1938 р. Він виявив підвищення температури протягом 1880-1930-х років приблизно на 0,3 °C за результатами опрацювання даних 147 метеостанцій по всьому світу. Згідно з підрахунками вченого вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері протягом того ж періоду зріс на 6%. Таке зростання вчений пов'язував із спалюванням викопного палива, що продукувало близько 150 млн т діоксиду вуглецю, чверть якого залишалася в атмосфері [2, с. 182].

Ще одним важливим кроком у розвитку низьковуглецевої економіки стали дослідження канадського фізика Гілберта Нормана Пласса, в яких вчений, використовуючи комп'ютерні обчислення, вивчав вплив  $\text{CO}_2$  на інфрачервоний потік. Він спрогнозував майбутні зміни клімату враховуючи викиди  $\text{CO}_2$  промисловістю. У своїй праці «Теорія діоксиду вуглецю кліматичних

змін» (1956 р.) учений зазначав: «надходження  $\text{CO}_2$  в атмосферу внаслідок виробничих процесів та іншої діяльності людей зумовлює зростання концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері приблизно на 30% протягом століття і спричиняє підвищення середньої температури на 1,1 °C за століття» [18, с. 153]. Він уточнив розрахунки Арреніуса та Каллендара та підрахував, що у випадку подвоєння концентрації  $\text{CO}_2$  в атмосфері температура зростає на 3,6 °C.

Слід зазначити, що до 1958 р. систематичні вимірювання вмісту діоксиду вуглецю в повітрі не проводилися. Такі спостереження започаткував американський учений-кліматолог Чарльз Девід Кілінг. Він встановив вимірювальні прилади у 4-х різних місцях: на вулкані Мауна-Лоа, в Інституті океанографії Скрипса, на кораблі та в Антарктиді. Вчений використовував нову методику вимірювання та нові прилади з точністю до 0,1 ppm [13, с. 7867–7868]. Він зазначав, що концентрація  $\text{CO}_2$  в атмосфері на південному полюсі зростає зі швидкістю, яка відповідає динаміці викидів при спалюванні викопного палива та швидкості поглинання діоксиду вуглецю океаном [14, с. 331]. Вчений надав докази зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері та склав, так звану «криву Кілінга», де на основі даних обсерваторії на горі Мауна-Лоа продемонстрував зміни  $\text{CO}_2$  в повітрі з 1958 р. Спостереження на станції проводяться дотепер.

Другий етап характеризується розвитком фундаментальних досліджень кліматичних змін, занепокоєнням урядів та міжнародних організацій проблемою, активним міжнародним співробітництвом із питань зміни клімату. Етап можна назвати концептуальним, оскільки протягом 80–90-х років ХХ століття зросла наукова обізнаність та сформувалася певна наукова парадигма проблеми змін клімату, відповідно до якої розроблені перші стратегії та механізми протидії підвищенню температури повітря. На цьому етапі проблема зміни клімату виходить за межі суто наукової та переходить на міжнародний рівень. Основними міжнародними організаціями, які займалися дослідженням проблеми зміни клімату були: Організація Об'єднаних Націй (ООН), Всесвітня метеорологічна організація, Міжнародна наукова рада, Науковий комітет з проблем навколишнього середовища, Міжурядова група експертів зі змін клімату тощо. Цей етап також можна назвати екологічним, оскільки проблеми змін клімату покладалися переважно на екологічну науку та передбачала вирішення її за допомогою екологічних механізмів.

Початком другого етапу розвитку низьковуглецевої економіки можна вважати проведення Першої Всесвітньої кліматичної конференції. Їй передувало проведення у 1972 р. Конференції ООН з питань навколишнього середовища (Стокгольмської конференції) – першої всесвітньої конференції, головною тематикою якої

стали проблеми навколишнього середовища та публікація першої доповіді Римського клубу, в якій зазначено проблему надмірних викидів двоокису вуглецю унаслідок спалювання вихопного палива, його негативний вплив на клімат [16, с. 71–73].

Перша Всесвітня кліматична конференція відбулася 12–23 лютого 1979 р. у Женеві під егідою Всесвітньої метеорологічної організації. За результатами конференції опублікована «Декларація Всесвітньої кліматичної конференції», в якій була зазначена проблема зміни клімату на локальному та регіональному рівні; нагальна потреба у розробці спільної глобальної стратегії для кращого розуміння та раціонального використання клімату [4, с. 1]. Окрім того, на конференції прийнято Всесвітню кліматичну програму (World Climate Programme – WCP), основною метою якої було покращити розуміння кліматичної системи та застосувати його на благо суспільства, що впорається з мінливістю та змінами клімату [25]. Таким чином, прийняті документи окреслили цілі подальших досліджень змін клімату, проте були досить абстрактними та неконкретними на національному рівні.

У 1983 р. генеральним секретарем ООН створено Всесвітню комісію з навколишнього середовища і розвитку (World Commission on Environment and Development – WCED), яку також називають Комісією Брундтланд. Вона функціонувала до 1987 року, а результатом її діяльності стала публікація доповіді «Наше спільне майбутнє» [17]. В доповіді розроблено концепцію сталого розвитку та зазначено необхідність негайних дій щодо боротьби з потеплінням клімату.

Наступним кроком стало проведення Всесвітньою метеорологічною організацією (WMO), Міжнародною науковою радою (ICSU) та Програмою ООН з навколишнього середовища (UNEP) у 1985 р. у Філлахі (Австрія) Міжнародної конференції на тему «Оцінка ролі двоокису вуглецю та інших парникових газів у кліматичних змінах та пов'язаних з ними впливах», за результатами якої опубліковано доповідь [21]. У доповіді спрогнозовано значне зростання середньої температури повітря протягом першої половини XXI століття, змодельовано, що при подвоєнні вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері температура збільшиться на 1,5–4,5 °C, та зазначено наслідки таких змін. На підставі досліджень, урядам окремих країн та міжурядовим організаціям рекомендовано взяти до уваги результати конференції, посилити інформаційну політику серед громадськості щодо проблем зміни клімату, розпочати активну співпрацю між вченими та політиками для вирішення цієї проблеми тощо. Для виконання рекомендацій у 1986 р. створено дорадчий орган Консультативну групу з парникових газів (Advisory Group on Greenhouse Gases – AGGG).

Беручи до уваги результати конференції, у 1986 р міжнародна група науковців під егідою

Наукового комітету з проблем навколишнього середовища (Scientific Committee of Problems of the Environment – SCOPE) опублікувала доповідь «Парниковий ефект, зміни клімату та екосистеми» [22]. У роботі вперше комплексно оцінено вплив парникових газів на довкілля, спрогнозовано майбутні викиди вуглекислого газу, зміни клімату та рівня моря.

Численні міжнародні конференції, семінари, конгреси з питань зміни клімату привернули увагу суспільства до проблем зміни клімату, що зумовило необхідність поглиблення досліджень у сфері та створення у 1988 р. Міжурядової групи експертів зі змін клімату – МГЕЗК (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC). Орган створений за схвалення Генеральної Асамблеї ООН Всесвітньою метеорологічною організацією та Програмою ООН з навколишнього середовища (UNEP) із метою забезпечення урядів усіх рівнів науковою інформацією, яку вони можуть використовувати для розвитку кліматичної політики [1]. До участі запрошені всі країни світу, які поступово долучалися до роботи організації. МГЕЗК готує звіти стану знань про зміни клімату, які включають звіти оцінки, спеціальні звіти та методологічні звіти. Тому, організація не проводить самостійних досліджень змін клімату, а формує свої звіти на основі аналізу численних наукових досліджень. Перший звіт МГЕЗК опублікований у 1990 р., він консолідував знання про зміну клімату та став одним із стимулів укладання Рамкової конвенції ООН про зміну клімату.

Рамкова конвенція ООН про зміну клімату – РКЗК ООН (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) прийнята 9 травня 1992 р. у Нью-Йорку та набрала чинності від 21 березня 1994 р. Її метою стала стабілізація концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, який не допускав би небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему [24, с. 4]. Основними зобов'язаннями підписантів угоди стали: ведення національних кадастрів антропогенних викидів, створення національних програм пом'якшення наслідків змін клімату, тісна співпраця між країнами-учасницями з питань зміни клімату тощо. Окрім того, розвинуті країни зобов'язуються надавати країнам, що розвиваються фінансові ресурси та технології для виконання зобов'язань Конвенції. Договір передбачає створення щорічної Конференції Сторін, яка координує, контролює та скеровує діяльність Сторін Конвенції. Більшість країн підписали конвенцію під час участі у «Саміті Землі» – Конференції ООН з питань довкілля і розвитку (United Nations Conference on Environment and Development – UNCED), яка відбулася у Ріо-де-Жанейро протягом 3–14 червня 1992 р.

У 1995 р. в Берліні відбулася перша Конференція Сторін РКЗК ООН (COP-1), в роботі якої взяли участь 116 держав. За результатами

Конференції прийнято рішення 1/CP.1 – «Берлінський мандат». Рішення передбачало початок процесу, який дозволить Конвенції вжити належних заходів на період після 2000 року, включаючи посилення зобов'язань країн сторін угоди [19, с. 5]. Важливою складовою Мандату стало уточнення зобов'язання розвинутих країн щодо політики скорочення емісії парникових газів, а саме вимагав визначення кількісних цільових показників скорочення антропогенних викидів парникових газів. Документ став першим кроком переходу до нового підходу боротьби зі змінами клімату.

*Третій етап* розвитку низьковуглецевої економіки розпочався із прийняття на 3-й щорічній Конференції Сторін (COP-3) Кіотського протоколу до РКЗК ООН 11 грудня 1997 році. Це був перший документ, який мав чітко окреслені та кількісно виражені зобов'язання країн щодо скорочення викидів парникових газів і терміни їх виконання. Цей період ознаменувався пошуком компромісу між екологією та економікою, розвитком економічних шляхів вирішення екологічної проблеми. Економічний етап характеризується якісно новим рівнем боротьби зі змінами клімату, передбачає пошук ефективних ринкових механізмів для досягнення низьковуглецевого розвитку.

Кіотський протокол вводив в дію Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату, адже зобов'язував сторони скоротити сукупні обсяги антропогенних викидів парникових газів щонайменше на 5% порівняно з 1990 р. протягом п'ятирічного періоду з 2008 по 2012 рр. та досягти значних результатів у реалізації цих зобов'язань до 2005 р. [15, с. 3]. Він передбачав ведення країнами кадастрів антропогенних викидів парникових газів, створення системи оцінки викидів парникових газів, а також можливість торгівлі викидами між сторонами угоди для реалізації своїх зобов'язань тощо. Документ набув чинності лише у 2005 р., загалом до протоколу долучилися 192 країни. Із прийняттям Протоколу розпочала свою діяльність Конференція сторін, яка є нарадою Сторін Кіотського протоколу (СМР).

На 4-й конференції сторін у Буенос-Айресі в 1998 р. (COP-4) прийнято Буенос-Айреський план дій, який передбачав роботу над питанням фінансового механізму, розробки і передачі екологічно безпечних технологій, організації подальшої роботи тощо [20, с. 4]. На конференції прийнято рішення делегувати повноваження щодо управління фінансовим механізмом Глобальному екологічному фонду. Наступні переговори сторін спрямовані на вдосконалення механізму співпраці в межах РКЗК ООН та Кіотського протоколу.

Окрім співпраці в межах Конвенції, проблема зміни клімату постійно згадувалася на конференціях ООН з навколишнього середовища та сталого розвитку. У 2000 р. ООН проведено Саміт тисячоліття, за результатами якого

прийнято Декларацію тисячоліття. В ній сформульовано 8 цілей розвитку тисячоліття (ЦРТ) до 2015 р. Сьома ціль «забезпечення екологічної стійкості» стосувалася в тому числі і вирішення проблеми глобальної зміни клімату. До декларації долучилися 193 країни-члени ООН та міжнародні організації.

Незважаючи на введення в дію Кіотського протоколу у 2005 р., його цілі не були досягнуті до встановленого терміну. Тому, за результатами Конференції Сторін Кіотського протоколу (СМР-8), що відбувалася з 26 листопада по 7 грудня 2012 р. у Досі, прийнято поправку до Кіотського протоколу. Дохійська поправка визначала зобов'язання Сторін на другий період дії Кіотського протоколу, який тривав із 2013 до 2020 рр. Цей документ встановлював нові кількісні зобов'язання Сторін щодо обсягу скорочення викидів CO<sub>2</sub>, передбачав зменшення сукупних викидів парникових газів принаймні на 18% нижче порівняно із рівнем 1990 р. тощо [6]. Нові правила не задовольняли низку Сторін, тому необхідні три чверті Сторін прийняли документ лише у 2020 р. Загалом до поправки долучилися 148 країн, Україна поправку не прийняла.

Спроби боротьби зі змінами клімату в межах Кіотського протоколу не принесли очікуваних результатів, а механізми реалізації Кіотського протоколу мали непередбачувані негативні ефекти. Наприклад, впровадження ринкового механізму торгівлі квотами на викиди мало на меті залучити до країн, що розвиваються додаткові інвестиції для боротьби зі змінами клімату, проте кошти часто використовувалися не за призначенням. Відповідно, назріла необхідність пошуку нових шляхів міжнародної співпраці задля пом'якшення наслідків зміни клімату. Тому, на заміну Кіотського протоколу, дія якого завершувалася у 2020 р., прийшла Паризька угода.

Важливою подією, яка передувала Паризькій угоді став Саміт ООН із сталого розвитку, що відбувся 25–27 вересня 2015 р. На ньому погоджено новий глобальний порядок денний на наступні 15 років «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 р», визначено 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР) та відповідні їм 169 завдань. Окремою 13-тою ціллю виокремлено вирішення проблеми зміни клімату [23, с. 14]. Слід зазначити, що у документі наголошено на основоположності РКЗК ООН для глобальної боротьби зі змінами клімату.

Абсолютно новий підхід до вирішення проблеми зміни клімату передбачає Паризька угода, прийнята 12 грудня 2015 р. на 21-й Конференції Сторін (COP-21) та набула чинності 4 листопада 2016 року. Основними цілями угоди є стримання зростання глобальної середньої температури значно нижче 2°C понад доіндустріальні рівні і докладання зусиль для обмеження зростання температури до 1,5°C понад

доіндустріальні рівні, підвищення опірності та здатності адаптуватися до несприятливих наслідків зміни клімату, забезпечення узгодженості фінансових потоків на низьковуглецевий розвиток [26].

Угода працює на основі п'ятирічних циклів – національно визначених внесків (НВВ), які подаються країнами-сторонами угоди до Секретаріату РКЗК ООН. У них кожна країна самостійно визначає свій внесок у глобальну боротьбу зі кліматичними змінами та їх наслідками. Відповідно до угоди, країни оновлюють НВВ щоп'ять років, кожен наступний повинен бути прогресивніший за попередній. Окрім того, в угоді сторонам рекомендовано формувати довгострокові стратегії розвитку з низькими викидами парникових газів (LT-LEDS), які б окреслювали довгострокові плани та цілі боротьби із глобальним потеплінням та його наслідками. Таким чином, Паризька угода пропонує новий нестандартний механізм міжнародної співпраці задля пом'якшення наслідків зміни клімату, її основною перевагою є гнучкість до національних особливостей.

Подальше міжнародне співробітництво переважно спрямоване на створення умов для успішної та ефективної реалізації Паризької угоди. Так, у 2018 р. на 24-й Конференції Сторін (COP-24), яка проходила у Катовіце (Польща) ухвалено Катовіцький кліматичний пакет (його також називають «Книгою правил Паризької угоди») – керівництво щодо процедур та механізмів практичної реалізації Паризької угоди. Пакет надає країнам-сторонам угоди вказівки та рекомендації щодо розробки передбаченої документації на засадах цілісності, прозорості, співставності тощо.

У 2021 р. на COP-26 у Глазго (Велика Британія) підписаний Глазговський кліматичний пакт, який складається із низки узгоджених сторонами рішень щодо подальшого співробітництва в межах Паризької угоди задля протидії зміні клімату. Зокрема, у пакті зазначена необхідність негайного скорочення глобальних викидів CO<sub>2</sub> на 45% відносно рівня 2010 р. до 2030 р. та досягнення нульових викидів приблизно до 2050 р. із метою обмеження глобального потепління до 1,5 °C; закликано сторони прискорити розвиток низьковуглецевої енергетики та скоротити непослаблену вугільну енергетику; підкреслено необхідність мобілізації кліматичного фінансування [12, с. 3–5]. Таким чином, на конференції завершено роботу над «Книгою правил Паризької угоди».

Важливою ініціативою стало створення спеціального фонду компенсації збитків і втрат для підтримки країн, що найбільше постраждали від зміни клімату, у 2022 р. на COP-27 у Шарм-ель-Шейху (Єгипет) [10]. Створення фонду надає не лише фінансовий механізм компенсації незворотних втрат, спричинених кліматичними змінами, а й є кроком до усвідомлення всіма країнами відповідальності за кліматичну кризу.

Паризька угода передбачає перегляд колективного прогресу в межах глобального аналізу (GST) кожні 5 років, починаючи з 2023 р. [8, с. 19]. Тому, на 28-й Конференції сторін, що проходила в Дубай (ОАЕ), завершено Перший глобальний аналіз (GST1), який включає оцінку колективного прогресу на шляху до цілей Паризької угоди за такими категоріями: пом'якшення, адаптація, засоби реалізації та підтримки, втрати та пошкодження, заходи реагування. Підкреслено, що, незважаючи на загальний прогрес у протидії зміні клімату, сторонами ще не досягнуто мети угоди та її довгострокових цілей [9, с. 2].

Слід зазначити, що прикладний етап низьковуглецевого зростання триває донині. Його подальший розвиток передбачає посилення міжнародного співробітництва задля спільної боротьби зі зміною клімату, вдосконалення наявних та пошук нових механізмів стримування глобального потепління.

**Висновки з проведеного дослідження.** Отже, у становленні концепції низьковуглецевого зростання на основі сукупності ключових подій та тенденцій нами запропоновано виділяти три послідовних етапи. Етап зародження характеризується проведенням фундаментальних досліджень парникового ефекту вченими математико-природничих наук, які заклали основу для подальших досліджень та роботи над проблемою зміни клімату. Концептуальний етап вирізняється розвитком теоретичних основ концепції низьковуглецевого розвитку та початком міжнародного співробітництва з питань зміни клімату. Перехід до прикладного етапу зумовлений початком впровадження практичних стратегій пом'якшення наслідків зміни клімату на міжнародному рівні, пошук механізмів забезпечення низьковуглецевого розвитку. Етап триває донині та може бути доповнений або замінений наступним етапом.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. About the IPCC. IPCC: веб-сайт. URL: <https://www.ipcc.ch/about/> (дата звернення: 29.01.2025).
2. Anderson T.R., Hawkins Ed., Jones P.D. CO<sub>2</sub>, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*. 2016. Vol. 40. No. 3. P. 178–187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002>
3. Crawford E. Arrhenius' 1896 Model of the Greenhouse Effect in Context. *Ambio*. 1997. Vol. 26. No. 1, P. 6–11.
4. Declaration of the world Climate conference. World meteorological organization. 1979. 4 p. URL: [https://dgvn.de/fileadmin/user\\_upload/DOKUMENTE/WCC-3/Declaration\\_WCC1.pdf](https://dgvn.de/fileadmin/user_upload/DOKUMENTE/WCC-3/Declaration_WCC1.pdf) (дата звернення: 29.01.2025).
5. Demarée G.R., Verheyden R. Walthère Victor Spring – A Forerunner in the Study of the Greenhouse Effect. *Papers on Global Change IGBP*. 2016. Vol. 23(1). P. 153–158. DOI: <https://doi.org/10.1515/igbp-2016-0011>
6. Doha amendment to the Kyoto Protocol. United Nations. 2012. 6 p. URL: [https://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/](https://unfccc.int/files/kyoto_protocol/)

- application/pdf/kp\_doha\_amendment\_english.pdf (дата звернення: 29.01.2025).
7. Energy white paper. Our energy future – creating a low carbon economy. British Department for Trade and Industry. 2003. 138 p. URL: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7c1f5940f0b645ba3c6d4f/5761.pdf> (дата звернення: 29.01.2025).
  8. Explaining the Paris Agreement Rulebook. World Resources Institute. 21 p. URL: <https://www.wri.org/paris-rulebook> (дата звернення: 29.01.2025).
  9. First global stocktake. United Nations. 2023. 21 p. URL: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023\\_L17\\_adv.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_L17_adv.pdf) (дата звернення: 29.01.2025).
  10. Five Key Takeaways from COP27. UNFCCC. URL: <https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27> (дата звернення: 29.01.2025).
  11. Fleming J.R. Joseph Fourier, the greenhouse effect' and the quest for a universal theory of terrestrial temperatures. *Endeavour*. 1999. Vol. 23(2). P. 72–75.
  12. Glasgow Climate Pact. United Nations. 2021. 11 p. URL: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3\\_auv\\_2\\_cover%2520decision.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%2520decision.pdf) (дата звернення: 29.01.2025).
  13. Harris D.C. Charles David Keeling and the Story of Atmospheric CO<sub>2</sub> Measurements. *Analytical Chemistry*. 2010. Vol. 82. No. 19. P. 7865–7870.
  14. Heimann M. Charles David Keeling 1928–2005. *Nature*. 2005. Vol. 437. P. 331.
  15. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations. 1998. 20 p. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (дата звернення: 29.01.2025).
  16. Meadows D.H. The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project On The Predicament of the Mankind. New York: Universe Books, 1972. 205 p. DOI: <https://doi.org/10.1349/ddlp.1>
  17. Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development. 1987. 300 p. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (дата звернення: 29.01.2025).
  18. Plass G.N. The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change. *Tellus*. 1956. Vol. 8(2). P. 140–154.
  19. Report of the Conference of the Parties on its first session, held at Berlin from 28 March to 7 April 1995. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its first session. United Nations. Berlin : United Nations, 1995. 63 p. URL: <https://unfccc.int/cop4/resource/docs/cop1/07a01.pdf> (дата звернення: 29.01.2025).
  20. Report of the Conference of the Parties on its fourth session, held at Buenos Aires from 2 to 14 November 1998. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its fourth session / United Nations. Buenos Aires : United Nations, 1998. 71 p. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/cop4/16a01.pdf> (дата звернення: 29.01.2025).
  21. Report of the International conference of the Assessment of the role of carbon dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts. World Meteorological Organization. Geneva : WMO. 1986. No. 661. 85 p. URL: <https://library.wmo.int/viewer/28228/?offset=#page=1&view=picture&o=bookmarks&n=0&q=> (дата звернення: 29.01.2025).
  22. The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems / Eds. B. Bolin, B.R. Doos, J. Jager, R.A. Warrick. SCOPE, 1986. Vol. 29. 574 p.
  23. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. General Assembly of the United Nations. 2015. 35 p. URL: <https://www.undp.org/ukraine/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development> (дата звернення: 29.01.2025).
  24. United nations framework convention on climate change. United Nations. 1992. 24 p. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (дата звернення: 29.01.2025).
  25. World Climate Programme (WCP) / World meteorological organization. 1979. URL: <https://community.wmo.int/en/world-climate-programme-wcp> (дата звернення 29.01.2025).
  26. Паризька угода : міжнародний документ від 12.12.2015 р., Організація Об'єднаних Націй. 2015. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text) (дата звернення 29.01.2025).
  27. Степаненко С.М., Польовий А.М., Лобода Н.С., та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.

## REFERENCES:

1. About the IPCC. IPCC. Available at: <https://www.ipcc.ch/about/> (accessed January 29, 2025).
2. Anderson T. R., Hawkins Ed., Jones P. D. (2016) CO<sub>2</sub>, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*. vol. 40. no. 3. pp. 178–187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002>.
3. Crawford E. (1997) Arrhenius' 1896 Model of the Greenhouse Effect in Context. *Ambio*. vol. 26. no. 1, pp. 6–11.
4. World meteorological organization (1979) *Declaration of the world Climate conference*. Available at: [https://dgvn.de/fileadmin/user\\_upload/DOKUMENTE/WCC-3/Declaration\\_WCC1.pdf](https://dgvn.de/fileadmin/user_upload/DOKUMENTE/WCC-3/Declaration_WCC1.pdf) (accessed January 29, 2025).
5. Demarée G. R., Verheyden R. (2016) Walthère Victor Spring – A Forerunner in the Study of the Greenhouse Effect. *Papers on Global Change/IGBP*. vol.23(1). pp.153–158. DOI:<https://doi.org/10.1515/igbp-2016-0011>
6. United Nations (2012) *Doha amendment to the Kyoto Protocol*. Available at: [https://unfccc.int/files/kyoto\\_protocol/application/pdf/kp\\_doha\\_amendment\\_english.pdf](https://unfccc.int/files/kyoto_protocol/application/pdf/kp_doha_amendment_english.pdf) (accessed January 29, 2025).
7. British Department for Trade and Industry (2003) *Energy white paper. Our energy future – creating a low carbon economy*. Available at: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a7c1f5940f0b645ba3c6d4f/5761.pdf> (accessed January 29, 2025).
8. World Resources Institute. *Explaining the Paris Agreement Rulebook*. Available at: <https://www.wri.org/paris-rulebook> (accessed January 29, 2025).
9. United Nations (2023) *First global stocktake*. Available at: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023\\_L17\\_adv.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_L17_adv.pdf) (accessed January 29, 2025).
10. UNFCCC. *Five Key Takeaways from COP27*. Available at: <https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022/five-key-takeaways-from-cop27> (accessed January 29, 2025).
11. Fleming J.R. (1999) Joseph Fourier, the greenhouse effect' and the quest for a universal theory of terrestrial temperatures. *Endeavour*, vol. 23 (2), pp. 72–75.

12. United Nations (2021) *Glasgow Climate Pact*. Available at: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3\\_auv\\_2\\_cover%2520decision.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_2_cover%2520decision.pdf) (accessed January 29, 2025).
13. Harris D. C. (2010) Charles David Keeling and the Story of Atmospheric CO<sub>2</sub> Measurements. *Analytical Chemistry*, vol. 82, no. 19, pp. 7865–7870.
14. Heimann M. (2005) Charles David Keeling 1928–2005. *Nature*, vol. 437.
15. United Nations (1998) *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (accessed January 29, 2025).
16. Meadows D. H. (1972) *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of the Mankind*. New York: Universe Books. DOI: <https://doi.org/10.1349/ddlp.1>
17. World Commission on Environment and Development (1987) *Our Common Future*. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf> (accessed January 29, 2025).
18. Plass G. N. (1956) The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change. *Tellus*, vol. 8 (2), pp. 140–154.
19. United Nations (1995) Report of the Conference of the Parties on its first session, held at Berlin from 28 March to 7 April 1995. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its first session. Berlin : United Nations, 63 p. Available at: <https://unfccc.int/cop4/resource/docs/cop1/07a01.pdf> (accessed January 29, 2025).
20. United Nations (1998) *Report of the Conference of the Parties on its fourth session, held at Buenos Aires from 2 to 14 November 1998. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its fourth session*. Buenos Aires: United Nations. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/cop4/16a01.pdf> (accessed January 29, 2025).
21. World Meteorological Organization (1986) *Report of the International conference of the Assessment of the role of carbon dioxide and of other greenhouse gases in climate variations and associated impacts*. Geneva: WMO. No. 661. Available at: <https://library.wmo.int/viewer/28228/?offset=#page=1&viewer=picture&o=bookmarks&n=0&q=> (accessed January 29, 2025).
22. B. Bolin B. R. Doos J. Jager R. A. Warrick. (eds.) (1986) *The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems. SCOPE*, vol. 29.
23. General Assembly of the United Nations (2015) *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Available at: <https://www.undp.org/ukraine/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development> (accessed January 29, 2025).
24. United Nations. (1992) *United nations framework convention on climate change*. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (accessed January 29, 2025).
25. World meteorological organization (1979) *World Climate Programme (WCP)*. Available at: <https://community.wmo.int/en/world-climate-programme-wcp> (accessed January 29, 2025).
26. United Nations. (2015). *Paryzjka ughoda* [Paris Agreement]. Available at: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_l61#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_l61#Text) (accessed January 29, 2025). (in Ukrainian)
27. Stepanenko S. M., et al. (2015). *Klimatychni zminy ta jikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy* [Climate changes and their impact on the economic sectors of Ukraine]. Odesa: TES. (in Ukrainian)