

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/370951647>

Формування вулканічних структур (на прикладі вулканів Венери)

Conference Paper · May 2023

CITATIONS

0

READS

12

1 author:



Serhii Kyryliuk

Chernivtsi National University

18 PUBLICATIONS 6 CITATIONS

SEE PROFILE

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ЛЬВІВСЬКЕ ВІДДІЛЕННЯ УКРАЇНСЬКОГО ГЕОГРАФІЧНОГО ТОВАРИСТВА
ГЕОГРАФІЧНА КОМІСІЯ НАУКОВОГО ТОВАРИСТВА імені ШЕВЧЕНКА
ТЮБІНГЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕБЕРХАРДА КАРЛА



ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП

МАТЕРІАЛИ

**міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої
140-річчю географії у Львівському університеті**

(Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.)

GEOGRAPHICAL EDUCATION AND SCIENCE: CHALLENGES AND ADVANCEMENT

PROCEEDINGS

**of the International Scientific and Practical Conference Dedicated
to the 140th Anniversary of Geography at Lviv University**

(Ukraine, Lviv, 18–20 May 2023)

Львів–2023



Міжнародна науково-практична конференція
«ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП»,
присвячена 140-річчю географії у Львівському університеті
Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.

*

УДК 523.42

**ФОРМУВАННЯ ВУЛКАНІЧНИХ СТРУКТУР (НА ПРИКЛАДІ
ВУЛКАНІВ ВЕНЕРИ)**

Сергій Кирилюк

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, Україна

Тектонічні та вулканічні характеристики поверхні Венери загалом вивчені погано, втім всі вони повинні бути тісно пов'язані з механізмом, за допомогою якого Венера витрачає внутрішнє тепло. Саме цей механізм є головним у формуванні та еволюції поверхневих вулканічних форм Венери (щитові вулкани, корони, арахноїди та астри). Загалом всі ці утворення, крім щитових вулканів, формуються шляхом підйому та релаксації мантійного плюму. Відповідно від швидкості його підйому залежить механізм релаксації, що і призводить до формування різних поверхневих вулканічних структур, оскільки час їх утворення, в такому випадку, варіюється.

Ключові слова: Венера, вулкан, корони, арахноїди, астри.

**FORMATION OF VOLCANIC STRUCTURES (ON THE EXAMPLE
OF VENUS'S VOLCANOES)**

Serhii Kyryliuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine

The tectonic and volcanic characteristics of the surface of Venus are generally poorly understood, but they must all be closely related to the mechanism by which Venus expends internal heat. It is this mechanism that is the main one in the formation and evolution of the surface volcanic forms of Venus (shield volcanoes, crowns, arachnoids and novae). In general, all these formations, except for shield volcanoes, are formed by the rise and relaxation of the mantle plume. Accordingly, the mechanism of relaxation depends on the rate of its rise, which leads to the formation of various surface volcanic structures, since the time of their formation in this case varies.

Keywords: Venus, volcano, crowns, arachnoids, novae.

Формування вулканічних структур Венери. Венера майже така ж велика, як Земля та має такий, або навіть більший тепловий потенціал, ніж наша планета. Це сприяє довготривалій вулканічній активності, на відміну від інших планет земної групи.

За попередньою оцінкою екструзійні вулканічні матеріали складають близько 80 % поверхні планети, а форми вулканічних морфоструктур – сягають до 7 км заввишки і від кількох кілометрів до десятків і сотень кілометрів завширшки. До планетарних вулканічних утворень Венери належать і найбільші в Сонячній системі лавові рівнини, які простягаються на тисячі кілометрів [8].

За даними Nimmo, McKenzie [10] кора Венери переважно базальтового складу, повністю позбавлена води із середньою товщиною близько 30 км. Мантія має багат шарову будову, анало-



**Міжнародна науково-практична конференція
«ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП»,
присвячена 140-річчю географії у Львівському університеті
Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.**

гічний склад і середню температуру (~1300 °C), але більш високу в'язкість, ніж у Землі. Темпи генерації розплавів у верхній мантії обмежують товщину літосфери в межах 80–200 км. Еластична ж товщина літосфери дуже тонка, складає в середньому 30 км. Очевидна відсутність тектоніки плит може бути пов'язана з розвитком потужних розломів і високою в'язкістю мантіїної речовини. Більшість відмінностей між літосферними процесами на Землі та Венері пояснюється також відсутністю води.

Щільна вуглекисла атмосфера Венери гальмує процеси вихлопу газів з надр, що в свою чергу призводить до порушення руху магматичних потоків та пірокластичного вулканізму. Температура поверхні планети дуже висока (+470 °C), що на нашу думку призводить до збільшення часу охолодження магматичних тіл у приповерхневому шарі та підтримці часу життя лавових потоків на поверхні. Це дає можливість їм подовгу розтікатися і сягати рекордних розмірів. На відміну від тектоніки земних плит, на Венері панує підлітосферний механізм вулканізму: тепло з надр концентровано вивільняється лише в окремих вулканах, порівняно рівномірно розподілених на поверхні; більша частина ж тепла витрачається дисипативно, випромінюванням через літосферу.

Попередній аналіз даних глобального радарного картографування Венери AMC Magellan, що охоплює понад 90 % поверхні, дав можливість виявити понад 1660 вулканічних елементів [6]. До них належать понад 550 невеликих щитових вулканів діаметром <20 км, 274 середніх вулканів центрального типу діаметром від 20 до 100 км з диференційованою морфологією, 156 великих вулканів діаметром понад 100 км, 86 кальдерних структур, незалежно від їх асоціації з іншими вулканічними спорудами, з розмірами в межах 60–80 км у діаметрі, 175 корон, 259 арахноідів, 50 астр, 53 лавових потоки з аномально високою температурою та 50 звивистих лавових каналів 100–110 км у довжину. Ця кількість венеціанських вулканічних утворень із набуттям нових даних, напевно, зростатиме.

Переважає більшість форм рельєфу узгоджується з базальтовими поверхнями. Винятки проявляються в регіонах поширення вулканічних куполів з крутими схилами та фестончатими периферійними частинами. Діапазон морфологічних ознак ключових елементів венеціанської поверхні вказує на те, що на планеті діяв спектр домінуючих тектонічних та екструзійних процесів. Це підтверджується і численними великими вулканічними спорудами, які виступають додатковими свідченнями наявності у літосфері дуже великих резервуарів магми.

Розподіл ареалів великої кількості щитових вулканів, арахноідів, астр, корон різного розміру на поверхні Венери свідчить про те, що всі вони є поверхневим проявом мантіїних плюмів або точкових мантіїних виходів, а різноманітна морфологія вулканічних морфоструктур є варіацією розміру та стадії еволюції конкретного плюма. Карти глобального розподілу вулканічних структур також засвідчують, що вулканічні утворення всіх типів на Венері поширені глобально, на відміну від граничних концентрацій вулканічних областей, характерних для Землі. Проте така просторова закономірність розподілу структур на Венері не випадкова. Спостерігається дефіцит багатьох типів вулканічних споруд в межах низовин та більшості рівнин, що може бути зумовлено впливом атмосферного тиску (майже 100 земних атмосфер) на процеси формування підповерхневих резервуарів магми.

Основна концентрація вулканічних елементів спостерігається в регіонах *Beta*, *Atla* та *Themis*, сукупна площа яких охоплює майже 20 % поверхні, переважно в екваторіальній частині Венери. Ці регіони унікальним тим, що в них проявляються локальні концентрації вулканічних різногенетичних елементів, кількість яких в 3 рази перевищує загальнопланетарні показники. Для них характерна блокова будова з потужними системами розривних та деформаційних смуг. Окремі гірські пасма тут здіймаються до 5–6 км та простягаються на кілька тисяч кілометрів із супутніми гравітаційними аномаліями і тектонічними взаємодіями. Незважаючи на те, що регіони в цілому видаються старими і лише ненабагато молодшими за решту поверхні Венери, є дані, що тут відбувається найсучасніша вулканічна активність, що і підтверджується наявністю такої кількості вулканічних елементів [11].

На Венері були виявлені вулканічні регіони двох основних класів: вулканічні рівнини з невеликими ефузивними структурами, куполами і каналами, коронами (вінцями), арахноїдами та астрами, які формують магматично-тектонічні особливості венеціанської поверхні, та тектонічні структури з відносно незначними ефузивними проявами.



**Міжнародна науково-практична конференція
«ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП»,
присвячена 140-річчю географії у Львівському університеті
Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.**

Вулканічні рівнини умовно можна розділити на три основних типи: 1) сильно деформовані, 2) помірно деформовані та 3) недеформовані рівнини. Прояви цих трьох типів складають найпоширенішу поверхню Венери.

Вулканічні споруди та канали теж часто асоціюються з вулканічними рівнинами: дрібні вулкани та більшість округлих куполів корелюються із щитовими рівнинами, лавові канали характеризують незначно деформовані та рівнини з лопатеподібними периферійними частинами, а великі щитові вулкани сприяють розвитку значної частини рівнинних долин [14].

Основні типи вулканічних рівнин на Венері свідчать про відносну різницю віку окремих їхніх структурних частин у глобальному масштабі: в межах щитових рівнин поширюються молодші сильно деформовані елементи, а на рівнини з лопатеподібними периферійними частинами накладаються численні молодші лавові потоки. Ці вікові зв'язки та очевидна послідовність виникнення елементів поверхні дають можливість виокремити кілька етапів у новітній історії планети.

1. Тектонічний етап. Більшість тектонічно-активних територій визначають перший режим тектонічного домінування. За цей час, очевидно, утворилися регіони потужної кори (тесери). Обмежений рух окремих частин венеріанської літосфери та можливі епейрогенічні рухи призвели до формування хребтів і гірських поясів. Пізні фази давнього тектонічного режиму ознаменувалися взаємним розвитком тріщинного вулканізму та більшості корон. Всі тектонічно-активні місцевості першого тектонічного режиму, очевидно, призвели до формування локально-регіональних топографічних максимумів.

2. Вулканічний етап. Цей другий режим, імовірно, призвів до формування великих вулканічних рівнин – щитових і типових регіональних. Оцінка щільності ударних кратерів на регіональних рівнинах свідчить про те, що перші два режими (тектонічний і вулканічний) відбулися, імовірно, протягом першої третини спостережуваної історії (наголошуємо, що на Венері вдається реконструювати планетарну історію лише в межах останніх 500 млн років).

3. Рифтовий етап. Третій режим, під час якого сформувалися сучасні рівнини з долинами та рифтові пояси. Цей режим переважав останні дві третини спостережуваної історії Венери і пов'язаний з пізніми етапами розвитку куполоподібних вулканічних піднесень.

Невизначеним до кінця залишається питання стосовно сучасної вулканічної активності на Венері. Так, Bondarenko et al. [2] надали докази сучасного виверження вулканів і формування лавових потоків на Венері протягом останніх кількох десятиліть. Ними були проаналізовані радарні знімки високої роздільної здатності, отримані АМС *Magellan* із супутніми мікрохвильовими вимірюваннями в межах *Bereghinya Planitia* на Венері. Саме там раніше була виявлена підвищена температура частини поверхні регіону через ймовірне активне формування лавового потоку. Проаналізована ділянка наймолодша в регіоні і формувалася протягом кількох останніх десятиліть. Подібні температурні аномалії та поверхневі форми спостерігалися і на радарних знімках, отриманих *Pioneer Venus Orbiter* в 1978 р., але не отримали вичерпного пояснення [4]. Аналіз швидкості охолодження молодого лавового потоку та специфічних надрових характеристик вказують на матеріал лавового потоку мантійного складу. Очевидно, що майбутні місії по вивченню природи Венери можуть використовувати цю мікрохвильову радіометрію для пошуку та моніторингу сучасного вулканізму на Венері.

Ще одним доказом активного вулканізму на планеті є опрацьовані Campbell et al. [3] радарні знімки високої роздільної здатності окремих частин Beta Regio – гірської області Венери. В регіоні підтверджено наявність потужної тектонічної рифтової системи та пов'язаної з нею сучасної вулканічної активності. Відсутність ударних кратерів одночасно з явною суперпозицією вулканічної структури *Theia Mons* в межах рифтової системи свідчать про те, що хоча б незначна частина вулканічної активності відбулася у відносно недавньому минулому планети. На Венері є цілий ряд подібних гірських районів: *Aphrodite Terra*, *Dali Chasma*, *Diana Chasma* тощо. Всі ці утворення однозначно свідчать, що рифтогенез і вулканізм є основними сучасними геодинамічними проявами на планеті.

Також беззаперечним свідченням локальної сучасної вулканічної діяльності на планеті є підтримка глобального хмарного шару, який складається, переважно, із краплинок H_2SO_4 та може бути результатом тільки постійного активного вулканізму (для поповнення запасів SO_2 , оскільки діоксид сірки постійно вилучається із атмосфери в результаті реакцій з кальціє-



**Міжнародна науково-практична конференція
«ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП»,
присвячена 140-річчю географії у Львівському університеті
Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.**

місткими гірськими породами на поверхні планети). За оцінкою Barker [1] необхідний рівень надходження вулканічних порід на поверхню планети, від якого залежить стабільний вміст сірки в атмосфері, варіює в межах 0,4–11 км³ магми на рік. За даними *Venera 13, 14* та *Vega 2, 5* і ця кількість не перевищує 1 км³/рік [5]. Така різниця в даних може парадоксально свідчити, що Венера, при всьому цьому, менш вулканічно активна, ніж Земля.

Створення глобальної карти надр Венери дало можливість встановити відносні вікові зіставлення, просторовий розподіл та морфоструктурні конфігурації основних морфолітогенних елементів поверхні Венери та вирішити ряд важливих проблем вулканічної історії планети [9]. Ці напрацьовані літоморфологічні дані про надра Венери використовуються для: 1 – оцінки стратиграфічного положення вулканічних елементів та їхньої морфоструктурної конфігурації; 2 – визначення їх взаємозв'язку з надровими і тектонічними структурами; 3 – виявлення змін вулканічних сценаріїв та їх вплив на формування лавових потоків і їх активності відносно часу; 4 – визначення топографічної конфігурації та вікових співвідношень вулканічних елементів із навколишніми рівнинами.

Як згадано, регіональні рівнини – найпоширеніші вулканічні елементи на поверхні Венери. Ударні кратери в їхніх межах, які часто трапляються на Марсі та Меркурії в межах подібних поверхневих структур, тут рідкісні. Ймовірно, всі вони були стерті під час утворення регіональних рівнин. Великі рівнини мають і дуже малу кількість затоплених лавою кратерів, що свідчить про масові вулканічні «повені», які охоплювали велетенські площі поверхні планети. На відміну від регіональних рівнин, на Венері простежуються молодші та менше поширені рівнини, що розвинулися на периферійних частинах гірських регіонів. В їхніх межах вдається виокремити групи різновікових ударних кратерів. Це означає, що формування периферійних рівнин було рівномірнішим у часі, з синхронним зростанням кількості ударних кратерів.

На Венері чітко вирізняються дві основні групи топографічних рівнів: платоподібні, або райони тесер і куполоподібні рифтові підняття. Тесери найстаріші елементи поверхні, а їх зв'язок з платоподібними високогір'ями дає можливість припустити, що вони утворилися на початку новітньої історії планети, одразу після повного переформатування венеріанської кори.

Регіональні рівнини переважно виникли у депресивних регіонах. Співвідношення старих тектонічних елементів із гігантськими вулканічними рівнинами свідчить, що основні риси формування висотних рівнів на Венері відбувалися виключно по відношенню до регіональних рівнин. Характерні риси рівнин з долинами та рифтовими поясами відповідають гравітаційним і топографічним підняттям і можливо, окремі їх частини були активними в останні періоди планетарної історії Венери. Денудація гірських елементів та характер конфігурації регіональних рівнин і рівнин з долинами вказують на те, що початок формування рифтових піднять майже збігається із формуванням регіональних рівнин.

Основні вулканічні рівнини мають різну морфологію, яка вказує на різні механізми їх вулканічного формування. Скупчення дрібних вулканічних споруд в межах старих щитових рівнин вказують, що джерела їх утворення були майже глобально розподілені на планеті, але надходження магми в окремих активних районах було обмеженим. Вулканічні куполи зі стрімкими схилами також асоціюються із щитовими рівнинами. Невеликі розміри вулканічних елементів щитових рівнин та їх зв'язок з куполами узгоджуються з можливістю існування в'язкої магми в літосферних резервуарах. Регіональні рівнини, які повсюдно прилягають до щитових, дуже протяжні, загалом ними зайнята 1/3 поверхні Венери. Втім, дотепер достеменно не встановлені джерела й механізми їх формування. Загалом морфологічні особливості регіональних рівнин переконливо свідчать, що вони, очевидно, формувалися внаслідок надпотужних вулканічних вивержень з майже глобальним розподілом вулканічного матеріалу. Механізм вулканізму, який сформував молоді рівнини з долинами, відрізнявся від механізму формування щитових і регіональних вулканічних рівнин. Численні та відносно свіжі лавові потоки на цих рівнинах свідчать про кілька глобальних циклів вулканічної активності. Розподіл ж ареалів рівнин з лопатеподібною периферією вказує, що джерела їх формування були дискретними і що вони активізувалися в різних частинах планети у різний час. Кілька векторів поширення рівнин свідчать про те, що молоді рівнини формувалися протягом тривалого періоду часу, відразу після стабілізації розвитку регіональних рівнин і до недавнього планетарного минулого.



**Міжнародна науково-практична конференція
«ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП»,
присвячена 140-річчю географії у Львівському університеті
Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.**

Оцінка обсягів основних вулканічних вузлів на Венері вказує, що щитові й регіональні рівнини є основними джерелами вулканічної денудації на Венері. Загальний обсяг вулканічних матеріалів, що потрапили на поверхню під час останнього вулканологічного циклу, оцінюється приблизно від 140 до 200•10⁶ км³ [7]. На відміну від цих даних, сумарний розрахований об'єм рівнин з лопатеподібною периферією є набагато меншим, ~20–30•10⁶ км³, що відповідає вулканічному потоку, який майже на порядок менший, ніж середній вулканічний потік на Землі [12].

Тектонічні та вулканічні характеристики поверхні Венери загалом вивчені погано, втім достеменно відомо, що всі вони повинні бути тісно пов'язані з механізмом, за яким Венера витрачає внутрішнє тепло.

На інших землеподібних планетах і супутниках Сонячної системи в літосферному тепловому переносі переважає один із трьох механізмів: літосферна рециркуляція, літосферна провідність та точковий вулканізм [13].

Завдяки дослідженню Венери – сестри Землі за багатьма параметрами – з різних АМС, але насамперед з АМС «Венера-15», «Венера-16» і «Магеллан», складена майже повна (98 %) карта поверхні Венери з радарних зображень, що дало можливість виокремити різноманітні типи поверхні, встановити їхню структуру, приблизні вікові співвідношення та наблизитись до реконструювання історії розвитку планети за останні 500 млн р. Що було до цього, тобто протягом 4,0 млрд р., досі залишається загадкою. Ті структурні форми, які спостерігаються на Венері, непритаманні Землі, крім рифтів і лавових потоків. Цілком можливо, що місцевості типу тессер і лавових рівнин існували й на Землі, але в ранній архейський час, тобто в інтервалі 4,0–3,0 млрд р. тому, коли земна кора ще тільки формувалася, була тонкою, а під нею перебувала сильно розігріта мантія.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Barker E. S. Detection of SO₂ in the UV spectrum of Venus. *Geophysical Research Letters*. 1976. Vol. 6. No 2. P. 117–120.
2. Bondarenko N. V., Head J. W., Ivanov M. A. Present-day volcanism on Venus: evidence from microwave radiometry. *Geophysical Research Letters*. 2010. Vol. 37, No 23. CiteID L23202.
3. Campbell D. B., Head J. W., Harmon J. K., Hine A. A. Venus: Volcanism and rift formation in Beta Regio. *Science*. 1984. Vol. 226. No 4671. P 167–170.
4. Crumpler L. S., Aubele J. C., Senske D. A., Keddie S. T., Magee K. P., Head J. W. Volcanoes and centers of volcanism on Venus, Venus II. *Geology, Geophysics, Atmosphere, and Solar Wind Environment*. 1997. P. 697–756.
5. Fegley Jr B., Prinn R. G. Estimation of the rate of volcanism on Venus from reaction rate measurements. *Nature*. 1989. Vol. 337. No 6202. P. 55–58.
6. Head J. W., Crumpler L. S., Aubele J. C., Guest J., Saunders S. R. Venus volcanism: classification of volcanic features and structures, associations, and global distribution from Magellan data. *Journal of Geophysical Research*. 1992. Vol. 97. No E8. P. 13153–13197.
7. Head J. W., Wilson L. Volcanic processes and landforms on Venus: Theory, predictions, and observations. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 1986. Vol. 91. No B9. P. 9407–9446.
8. Ivanov M. A., Crumpler L. S., Aubele J. C., Head J. W. Volcanism on Venus. *The Encyclopedia of Volcanoes*. 2015. P. 729–746.
9. Ivanov M.A., Head J.W. The history of volcanism on Venus. *Planetary and Space Science*. 2013. Vol. 84. P. 66–92.
10. Nimmo F., McKenzie D. Volcanism and tectonics on Venus. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 1998. Vol. 26, No 1. P. 23–51.
11. Pavri B., Head J. W., Klose K. B., Wilson L. Steep-sided domes on Venus: Characteristics, geologic setting, and eruption conditions from Magellan data. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 1992. Vol. 97, No E8. P. 13445–13478.
12. Schaber G. G. Venus limited extension and volcanism along zones of lithospheric weakness. *Geophysical Research Letters*. 1982. Vol. 9. P. 499–502.
13. Solomon S. C., Head J. W. Mechanisms for lithospheric heat transport on Venus: Implications for tectonic style and volcanism. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. 1982. Vol. 87. No B11. P. 9236–9246
14. Squyres S. W., Jankowski D. G., Simons M., Solomon S. C., Hager B. H., McGill G. E. Plains tectonism on Venus: The deformation belts of Lavinia Planitia. *Journal of Geophysical Research: Planets*. 1992. Vol. 97, No E8. P. 13579–13599.

* * *



Міжнародна науково-практична конференція
«ГЕОГРАФІЧНА ОСВІТА І НАУКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП»,
присвячена 140-річчю географії у Львівському університеті
Україна, м. Львів, 18–20 травня 2023 р.

Руслан Озимко, Володимир Мельничук ТЕМПЕРАТУРНІ АНОМАЛІЇ В ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ ПРОТЯГОМ ГРУДНЯ–СІЧНЯ 2022–2023 РР.	53
Леонід Льїн ТЕХНОГЕННІ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОЗЕР ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ	57
Йосип Гілецький, Ірина Закутинська ТОПОНІМІЯ ТАКСОНОМІЧНИХ ОДИНИЦЬ ПРИРОДНИЧО-ГЕОГРАФІЧНОГО РАЙОНУВАННЯ	60
Людмила Костенюк ЦИКЛІЧНІ ЗМІНИ ВОДНОСТІ РІКИ БІЛИЙ ЧЕРЕМОШ	63
Віталіна Федонюк, Олександра Гусар, Микола Федонюк ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ХМАРНОСТІ У ЛУЦЬКУ В КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ	67
Євген Іванов, Маргарита Кірейчук ПРИРОДНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ РОЗРОБЛЕННЯ ДРАГУНСЬКОГО РОДОВИЩА МОНЦОНІТІВ У ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ	71
Володимир Швайко, Віктор Чехній ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЛАНДШАФТИ (НА ПРИКЛАДІ КИЇНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)	76
Григорій Денисик, Олексій Ситник, Ірина Кравцова АНТРОПОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛАНДШАФТНОЇ СТРУКТУРИ ГАЙВОРОНСЬКОГО РЕГІОНУ	82
СЕКЦІЯ «ГЕОМОРФОЛОГІЯ І ПАЛЕОГЕОГРАФІЯ»	
Жанна Матвіїшина, Анатолій Кушнір, Олександр Пархоменко ГЕОАРХЕОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АНТИЧНИХ ПАМ'ЯТОК ПІВНІЧНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я (НА ПРИКЛАДІ ОЛЬВІЇ)	87
Анатолій Корнус ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ПЛЕЙСТОЦЕНУ-ГОЛОЦЕНУ ТА ЇХ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ ОПІЛЬСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ СУМСЬКОГО ПОДЕСІННЯ	90
Сергій Бортник, Наталія Погорільчук, Ольга Ковтонюк РИСУНОК ЕРОЗІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЯК ОСНОВА МОРФОСТРУКТУРНОГО РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ	93
Уляна Костюк, Богдан Рідуш ЛІТОЛОГО-СТРАТИГРАФІЧНІ УМОВИ ЗАКАРСТУВАННЯ ГІПСОВОЇ ТОВЩІ БАДЕНІЮ ПОКУТТЯ (С. ОДАЇВ, ПЕЧЕРА ДУМКА)	96
Сергій Кармазиненко, Сергій Рижов ПАЛЕОПЕДОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДКЛАДІВ ПІЗНЬОГО КАЙНОЗОУ АРХЕОЛОГІЧНОГО МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ НИЖНОГО ПАЛЕОЛІТУ ВЕЛИКИЙ ШОЛЕС НА ЗАКАРПАТТІ	99
Сергій Кирилюк ФОРМУВАННЯ ВУЛКАНІЧНИХ СТРУКТУР (НА ПРИКЛАДІ ВУЛКАНІВ ВЕНЕРИ)	104
Андрій Івченко, Жанна Матвіїшина, Сергій Кармазиненко, Сергій Дорошкевич, Анатолій Кушнір, Олександр Мацібора ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНІ ЧИННИКИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ І НАКОПИЧЕННЯ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ В УКРАЇНІ	109
Андрій Богуцький, Олена Томенюк УКРАЇНСЬКО-ПОЛЬСЬКА НАУКОВА СПІВПРАЦЯ У СФЕРІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАМ'ЯТОК ПАЛЕОЛІТУ ЗАХОДУ УКРАЇНИ	113

Наукове видання

ГЕОГРАФІЧНА НАУКА І ПРАКТИКА: ВИКЛИКИ І ПОСТУП

МАТЕРІАЛИ
міжнародної науково-практичної конференції,
присвяченої 140-річчю географії
у Львівському університеті

(Львівський національний
університет імені Івана Франка,
м. Львів, 18–20 травня 2023 р.)

У трьох томах. Том другий

Українською, англійською, польською мовами

Відповідальні редактори:
В. І. Біланюк, Є. А. Іванов

Друкується за ухвалою Вченої ради географічного факультету
Львівського національного університету імені Івана Франка.
Протокол № 3 від 19 квітня 2023 р.

Укладач: *Євген Іванов*
Дизайн обкладинки: *Ігор Дикий*

Підп. до друку 05.05.2023. Формат 60×81 1/8.
Папір друк. Друк різогр. Гарнітура Cambria.
Умовн. друк. арк. ____ Наклад 200 прим. Зам. ____

Львівський національний університет імені Івана Франка
79000, м. Львів, вул. Університетська, 1

Надруковано з готових діапозитивів у друкарні ТзОВ «Простір-М»
79000, м. Львів, вул. Чайковського, 8.