



ISSN 1607–2855

Том 2 • № 2 • 2001 С. 42 – 47

УДК 521.113

Роль космічних факторів в еволюції екологічної системи Землі

М.П. Пришляк¹, Т.Д. Пришляк²

¹Харківський державний педагогічний університет ім. Г.С. Сковороди

²Харківський технічний університет сільського господарства

Розглянуто роль космічних факторів, що впливають на фізичні властивості Землі. Запропоновано план спеціального курсу “Космічні аспекти екології” для студентів педагогічних університетів.

РОЛЬ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЭВОЛЮЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛИ, Пришляк М.П., Пришляк Т.Д. – Рассмотрена роль космических факторов, которые влияют на физические свойства Земли. Предложен план специального курса “Космические аспекты экологии” для студентов педагогических университетов.

THE ROLE OF COSMIC FACTORS IN THE EVOLUTION OF THE EARTH'S ECOLOGICAL SYSTEM, by Pryshlyak M.P., Pryshlyak T.D. – The role of cosmic factors which influence the physical features of the Earth is considered. The plan of the special course “Cosmic aspects of ecology” for pedagogical universities students is proposed.

Напрямок еволюції екологічної системи Землі визначається тими факторами, що наша планета, з одного боку є відчिनеною системою, яка отримує з космосу енергію та матерію у вигляді електромагнітного випромінювання Сонця та зір, космічних променів, метеорів та метеоритів. Але з іншого боку, Земля є зачиненою системою, яка має обмежену площу та природні ресурси, що призводить, згідно другого закону термодинаміки, до зростання ентропії в екологічній системі нашої планети. Наслідки цих незворотних ентропійних процесів проявляються у вигляді зростання безпорядку, який екологи частіше називають забрудненням довкілля, і в майбутньому це зростання хаосу може призвести до зникнення життя на нашій планеті. Ми зможемо відвернути на перший погляд неминучу катастрофу тільки у тому випадку, якщо людство зможе врахувати вплив різноманітних космічних факторів, які викликали екологічні катастрофи в минулому, для того, щоб створити математичну модель еволюції екологічної системи Землі, і, таким чином, спрогнозувати її можливий розвиток у майбутньому.

Дослідження показують, що у прадавні часи клімат нашої планети був надзвичайно м'який з відносно невеликим градієнтом температури між полярними та тропічними зонами. Наприклад, Північний льодовитий океан ніколи не замерзав, бо на полюсах середня температура була $+10^{\circ}\text{C}$, в той час, як в екваторіальній зоні не перевищувала $+25^{\circ}\text{C}$. Більш помітний контраст між полярними та екваторіальними областями почав розвиватись після дивної екологічної катастрофи, яка сталась 60 мільйонів років тому, коли внаслідок різкого похолодання разом з динозаврами на Землі загинуло майже 90 відсотків флори та фауни. Прихильники космічних катастроф вважають, що ті апокаліпсичні події в далекому минулому стались внаслідок зіткнення Землі з невеликим астероїдом, або ядром комети. Недавно вчені навіть знайшли величезний кратер на півострові Юкатан (Мексика) з діаметром майже 300км, який утворився після цього грандіозного вибуху.[9,11,12] 2 мільйони років градієнт температури між полярними та екваторіальними зонами зріс настільки, що почали утворюватись постійні льодовики не тільки на полюсах, але і в середніх широтах. Такі глобальні пониження температури називають льодовиковими періодами, і вони в середньому тривали по 100 000 років. Правда повторюваність таких понижень темпе-

ратури носить складний випадковий характер, і причини, що викликають такі катастрофічні процеси, теж можуть бути пов'язані з космічними катастрофами. Останній льодовиковий період закінчився близько 18000 років тому, коли почала формуватись наша цивілізація. В новітні часи найтепліший період на Землі, так званий кліматичний оптимум, настав 7 000 років тому. У ті часи не тільки спостерігався теплий клімат з м'якими зимами, але й випадало багато дощів навіть у тих районах, де зараз великі пустині – в Африці та Азії.[2]

Близько 3000 років тому на Землі почалось знову глобальне похолодання, яке супроводжувалось флуктуаціями середньорічної температури на кілька градусів. За часів Київської Русі у Європі спостерігалось знову деяке потепління – вікінги вільно плавали полярними морями, і вони навіть заснували перші поселення у Гренландії – назва цього величезного льодовика в перекладі означає – зелена країна. Після 1200 року знову почалось різке похолодання, яке тривало майже 7 століть до 1900 року – це середньовічне похолодання інколи називають малим льодовиковим періодом. До речі, внаслідок похолодання у пустинях Середньої Азії тоді випадали рясні дощі, і безводні до того часу Каракуми вкрились зеленою травою. Можливо, що така незначна подія, як деяке пониження температури, навіть призвела до трагічних наслідків в історії Київської держави, бо орди монголів в безводних до того часу пустинях знайшли корм для своїх коней, та вдерлись до Європи. Розглянемо деякі космічні фактори, які можуть суттєво впливати на еволюцію екологічної системи Землі.

Перш за все, всяка екологічна система має бути відчиноною системою для того, щоби отримувати із зовні енергію, та виводити за межі системи надлишок ентропії, бо тільки в цьому випадку загальна ентропія системи може знижуватись. В цьому пониженні ентропії полягає прогресивний розвиток системи, адже ентропія системи безпосередньо пов'язана з інформацією – зростання ентропії означає, що в системі збільшується хаос, і, отже зменшується інформація. Навпаки – зменшення ентропії означає накопичення інформації.

Для земної цивілізації основним джерелом енергії є Сонце, бо поки що штучні джерела енергії складають незначний відсоток сонячної енергії. Температура на поверхні Землі залишається сталою, якщо енергія випромінювання поверхні дорівнює тій частині енергії з випромінювання Сонця, що поглинає ця поверхня. Відомо, що величина поглиненої енергії також залежить від кута падіння променів, та від альbedo поверхні. Якщо кут падіння не враховувати, то ми отримаємо таке співвідношення: $E_1 = E_0(1 - A(T))$, де: E_0 – енергія, що падає на поверхню; E_1 – енергія, яку поглинає поверхня Землі; $A(T)$ – альbedo поверхні; T – абсолютна температура поверхні. Зрозуміло, що альbedo поверхні Землі залежить від температури, так само, як температура поверхні залежить від її альbedo. Наприклад, взимку температура поверхні різко зменшується не тільки від того, що Сонце знаходиться низько над горизонтом, але після випадання снігу різко збільшується альbedo, і відповідно зменшується частина поглиненої енергії. Навпаки, навесні температура ґрунту різко збільшується тільки у випадку, коли сніг розтане, і альbedo поверхні зменшиться.

В екологічній системі важливу роль грає також температура атмосфери, яка безпосередньо нагрівається від поверхні Землі, бо електромагнітне випромінювання Сонця майже не поглинається у видимій частині спектра. Тобто, температура повітря теж залежить від альbedo поверхні, адже парниковий ефект в атмосфері створюють вуглекислий газ та пара води, які поглинають енергію в основному в інфрачервоній частині спектра. Наприклад, температура у парнику залежить не тільки від якості плівки, якою накривають грядку, але і від кольору самого ґрунту – найбільший ефект підвищення температури дає тільки грядка чорнозему, альbedo якого близьке до нуля. Крім того, парниковий ефект може збільшуватись, або зменшуватись в залежності від самої кількості газових компонентів в атмосфері планети, бо з пониженням температури пара води може перетворитись у твердий стан і випасти на поверхню у вигляді снігу – це приведе до ще більшого пониження температури. Сучасні комп'ютерні програми дозволяють змоделювати поведінку екологічної системи Землі при різних температурах поверхні та атмосфери.

Виявляється, що можуть існувати два стани, за яких атмосфера може довгий час існувати у стані стійкої рівноваги – це льодовиковий період, та сучасний стан, коли середня температура нашої планети +16⁰ С. Така відносно стійка рівновага, коли завдяки флуктуаціям градієнт температури може збільшуватись.

тись, або зменшуватись на незначну величину, триває сотні тисяч років, а потім протягом кількох сотень років система переходить в інший стійкий стан. Таким своєрідним спусковим механізмом, який відносно швидко приводить систему до катастрофічних наслідків, можуть бути навіть незначні за масштабами космічні події. Розглянемо деякі аспекти можливих космічних процесів, які можуть суттєво вплинути на поведінку екологічної системи Землі.

1. Зустріч Землі з астероїдом, або кометою. Сонячна система є досить стійкою відносно значних змін параметрів планетних орбіт, тому ймовірність зіткнення Землі з найближчими сусідами – Венерою та Марсом, практично дорівнює нулю. Інша справа – зустріч з астероїдами, бо орбіти багатьох астероїдів мають великий ексцентриситет та перетинають орбіту нашої планети, тому ймовірність такого зіткнення набагато більша, і в минулому сліди таких катастроф збереглися як на Землі, так і на поверхні інших планет та їх супутників. Найбільш відомий в астрономічній літературі кратер Барінгера у штаті Арізона (США) [2] має діаметр 1200 м, і він утворився після падіння астероїда з діаметром 50 метрів та масою 300 000 тон. Кінетична енергія такого тіла залежить від вектора його швидкості відносно вектора швидкості Землі.

Майже всі астероїди обертаються у тому самому напрямку, що і планети, тому при зіткненні вони або доганяють нашу планету – тоді швидкість падіння буває близько другої космічної, або зустрічаються з поверхнею під деяким кутом до вектора швидкості Землі – тоді кінетична енергія такої зустрічі може бути у кілька разів більшою. Наприклад, при утворенні кратера Барінгера могло виділитись енергія приблизно 10¹⁸ – 10¹⁹ Дж – така енергія у сотні разів більша енергії сучасних атомних бомб. Екологічні наслідки атомної війни добре відомі – це значне забруднення атмосфери пилом, внаслідок чого збільшується хмарність. Здається, що збільшення вологості повітря призведе до підвищення температури внаслідок значного парникового ефекту, але комп'ютерні моделювання цих процесів показали, що температура понизиться, і через кілька років настане “ядерна зима” – таким чином, людство може штучно створити новий льодовиковий період. Пониження температури при ядерному конфлікті пояснюється тим, що суцільна хмарність зменшить альбедо нашої планети, внаслідок чого значна кількість електромагнітного випромінювання Сонця відбиватиметься від хмар назад у космічний простір, тому до поверхні Землі буде доходити дуже мало енергії.

Таким чином, ми можемо зробити висновок, що падіння на Землю навіть невеликого астероїда може викликати значні зміни в поведінці екологічної системи Землі, які за наслідками можуть перевершити результати ядерної війни. Якщо згадати, що значне пониження температури почалось 7000 років тому, коли утворився Арізонський кратер, то виникає думка – чи не існує між цими подіями певна взаємодія?

Ще більший кратер метеоритного походження, який має діаметр майже 10км, відкрили геологи у Вінницькій області біля Іллінців – цей кратер утворився кілька мільйонів років тому, і можливо з ним теж пов'язаний початок чергового льодовикового періоду.

Що викликало початок “малого льодовикового періоду” 800 років тому, зараз ще не відомо, але значну зміну клімату 100 років тому можливо можна пояснити падінням Тунгуського метеорита 30 червня 1908 року. Таємниця цього метеорита полягає в тому, що на місці падіння не знайшли ні кратера, ні жодного осколка. До речі, перша експедиція на місце падіння метеорита була організована у 1926 році Українською Академією Наук, і очолив цю експедицію український професор Л.О.Кулик. Багато астрономів вважають, що Тунгуський метеорит насправді був кометою, яка вибухнула на висоті 10км., тому ця катастрофа не викликала пониження температури, бо не виникло значного забруднення атмосфери, хоча енергія вибуху була не меншою, ніж під час Арізонської катастрофи. Правда, астрономічні спостереження у 1908 р. показали, що у Європі після падіння Тунгуського метеорита спостерігались аномальні “білі ночі”, коли опівночі свічення неба давало можливість навіть читати газети, але утворення суцільної хмарності не було зафіксовано. У майбутньому технічні можливості людства дозволять уникнути можливої екологічної катастрофи від зустрічі з астероїдами тільки у випадку, якщо будуть створені засоби, за допомогою яких можна буде трохи змінити параметри орбіти цього небезпечного тіла. Вибух атомної бомби на поверхні може змінити орбітальну швидкість тільки у випадку, якби астероїд був би монолітним твердим тілом. Останні дослідження астероїда Ерос свідчать, що навіть невеликі космічні тіла

складені з фрагментів, які при вибухові ядерної бомби можуть розлетітись на окремі осколки, орбіти яких розрахувати неможливо.

Ще більше проблем може виникнути при спробі знищити небезпечну комету, ядро якої складається з газів у твердому стані та космічного пилу. За гіпотезою Оорта далеко за орбітою Плутона можуть існувати мільйони таких об'єктів, температура яких є близькою до абсолютного нуля. Гравітаційні збурення від планет-гігантів можуть дуже змінити параметри орбіти навіть відомих комет, тому ймовірність зіткнення Землі з кометою не можна ігнорувати.

2. Сонячна активність теж може суттєво впливати на екологічну систему, бо під час хромосферних спалахів Земля отримує від Сонця додаткову енергію не тільки у вигляді електромагнітного випромінювання, але й потужні корпускулярні потоки елементарних частинок. Загадковим залишається 11-річний період (точніше 22-річний цикл, якщо враховувати полярність магнітного поля сонячних плям), бо зараз висуваються гіпотези про вікові зміни сонячної активності з періодом у кілька сотень років. Наприклад, за часів Київської Русі у літописах монахи реєстрували появу великих плям, які було видно неозброєним оком при заході Сонця, а пізніше, у середньовіччі плями чомусь ніхто не бачив. Статистичні дані про кількість аномальних атмосферних явищ свідчать про деяку кореляцію між хромосферними спалахами та кількістю опадів, магнітних бур, полярних сьйів і т.п. Сенсаційними результатами закінчилися дослідження психічного стану людей, які мають деякі відхилення у психіці – під час максимумів сонячної активності збільшується кількість психічних та серцевих захворювань, кількість самогубств, і навіть аварій на дорогах [6].

На перший погляд дивним здається початок міжнародних конфліктів, політичних заворушень та революцій у роки максимуму сонячної активності. Наприклад, у минулому столітті максимумами сонячної активності співпали з голодомором в Україні 1933 року, 1956 рік – революційна ситуація в Угорщині, 1968 рік – спроба створити демократичний уряд у Чехословаччині, 1979 рік – “братська допомога” афганському народові, 1990 рік – початок розпаду Радянського Союзу. У цьому 2001 році завершується черговий максимум активності, і у політичному житті різних країн світу знову стає неспокійно – збільшується кількість катастроф, самогубств, терористичних актів...

Якщо хромосферні спалахи можуть викликати збурення у політиці та економіці, то незначна зміна сонячної сталою може викликати катастрофічні зміни глобальної екологічної системи. На жаль, ми не маємо точних даних про те, чи змінюється світність Сонця на протязі тисячоліть. Хоча Сонце зараз знаходиться у стані гідростатичної рівноваги, але незначні зміни його світності можуть відбуватись у зв'язку зі зміною кількості плям та хромосферних спалахів.

3. Вікові зміни параметрів земної орбіти теж можуть суттєво вплинути на поведінку екологічної системи Землі та викликати значні зміни клімату. Якщо величина великої півосі та період обертання Землі протягом віків залишаються відносно сталими величинами, то ексцентриситет орбіти та кут нахилу осі обертання до площини екліптики постійно змінюються. Ексцентриситет орбіти Землі зараз незначний, і складає 0,017, тому відстань до Сонця у перигелії та афелії змінюється у межах 5 млн. км., що складає незначну величину в порівнянні з піввіссю орбіти – 1 а.о. Але навіть така невелика різниця у відстані до Сонця викликає аномальну відміну середньої температури у північній та південній півкулях Землі – в Арктиці набагато тепліше, ніж в Антарктиді. Цю температурну аномалію можна пояснити тим, що перигелій орбіти Земля проходить на початку січня в той час, коли на півночі зима. Згідно другого закону Кеплера швидкість Землі в перигелії на 1 км/с більша, ніж в афелії, тому тривалість зими у північній півкулі трохи менша в порівнянні з літом, а у південній півкулі навпаки – тривалість літа менша від зими.[7].

4. Прецесія осі обертання Землі призводить до зміщення точок рівнодення та сонцестоянь відносно зір. Наприклад, точка весняного рівнодення позначається знаком Овна, але знаходиться у сузір'ї Риб, бо протягом кількох тисячоліть вона змістилась майже на 30°, а точка літнього сонцестояння перемістилась з сузір'я Рака до Тельця. Через 13 000 років зима у північній півкулі буде довшою, ніж літо, бо зимове сонцестояння буде спостерігатись у сузір'ї Близнят, у той час коли Земля проходить афелій. Чи не може це знову викликати пониження температури у північній півкулі?

5. Кут нахилу осі обертання Землі до площини екліптики протягом віків теж змінюється у межах від 68° до 65° С, тобто, змінюється у цих межах і широта полярних кіл. У 2001 році цей кут нахилу дорівнює 66° С $33'40''$, і з кожним роком збільшується на $0,476''$, або, іншими словами, полярне коло відступає на північ на 15м. щорічно, а тропіки з такою самою швидкістю наближуються до екватора. Звичайно, у наш час це суттєво не впливає на клімат Землі, але якби кут нахилу змінився на десятки градусів, то зміни в екологічній системі могли б мати катастрофічні наслідки. Наприклад, при куті нахилу 50° полярне коло проходило б через Україну, а тропіки через Чорне море, тому градієнт температури на протязі року на наших широтах був би набагато більший, ніж зараз. Такі значні зміни кута нахилу осі обертання могли б наступити тільки внаслідок катастрофічного зіткнення Землі з великим астероїдом. Те, що подібні катастрофи у космосі все ж таки відбуваються, свідчить незвичайна орієнтація осі обертання Урана, яка майже лежить у площині його орбіти. Правда, важко довести, коли сталась катастрофа на Урані – при формуванні сонячної системи, чи у більш пізній період.[7]

6. Гравітаційний вплив Місяця теж може відіграти значну роль в еволюції екологічної системи Землі. У наш час гравітаційна взаємодія Місяця та Землі проявляється у виникненні припливів та відпливів у морях та океанах, які стимулюють перемішування води на великих глибинах не тільки у вертикальному напрямку, але, можливо, завдяки цьому перемішуванню виникають глибоководні течії і в горизонтальному напрямку. На переміщення величезних мас води тратиться енергія обертання Землі, внаслідок чого збільшується тривалість нашої доби. Через кілька мільярдів років Земля буде повернена до Місяця однією півкулею, і доба на нашій планеті триватиме один календарний місяць – періоду обертання Місяця навколо Землі. Правда, важко обчислити, скільки годин буде тривати день у майбутньому, бо період обертання Місяця навколо Землі не є сталою величиною. Внаслідок збурень від Сонця та планет, відстань між Місяцем та Землею може змінюватись у досить великих межах, тому з часом змінюється і період обертання Місяця навколо Землі. Зараз Місяць поступово віддаляється від Землі.

Якщо у майбутньому тривалість дня на Землі збільшиться у кілька разів, то це теж може викликати суттєві зміни нашої екологічної системи. Крім того, припливи виникають не тільки у воді, але у твердій корі та мантиї – це викликає напругу у надрах нашої планети, внаслідок якої часто виникають землетруси. Статистика показує, що майже всі катастрофічні землетруси відбувались при фазах новий та повний Місяць, коли Сонце, Земля та Місяць знаходяться приблизно на одній лінії – тоді припливи від Сонця та Місяця додаються, і цей своєрідний резонанс викликає катастрофічні наслідки. Загадкою залишається ще одна дивна подія в еволюції екологічної системи Землі, яка сталась близько 200 мільйонів років тому – розпад єдиного материка Пангеї та утворення континентів. Можливо, що у цьому процесі теж відіграло роль якесь катастрофічне зіткнення Землі з астероїдом, а може Місяць тоді знаходився набагато ближче, тому інтенсивність припливів у земній корі була більш потужною, що призвело до утворення континентів.[2]

7. Спалах наднової зорі в околицях сонячної системи теж може суттєво змінити кліматичні умови для існування життя на Землі. Наднові випромінюють майже стільки енергії, скільки випромінюють усі зорі галактики разом взяті, тобто, потужність випромінювання такої зорі може у сотні мільярдів разів перевершувати світність Сонця. Правда, наднові зорі спалахують дуже рідко: так сучасна оцінка для нашої Галактики – один спалах раз на 200–300 років, але в інших галактиках уже зареєстровано, понад 500 наднових. Остання яскрава наднова зоря у нашій Галактиці, яку бачили навіть вдень протягом кількох місяців, спалахнула у рік смерті Ярослава Мудрого 1054 року у сузір'ї Тельця, про це явище у ті часи писали стародавні українські та китайські літописи. На цьому місці астрономи зараз спостерігають туманність “Краб”, яка знаходиться на відстані 1800 парсеків, і розширюється до цього часу зі швидкістю кілька тисяч кілометрів за секунду. Якби така зоря спалахнула на відстані 10 парсеків від Сонця, то її яскравість на нашому небі була б у 10 тисяч разів більше повного Місяця. Крім того, наднова зоря значну енергію випромінює у небезпечній для живих організмів короткохвильовій частині спектра, та переходить в кінетичну енергію частинок, що рухаються зі швидкістю кілька тисяч кілометрів за секунду.

Треба визнати, що після такого вибуху може загинути не тільки цивілізація, але й зникнуть всі форми життя. Правда, наднові зорі спалахують дуже рідко: так сучасна оцінка для нашої Галактики – один

спалах раз на 200–300 років, тому будемо сподіватись, що ймовірність такого вибуху поблизу сонячної системи є незначною.

На фізико-математичному факультеті Харківського педагогічного університету розроблений факультативний курс: “Космічні аспекти екології”. Подаємо коротку програму цього курсу, яка розрахована на 36 учбових годин.

I. ВСТУП

Життя та екологія. Основні закони еволюції складних систем та екологія.

Закон зростання ентропії в зачинених системах. Живі істоти як відчинені системи.

II. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ – КОЛИСКА ЛЮДСЬКОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ

Будова Землі. Проблема зміни клімату на Землі та еволюція різних форм життя.

Вулканічна діяльність та рух материків як можливі причини пониження температури на поверхні Землі.

III. СОНЦЕ ТА ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Будова Сонця та джерела сонячної енергії. Сонячна активність.

Вплив електромагнітного та корпускулярного випромінювання Сонця на екологічну систему Землі.

Еволюція Сонця та прогнози зміни клімату на Землі.

IV. ТЕОРІЯ КАТАСТРОФ ТА ЕКОЛОГІЯ.

Ймовірність зіткнення Землі з планетами, астероїдами та кометами.

Космічні катастрофи у минулому як можливі причини зміни клімату на Землі.

Міжнародна служба захисту Землі від зіткнення з астероїдами.

V. ЕКОЛОГІЯ КОСМІЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ.

Особливості життя у космічному кораблі. Невагомість та штучне тяжіння. Фізіологічні та психологічні аспекти життя за межами Землі.

Участь України у міжнародних космічних програмах. Колонізація планет та їх супутників.

VI. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ КОНТАКТІВ З ПОЗАЗЕМНИМИ ЦИВІЛІЗАЦІЯМИ

Програма SETI – міжнародна програма пошуків позаземних цивілізацій.

Формула Дрейка та можливість контактів 1-го, 2-го та 3-го типу.

Можливі екологічні наслідки контактів з позаземними цивілізаціями. Основи космічної етики.

1. *Alvarez L.W., Alvarez W., Asaro F., Michel H.V.*, Extraterrestrial cause or the Cretaceous // Tertiary extinction. – Science. – 1980. – 208. – P.1095.
2. *Chaisson E., McMillan S.* Astronomy today. – New Jersey, 1993.
3. *Dressler B.O., Grieve R.A.F., Sharpton V.L.* (eds.), Large meteorite impacts and planetary evolution // Geological Society of America Special Paper. – 1994. – 293. – 348 p.
4. *Grieve, R.A.F.* Terrestrial Impact Structures // Annual Reviews of Earth and Planetary Science. – 1987. – 15. – P.245–270.
5. Космическое вещество на Земле. – Новосибирск, 1976.
6. *Melosh H.J.*, Impact Cratering: A Geological Process. – Oxford University Press, New York, 1989. – 245 p.
7. *Мирошниченко Л.И.* Солнечная активность и Земля. – Москва, 1981.
8. *Пришляк М.П.* // Астрономія. – Київ, 1993.
9. *Roddy D.J., Pepin R.O., Merrill R.B.* (eds.), Impact and Explosion Cratering. – Pergamon Press, New York, 1977. – 1301 p.
10. *Sharpton, V. L., Ward P.D.* (eds), Global catastrophes in Earth history // Geological Society of America Special Paper. – 1990. – 247. – 631 p.
11. *Sharpton V.L., Dalrymple G.B., Ryder G., Churaytz B.C., Urrutia-Fucugauchi J.*, New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous // Tertiary boundary, Nature. – 1992. – 359. – P.819–821.
12. *Sharpton V.L., et al.*, Chicxulub Multiring Impact Basin: Size and other characteristics derived from gravity analysis, Science, 261, pp. 1564–1567, 1993.
13. *Silver L.T., Schultz P.H.*, (eds), Geological implications of impacts of large asteroids and comets on the Earth // Geological Society of America Special Paper. – 1982 – 190. – P.128.

Надійшла до редакції 15.10.2001