

belong to, thus predetermining the required conditions for distribution of forces and specialists. Such issues are the result of the delayed practical implementation of Landscape Science knowledge and theoretical insights in general, as well as the result of the unresolved problems associated with several functional effects (most of all, cumulative). Resolution of these would create the conditions for elaborating more efficient optimization schemes. Provided ecological assessment is based on the scientifically grounded defining of the environment (for urban systems of buildings, industrial objects, transport routes, urban flora and fauna, and urban residents), functional variability and its predicted spatiotemporal development, this is the sphere where the problems occur. These are mostly related to functional interpretation of ecological assessment of urban systems. It is the functional variability of environmental states of landscape systems that creates the issues on the background of which it is important to apply adequate functional approach to determine their sustainability. The problem is that among the set of interrelated environmental states of any landscape system, there often exist several or only one state that could be characterized by extremely hazardous indicators. It is quite hard to identify such a state and apply it in the process of ecological associated with the necessity to consider overlapping environmental effects, each of them having different level of sustainability. In fact, we are witnessing a certain phenomenon of integrated sustainability in almost every landscape constituent of the urban system. Whereas, for the purposes of adequate assessment, the priority should belong to the most hazardous environmental effect. In other words, individual and integrated approaches overlap. There are also other challenges related to the landscape and environment assessment of urban systems. Taking them into account requires significant preliminary research and generalization.

*Keywords:* urban system, landscape and environmental issues.

**Терлецька О.В. Проблемы ландшафтно-экологических исследований и оценивания урбосистем на примере Дрогобыча.** Проанализированные проблемы ландшафтно-экологического оценивания урбосистем дают возможность раскрыть их главные особенности, что создает условия для создания и практической реализации городских схем экологической оптимизации. Показано, что кроме только ландшафтной структуры урбосистемы необходимо учитывать особенности ее состояний, прежде всего в суточной и сезонной изменчивости. Совокупность проанализированных экологических проблем позволяет их дифференцировать по отношению к отдельным этапам экологического оценивания, что создает условия для необходимого распределения усилий и специалистов. Такие проблемы прежде всего возникают вследствие отставания практического применения ландшафтных знаний и теоретических наработок ландшафтоведения и в более общем плане всего природоведения, а также нерешенностью определенных проблем связанных с некоторыми функциональными эффектами, прежде всего кумулятивными. Их решение создаст условия для создания более эффективных схем оптимизации.

*Ключевые слова:* урбосистема, ландшафтно-экологическое состояние, экологические проблемы.

УДК 911. 52 : 512.54.01 : 523.3

**Кирилюк С. М., Кирилюк О. В.**

*Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича*

### **ЛАНДШАФТИ УДАРНИХ КРАТЕРІВ МІСЯЦЯ**

*Ключові слова:* Місяць, кратер, ландшафтний комплекс, еволюція поверхні

**Вступ.** Процес формування ударно-вибухових кратерів є добре вивченим. Також здійснене достатньо детальне вивчення геології місячної поверхні [55]. Проте більшість аспектів еволюції ландшафтних комплексів кільцевих структур Місяця та дотичних до них територій залишаються маловивченими. Нами були здійснені числені спроби розробки методики ландшафтного картографування місячної поверхні, які висвітлені в ряді робіт [43, 45].

**Критичний аналіз проблематики.** Формування ударних радіально-концентричних структур є добре вивченим процесом та складає цілий розділ вибухової гео-

механіки [21, 1, 22]. Складовою цього розділу є вивчення роботи газоподібних продуктів вибуху в порожнині, що розширюється відповідно до міцності речовини й сили тяжіння в кожному конкретному випадку.

Також добре вивченою є одна з найперших стадій – передачі енергії речовини мішені. Ця теорія, перш за все, розроблена для звичайних вибухів в умовах Землі. Проте більшість її позицій можна з успіхом застосувати й при вивченні високошвидкісних ударів. Головна відмінність при цьому полягає в тому, що високошвидкісний ударник як джерело вибухового руху, має кінцеву величину початкового імпульсу, на відміну від

сконцентрованого вибухового джерела енергії, що має, як правило, певну симетрію. На ранніх етапах досліджень ця обставина вносила в процес пізнання значні труднощі. Вирішення проблеми симетрії джерела енергії було здійснено Зельдовичем та Райзером [13].

На стадії передачі енергії та виникнення ударних хвиль визначальними в подальшому кратероформуванні з супутнім утворенням рельєфної морфоструктури певної вираженості є співвідношення тиску в ударному джерелі та можливостях ущільнення речовини мішені. На завершальних стадіях формування радіально-концентричної структури незначна швидкість переміщення збудженого середовища порівняно зі швидкістю поширення звукових коливань, дає можливість розглядати завершальну стадію кратероформування в умовах, наближених до неущільненого середовища. Також такий підхід, до певної міри, полегшує розуміння структурної організації ландшафтного середовища щойно сформованої радіально-концентричної морфоструктури та стає елементом процесу ландшафтного моделювання. У ідеальному випадку це має бути рух збудженого середовища, яке володіє певними властивостями міцності. Що ж стосується гірських порід, то тут необхідно враховувати дилатансійний ефект, а неущільнене середовище розглядати як незначний вплив хвильових процесів. Початок подібного підходу до опису кратероформування було покладено в роботах Станюковича і Фединського [30] та Станюковича [27-29] які розглядали цей процес як вибух ударника, який спочатку проник в приповерхневі шари мішені на певну глибину. Відповідно до цієї моделі гірські породи починають рухатися по радіус-векторам, що походять із заглибленої точки вибуху. Втім, пізніше виявилось, що високошвидкісний удар здебільшого подібний до контактного або незаглибленого вибуху.

Однією з перших експериментальних робіт, виконаної виключно з метою моделювання кратероформування, є робота Wegener [54]. У 1950-х рр. методика, запропонована Вегенером, була використана Сабанєєвим [23], який провів серію дослідів з великою різноманітністю властивостей речовини мішені при швидкостях зіткнення від 1 до 8 м/с. Велику кількість експериментального матеріалу щодо лабораторного моделювання кратероформування було

розглянуто в працях Базилевського та Іванова [2] і Іванова [14].

Для лабораторних досліджень процесу кратероформування зазвичай використовують сухий пісок. Цей матеріал з успіхом був використаний для моделювання переміщення великих мас гірських порід під час вибуху та формуванні викидів [24, 21]. Практично не володіючи зчепленням між структурними частинами, сухий пісок в лабораторному масштабі дає можливість досліджувати вплив сили тяжіння на кратероформування. Ця властивість піску з великим успіхом використовується при відцентровому моделюванні.

Головні позиції методу відцентрового моделювання при ударних вибухах описані Покровським і Федоровим [20], а питання теорії моделювання вибухових процесів розроблені Седовим [25]. Найбільш повно в більшості наступних робіт до уваги брався випадок заглибленого вибуху на формування викидів. В цьому випадку відносний вплив сили тяжіння на процес утворення кратерної морфоструктури може бути оцінений шляхом порівняння енергії вибуху та потенційної енергії безпосередньо в поле тяжіння маси ґрунту, що викидається. Проведені експерименти підтвердили принципову можливість моделювання великомасштабних вибухів на формування викидів із допомогою зміни ефективних масових сил, які досягаються шляхом використання прискорювачів [9, 3].

Загалом значний вклад в розвиток уявлень про формування ударно-вибухових кратерів та кільцевих структур внесли Буш [8], Зейлик [12], Соловйов [26], Масайтіс та ін. [19], Давиденко та Зубков [11], Борисов та Глух [4], Кац та ін. [15, 16], Брюханов та ін. [6], Хряніна [32], French [38], Melosh [47], Фельдман [31], Grieve [40], Shoemaker and Shoemaker [52]; Grieve et al [40].

При вивченні ландшафтних комплексів кратерів Місяця ми відштовхувалися від його рельєфного континууму. Тут слід наголосити на тому факті, що до цих пір між вченими, особливо геоморфологами, точаться суперечки стосовно самого поняття «рельєф». Всю палітру поглядів та їх еволюцію можна віднайти в багатьох працях, серед них вирізняються роботи Davis [36], Penck and Penck [49], Щукін [33], Геренчук та ін. [10], Ласточкин [18]. Наші погляди на рельєф висвітлені в цілому ряді праць [16, 43] та до певної міри збігаються з ідеями О. М. Ласточкина, який запропонував розділяти

поняття «поверхня планети» та «рельєф», аргументуючи цю думку тим, що поверхня планети земного типу – це передусім матеріальна структура, а сам рельєф – наслідок відображення у свідомості людини конкретних особливостей та властивостей планетарної поверхні [18].

**Територія дослідження.** Для вивчення еволюції кратерних ландшафтів нами були обрані місячні кратери середнього розміру, які виникли в межах основних місячних геологічних періодів. Серед них Pomortsev (Dubiago P) (донектарійський період), Yerkes (імбрійський), Picard (ератосфенський), Menelaus (коперніканський період) (рис. 1).

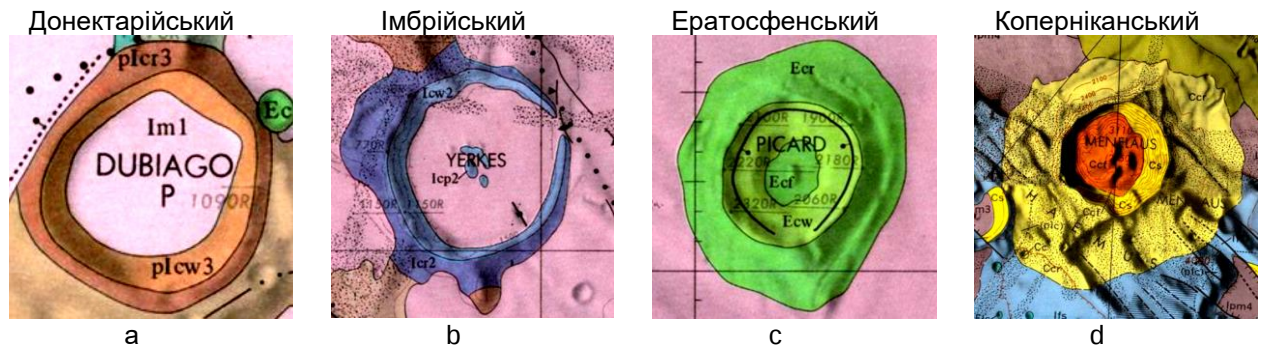


Рис. 1 – Ключові кратери, що обрані для ландшафтного моделювання: а) Pomortsev (Dubiago P) б) Yerkes; в) Picard and д) Menelaus (Carr, 1966; Olson, Wilhelms, 1974).

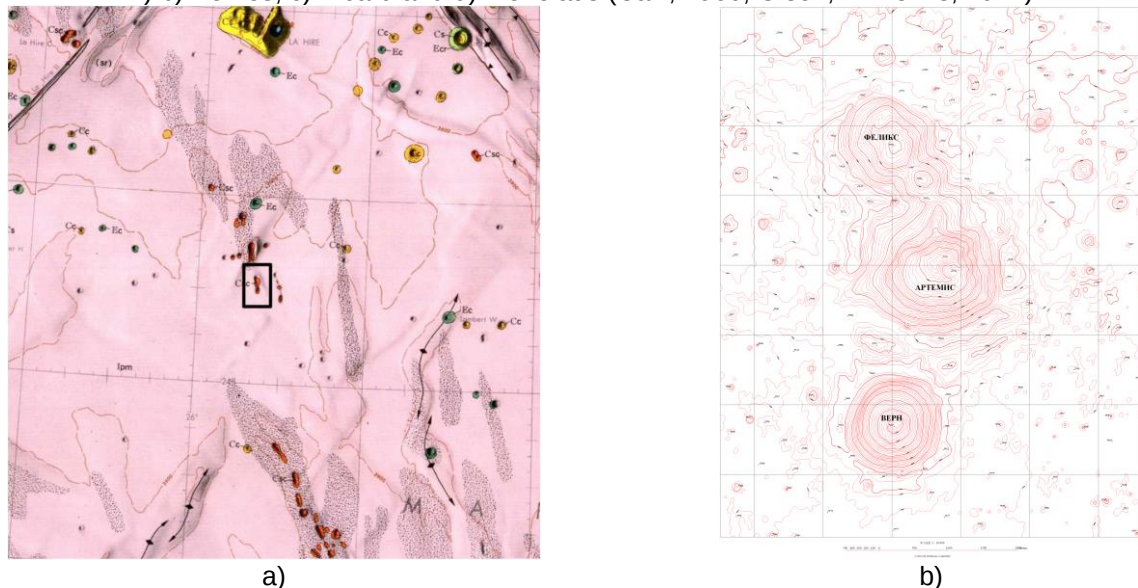


Рис. 2 – Базові картографічні зображення: а) Геологічні структури Artemis (Carr, 1965) б) Artemis, Felix, Verne (Lunar topophotomap of Artemis, 1971)

Морфометричний аналіз ми виконали для малих кратерів: Артемід, Фелікс та Верн, що знаходяться в межах двох геологічних структур: 1) *Морські відміни*, що характеризуються відносно гладкою поверхнею, яка лише в окремих місцях порушена невеликими височинами. 2) *Утворення вторинних кратерів*, сформованих під впливом викидів під час утворення великих кратерів, або зі старших утворень, які не збереглися до теперішнього часу (рис. 2).

**Коротка геологічна історія Місяця. Розвиток та еволюція ландшафтів місячних кратерів.** Найбільш детально геологічна історія поверхні Місяця рекон-

струйована Wilhelms [55], і нижче ми дотримуємося його схеми.

Передбачається, що становлення місячної кори закінчилося між 4,4 і 4,2 млрд. років, неодноразово в різних частинах планети. Які структури і в якій кількості існували в той час, оцінити неможливо, оскільки всі вони практично стерті тривалим інтенсивним метеоритним бомбардуванням.

*Донектарійський або гіппархівський період* починається з епохи консолідації місячної кори і триває до початку формування нектарійських басейнів [51]. За цей час було утворено близько 3400 кратерів з діаметрами 30-300 км і 28-30 басейнів з

поперечниками понад 300 км. Одні лише басейни з їх викидами відповідних розмірів повинні були перекрити до 85 % поверхні Місяця. Структури цього періоду сильно зруйновані, спотворені і перекриті, а найдавніші з них зруйновані настільки, що ледь розрізняються. Тому немає підстав вважати, що басейни цього і наступного періодів створені якимось сплеском бомбардування – просто всі більш древні форми зникли.

*Нектарійський період* – це час формування 10-12 відносно добре збережених басейнів. У басейнів морів Нектар, Криз і Вологості розрізняється частина полів викидів з їх первинною скульптурою і скупченнями вторинних кратерів. Кратери цього періоду називаються також птолемеєвськими [7], їх повинно було утворитися приблизно в 2,5 рази менше, ніж гіппархівських (у тих же інтервалах розмірів). Зазвичай вони мають добре виражені вали і центральні гірки з дещо заглибленими днищами (щодо навколишньої місцевості). Абсолютний вік басейнів визначався за зразками «Аполонів» [53, 50] та «Луны-20», які, ймовірно, належать до товщі викидів морів Нектар, Криз і Ясності. Вони коливаються в межах 3,85-3,95 млрд. років.

*Імбрійський період* включає появу двох найбільших басейнів – Моря Дощів близько 3,85 млрд. років (за датуванням його викидів в місцях посадок «Аполонів») і Моря Східного, приблизно на 50 млн. років пізніше (за підрахунками густини кратерів) і заповнення цих та ряду інших басейнів базальтами віком 3,2-2,5 млрд. років.

Wilhelms [55] називає перший етап *ранньоімбрійським*, другий – *пізньоімбрійським*. У пізньоімбрійський етап потрапляє також популяція, так званих, архімедових кратерів, утворених після цих двох великих басейнів, але ще до заповнення їх базальтами або синхронно з виливами. Очевидно, в цей етап з'явилася і більшість вулканічних кратерів і вулканів як в морях, так і на материках. Треба відзначити, що незважаючи на порівняно невелику різницю в абсолютному віці цих двох басейнів – Море Східне виглядає набагато свіжішим, ніж Море Дощів. Мабуть, це пояснюється тим, що при утворенні кожного нового басейну грандіозні місяцетруси, що супроводжували удар, призводили до значної деградації попередніх структур.

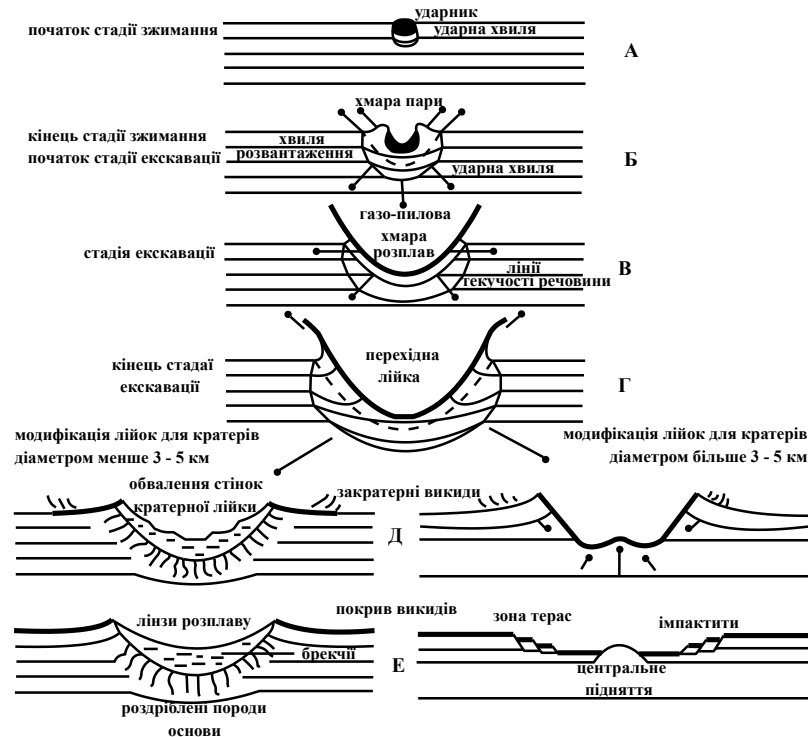
*Ератосфенський період* – приблизно з 2,5 до 1 млрд. років характеризується утворенням рідкісних ударних кратерів, не перекритих лавами, що зберегли первинну скульптуру валу і вторинні кратери, але втратили світлі променеві системи.

Метеоритний потік до кінця цього інтервалу, мабуть, дійшов до сучасного рівня. На окремих ділянках спорадичні виливи лав тривали до кінця періоду [42].

*Коперніканський період* – час формування наймолодших ударних кратерів з незруйнованими світлими променевими системами. Абсолютний вік речовини, викинутої з ранніх коперніканських кратерів, ймовірно, лежить в межах 0,8–1,3 млрд. років. На днищах і валах великих коперніканських кратерів видно вулканічні структури, які, судячи з деяких ознак, формувалися тривалий час. Однак літосфера до початку цього періоду досягла потужності сотень кілометрів, що обмежувало можливість подачі розплавів на поверхню. Можливо, масштаби ударного плавлення під великими кратерами були більші, ніж прийнято вважати. Таким чином, до теперішнього часу досить добре встановлена відносна роль ударних і вулканічних процесів на Місяці та особливості ударних і ендегенних структур, з'ясовано в загальних рисах будову місячної кори та створена хронологічна шкала етапів формування її поверхні.

**Механізм утворення ударно-вибухових кратерів та їх ландшафтна еволюція.** Спільними зусиллями геологів і фізиків в даний час створені моделі, що дозволяють добре описувати формування кратера, принаймні на його початкових етапах. В даний час прийнято для зручності виділяти три стадії утворення порожнини, кратера, – стадія стиснення, стадія екскавації і стадія модифікації [47]. Межі між ними повністю умовні, проте кожна стадія характеризується тим або іншим превалюючим моментом (рис. 3).

**Морфометричний аналіз та його значення для розуміння еволюції місячних ландшафтів.** Морфометричний аналіз був проведений для кратерів Фелікс, Артемід та Верн. Основні показники, за якими був здійснений аналіз, наступні: гіпсометрія, експозиція, крутизна, ефективна площа (напруженість рельєфу).



**Рис. 3 – Діаграми, що схематично показують в розрізі утворення вибухових метеоритних кратерів в шаруватій мішені.** а) початкове проникнення ударника в мішень, що супроводжується утворенням сферичної ударної хвилі, що розповсюджується вниз; б) розвиток півсферичної лійки кратера, ударна хвиля відірвалася від контактної зони ударника і мішені і супроводжується з тилової частини “наздоганяючою” хвилею розвантаження. розвантажена речовина володіє залишковою швидкістю і розтікається в сторони і вгору; в) подальше формування перехідної лійки кратера. ударна хвиля затухає, днище кратера вистелене ударним розплавом, від кратера розповсюджується назовні суцільна завіса викидів; г) закінчення стадії екскавації, зростання лійки припиняється. стадія модифікації протікає по-різному для малих і великих кратерів. у малих кратерах відбувається зісковзування в глибину лійку незв’язаного матеріалу стінок – ударного розплаву і роздроблених порід. перемішуючись, вони утворюють імпактну брекчію. для перехідних лійок великого діаметру починає грати роль гравітація – із-за гравітаційної нестійкості відбувається підняття вгору днища кратера з утворенням центрального підняття. (French, 1998)

**Гіпсомерія.** Гіпсометричні особливості досліджуваної ділянки Місяця визначаються присутністю малих кратерів – Артемід, Фелікс та Верн. Центри кратерів мають наступну абсолютну висоту: Артемід (5253 м), Фелікс (5392 м), Верн (5267 м). Максимальні відмітки кратерних валів досягають в Артеміда (5633 м), Фелікса (5626 м) та Верна (5612 м).

Околиці цих макрократерів оточені безліччю дрібних мікрократерів, найглибший з яких має абсолютну висоту центру (5477 м), а його кратерний вал підіймається максимально на 5563 м. Навколократерна територія, яка займає більшість ділянки, знаходиться в межах 5560-5570 м. І тільки на півночі спостерігається загальне падіння висот до 5540 – 5530 м (рис. 4.а).

Такий розподіл висот характеризує наступні морфологічні частини досліджуваної місячної поверхні: до 5300 м – кратерне

днище; 5300-5500 – внутрішні схили кратерів; 5500-5550 – зовнішні схили кратерів та навколократерна територія, зокрема на півночі території; 5550-5600 – навколократерна територія та частково зовнішні схили кратерів та схили кратерних валів; 5600 і вище – переважно це кратерні вали та схили кратерних валів.

**Експозиція.** Експозиційні напрямки досліджуваної ділянки Місяця розміщуються наступним чином (рис. 4. б). Переважання північних схилів пов’язано передусім із тим, що територія має загальне падіння у північному напрямку.

Загалом основні експозиційні напрями мають дуже близькі значення і умовно можна вважати, що територія за експозиційними характеристиками знаходиться у певній рівновазі. На нашу думку, така ситуація пояснюється відсутністю форм рельєфу,



$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

При невеликій вибірці, як в нашому випадку, використовуємо поправку Бесселя:

$$s = \sqrt{\frac{n}{n-1} \sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

де:  $s$  – стандартне відхилення, незміщена оцінка середньоквадратичного відхилення величини  $X$  відносно її математичного сподівання;  $\sigma^2$  – дисперсія;  $x_i$  –  $i$ -й елемент вибірки;  $\bar{x}$  – середнє арифметичне вибірки:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i; n - \text{обсяг вибірки}$$

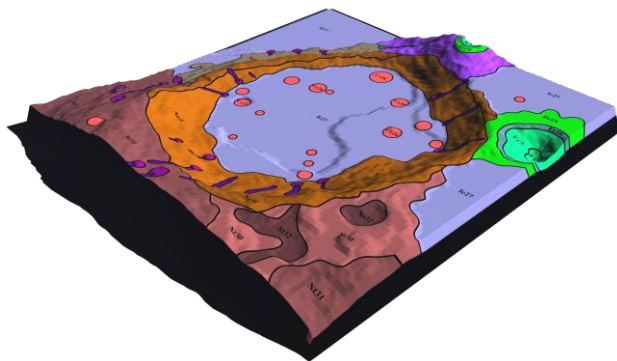
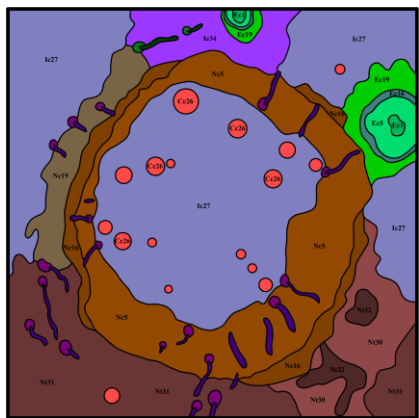
**Основні елементи ландшафтної структури місячних кратерів, утворених в різні періоди. Pomortsev (Dubiago P).** Кратер Pomortsev (Dubiago P) розташований на схід від Mare Spumans і знаходиться між материковою поверхнею, що розташована на півдні, та морською територією – на півночі (Mare Crisium). Північний край кратера перетинається з четвертим ударним кільцем Mare Crisium. Ширина кратера Pomortsev досягає 20 км. Він має всі ознаки тривалого вивітрювання, що надало кратеру згладжених рис – внутрішні кратерні схили досить пологі, з невеликою кількістю старих осипних депресій. Днище кратера не зберегло первинну структуру, і в його межах, на сьогоднішній день, не спостерігаються конуси виносів та колювільних відкладів із внутрішніх схилів кратера. Днище зазнало значних модифікацій під час імбрійського періоду і було повністю заповнене лавою. Зовнішні кратерні схили, як і обрамлення загалом, практично зруйновані і проявляються лише фрагментарно. Кратер був підданий частковим модифікаціям під час ератосфенського періоду, коли в його межах утворилися два маленькі кратери, і під час коперніканського етапу – сформувалися численні дрібні кратери, переважно сконцентровані в межах кратерного днища (рис. 5. а).

**Yerkes.** Кратер Yerkes розташований на південному заході Mare Crisium. Кратер майже повністю розміщений в межах морських формацій імбрійського часу, і лише на півночі та півдні його краї торкаються континентальних утворень нектарійського періоду, які, в свою чергу, також є фрагментарними на тлі Mare Crisium. Ширина

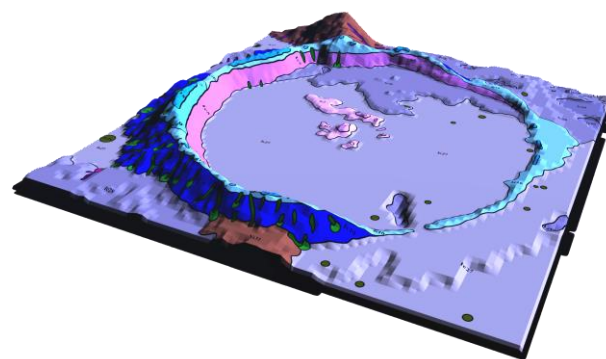
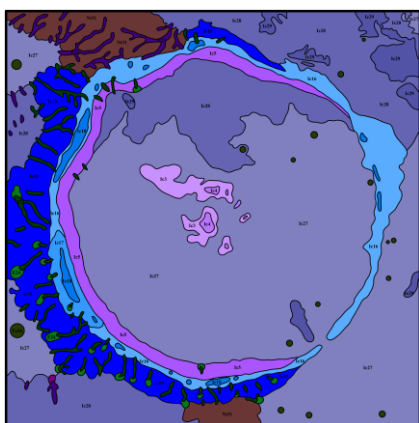
кратера Yerkes становить близько 30 км. Морфоструктура кратера асиметрична – через майже повністю зруйнований східний вал кратера під час активних процесів формування басейну Crisium. Всі інші частини кратера добре збереглися, особливо в його західній частині. На збережених схилах кратера активізовані процеси вивітрювання, що підтверджується густою мережею осипних депресій і наявністю значної кількості конусів та зсувних тіл у межах нижніх частин зовнішніх схилів кратера. Як і у кратера Pomortsev, днище Yerkes заповнене морським матеріалом, але в центральній частині фрагменти центральних гірок добре збережені. Взагалі кратер не має суттєвих порушень, які могли бути спричинені формуванням рельєфних структур у молодші періоди геологічної історії Місяця. Загалом, Yerkes має набагато чіткішу морфоструктуру, ніж Pomortsev і значно багатшу ландшафтну структуру (рис. 5. b).

**Picard.** Кратер Picard розташований на південному заході Mare Crisium на схід від Кратера Yerkes. Кратер повністю включений в морські утворення. Picard сягає 30 км. Морфоструктура кратера чітка. З основних структурних частин, характерних для ударних кратерів, в Picard є всі. Кратер має всі ознаки відносної молодості. У більшості його структурних частин вищезазначені процеси вивітрювання проявляються у формуванні густої мережі осипних депресій і наявності значної кількості конусів виносу та зсувних тіл у нижніх частинах як зовнішніх, так і внутрішніх схилів кратера. Тривимірне моделювання кратера підкреслює активність зсувних процесів в межах внутрішніх схилів кратера, що призводить до утворення системи зсувних терас. Кратер практично не зазнав подальших трансформацій, викликаних формуванням кратерів у молодші періоди історії Місяця. В його межах є лише кілька маленьких кратерів коперніканського часу. Загалом, Picard має набагато чіткішу морфоструктуру, ніж Pomortsev і Yerkes та значно багатшу ландшафтну структуру (рис. 5. c).

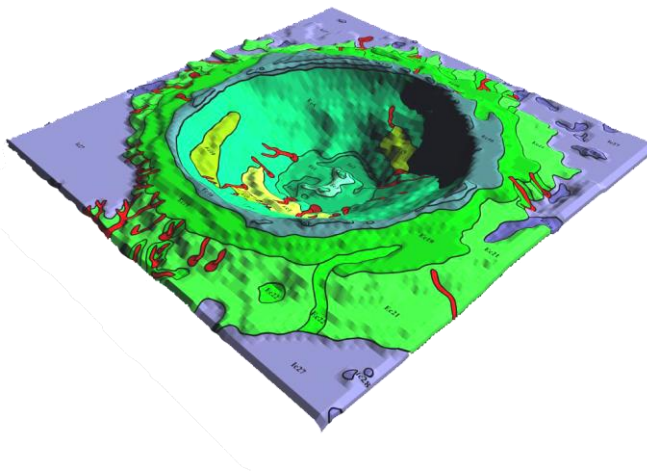
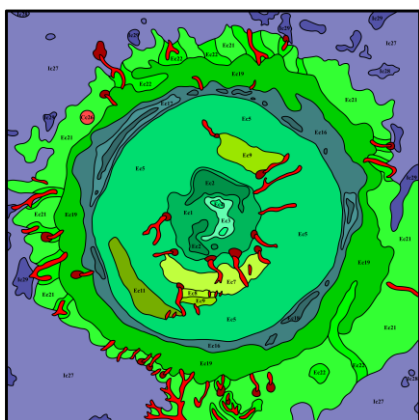
**Menelaus.** Кратер Menelaus розташований у південній частині Mare Serenitatis. Кратер повністю вписаний в морські утворення і в утворення Fra Mauro. Ширина Menelaus – більше 30 км. Морфоструктура кратера чітка. З усіх структурних частин кратерів в Menelaus присутні майже всі. В межах всіх структурних частин кратера



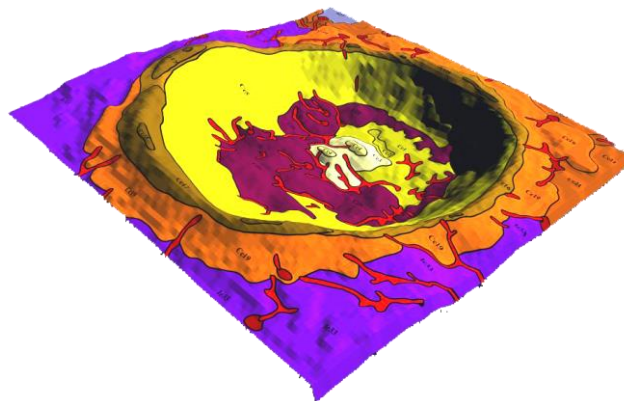
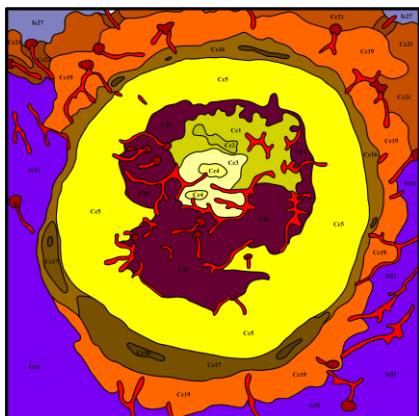
Pomortsev (Dubiago P) (a)



Yerkes (b)



Picard (c)



Menelaus (d)

Рис. 5 – Ландшафтні моделі кратерів Pomortsev (Dubiago P), Yerkes, Picard і Menelaus

активні процеси вивітрювання. Особливо сильно вони проявляються в межах внутрішніх схилів кратера, де відбуваються потужні зсуви та формуються осипні депресії, які в свою чергу призводять до накопичення колювального матеріалу в нижній частині кратера у вигляді зсувних тіл та конусів виносу. На відміну від кратера Picard, і незважаючи на його наймолодший вік, вигляд Menelaus не має такої чіткої морфоструктури через те, що він утворився в надто

пересіченому рельєфі. Морфоструктура утворення Fra Mauro, в яку більшою своєю частиною вписаний кратер, не дозволила розвинути певним структурним частинам Menelaus – перш за все, чітким зовнішнім валам та зовнішнім схилам кратера. Menelaus не зазнав новітніх трансформацій, пов'язаних з утворенням нових кратерів та інших рельєфних споруд. У його межах сформувалися лише кілька дрібних кратерів коперніканського періоду (рис. 5. d).

Таблиця – Основні елементи ландшафтної структури місячних кратерів Pomortsev (Dubiago P), Yerkes, Picard і Menelaus

|                                              | Донектарій-ський та Нектарій-ський період | Імбрійський період | Ератосфен-ський період | Копернікан-ський період |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|------------------------|-------------------------|
| Днища кратерів                               | Nc1                                       | Ic1                | Ec1                    | Cc1                     |
| Депресивні днища                             | Nc2                                       | Ic2                | Ec2                    | Cc2                     |
| Схили центральних гірок                      | Nc3                                       | Ic3                | Ec3                    | Cc3                     |
| Випуклі вершини кратерних гірок              | Nc4                                       | Ic4                | Ec4                    | Cc4                     |
| Внутрішні кратерні схили                     | Nc5                                       | Ic5                | Ec5                    | Cc5                     |
| Уступ першої внутрішньої кратерної тераси    | Nc6                                       | Iv6                | Ec6                    | Cc6                     |
| Перша внутрішня кратерна тераса              | Nc7                                       | Ic7                | Ec7                    | Cc7                     |
| Уступ другої внутрішньої кратерної тераси    | Nc8                                       | Ic8                | Ec8                    | Cc8                     |
| Друга внутрішня кратерна тераса              | Nc9                                       | Ic9                | Ec9                    | Cc9                     |
| Уступ третьої внутрішньої кратерної тераси   | Nc10                                      | Ic10               | Ec10                   | Cc10                    |
| Третя внутрішня кратерна тераса              | Nc11                                      | Ic11               | Ec11                   | Cc11                    |
| Уступ четвертої внутрішньої кратерної тераси | Nc12                                      | Ic12               | Ec12                   | Cc12                    |
| Четверта внутрішня кратерна тераса           | Nc13                                      | Ic13               | Ec13                   | Cc13                    |
| Уступ п'ятої внутрішньої кратерної тераси    | Nc14                                      | Ic14               | Ec14                   | Cc14                    |
| П'ята внутрішня кратерна тераса              | Nc15                                      | Ic15               | Ec15                   | Cc15                    |
| Напірні вали                                 | Nc16                                      | Ic16               | Ec16                   | Cc16                    |
| Схили напірних валів                         | Nc17                                      | Ic17               | Ec17                   | Cc17                    |
| Випуклі вершин напірних валів                | Nc18                                      | Ic18               | Ec18                   | Cc18                    |
| Зовнішні кратерні схили                      | Nc19                                      | Ic19               | Ec19                   | Cc19                    |
| Міжкратерні сідловини                        | Nc20                                      | Ic20               | Ec20                   | Cc20                    |
| Випуклі кратерні шлейфи                      | Nc21                                      | Ic21               | Ec21                   | Cc21                    |
| Увігнуті кратерні шлейфи                     | Nc22                                      | Ic22               | Ec22                   | Cc22                    |
| Осипні депресії                              | Nc23                                      | I23                | E23                    | C23                     |
| Конуси виносу                                | Nc24                                      | I24                | E24                    | C24                     |
| Зсувні тіла                                  | Nc25                                      | I25                | E25                    | C25                     |
| Накладені кратери                            | Nc26                                      | Ic26               | Ec26                   | Cc26                    |
| Гладка морська поверхня                      | Nm27                                      | Ic27               |                        |                         |
| Випукла морська поверхня                     | Nm28                                      | Ic28               |                        |                         |
| Увігнута морська поверхня                    | Nm29                                      | Ic29               |                        |                         |
| Гладка материкова поверхня                   | Nt30                                      | It30               |                        |                         |
| Випукла материкова поверхня                  | Nt31                                      | It31               |                        |                         |
| Увігнута материкова поверхня                 | Nt32                                      | It32               |                        |                         |
| Fra Mauro formations                         |                                           | Ie33               |                        |                         |
| Crisium basin ejecta                         |                                           | Ie34               |                        |                         |

**Висновки.** Проаналізовано морфометричні особливості дрібних кратерів Фелікс, Артемід та Верн. Даний аналіз дозволяє краще зрозуміти еволюційний ступінь конкретної кільцевої структури, а застосування середньоквадратичного відхилення робить можливим здійснювати об'єктивне (бально-цифрове) порівняння кільцевих структур. На базі розробленої авторами методики ландшафтного картування місячної поверхні, що детально викладена в праці

[44], виконано ландшафтне моделювання чотирьох різновікових кільцевих структур – Pomortsev (Dubiago P), Yerkes, Picard і Menelaus. Запропонована методика, на нашу думку, довела свою ефективність як щодо безпосереднього моделювання ландшафтних комплексів місячних кільцевих структур ударного походження, так і по відношенню до можливостей визначення їх еволюційного ступеню.

#### Список літератури

1. Механика подземного взрыва / Адушкин В. В., Костюченко В. Н., Николаевский В. Н., Цветков В. М. // Итоги науки и техники ВИНТИ. Серия Механизм деформируемого твердого тела. – 1974. – Т. 7. – С. 87-197.
2. Базилевский А. Т. Обзор достижений механики кратерообразования / Базилевский А. Т., Иванов Б. А. // Механика образования воронок при ударе и взрыве. – М. : Мир, 1977. – С. 172-227.
3. Элементарная теория взрывов на выброс и их моделирование с помощью искусственной тяжести / Барсанаев С. Б., Гурович В. Ц., Расшихин К. А., Станюкович К. П. // Доклады АН СССР. – 1979. – Вып. 249, № 1. – С. 97-99.
4. Борисов О. М. Кольцевые структуры и линеаменты Средней Азии / Борисов О. М., Глух А. К. – Ташкент : Фан, 1982. – 124 с.
5. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
6. Кольцевые структуры континентов Земли / Брюханов В. Н., Буш В. Н., Глуховский М. З. и др. – М. : Недра, 1987. – 184 с.
7. Бубнов С. Н. Основные проблемы геологии / Бубнов С. Н. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1960. – 234 с.
8. Буш В. А. Проблема кольцевых структур Земли / Буш В. А. – М.: ВИНТИ, 1966. – 116 с.
9. Викторов В. В. Моделирование действия взрыва сосредоточенных зарядов в однородных грунтах / Викторов В. В., Степанов Р. Д. // Инженерный сборник. – 1960. – Вып. 28. – С. 87-96.
10. Геренчук К. И. Общее землеведение / Геренчук К. И., Боков В. А., Черванев И. Г. – М. : Высшая школа, 1984. – 255 с.
11. Давиденко И. В. Минерагенические зоны и кольцевые структуры Африки / Давиденко И. В., Зубков В. А. // Обзор ВИЭМСа. Серия "Общ. и регион, геол; геол. картирование". – М. : 1981. – 39 с.
12. Зейлик Б. С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и на других планетах (ударно-взрывная тектоника) / Зейлик Б. С. // Обзор ВИЭМСа. Серия "Общ. и регион, геол.; геол. картирование". – М., 1978. – 58 с.
13. Зельдович Я. Б. Физика ударных волн и высоко-температурных гидродинамических течений / Зельдович Я. Б., Райзер Ю. П. – М. : Наука, 1966. – 686 с.
14. Иванов Б. А. Механика кратерообразования / Иванов Б. А. // Итоги науки и техники ВИНТИ. Серия «Механика деформируемого твердого тела». – 1981. – Т. 14. – С. 60-128.
15. Геологи изучают планеты / Кац Я. Г., Козлов В. В., Макарова Н. В., Сулиди-Кондратьев Е. Д. – М. : Недра, 1984. – 144 с.
16. Кац Я. Г. Основы космической геологии / Кац Я. Г., Тевелев А. В., Полетаев А. И. – М. : Недра, 1988. – 238 с.
17. Кириллук С. Анагліфоносферна концепція географічної оболонки Місяця / С. Кириллук // Науковий вісник Чернівецького університету. Географія. – 2016. – Вип. 775-776. – С. 68-72.
18. Ласточкин А. Н. Рельеф земной поверхности (Принципы и методы статической геоморфологии) / А. Н. Ласточкин. – Л. : Недра, 1991. – 340 с.
19. Геология астроблем / Масайтис В. Л., Данилин А. Н., Машак М. С. и др. – Л. : Недра, 1980. – 230 с.
20. Покровский Г. И. Центробежное моделирование в горном деле / Покровский Г. И., Федоров И. С. – М. : Недра, 1969. – 270 с.
21. Механический эффект подземного взрыва / Родионов В. Н., Адушкин В. В., Костюченко В. Н. и др. – М. : Недра, 1971. – 224 с.
22. Ромашов А. Н. Особенности действия крупных подземных взрывов / А. Н. Ромашов. – М. : Недра, 1980. – 243 с.
23. Сабанеев П. Ф. О происхождении лунных цирков / П. Ф. Сабанеев // Бюллетень Всесоюзного астрономическо-геодезического общества. – 1953. – Т. 3 (20). – С. 7-20.
24. Садовский М. А. Моделирование крупных взрывов на выброс / Садовский М. А., Адушкин В. В., Родионов В. Н. // Доклады АН СССР. – 1966. – Вып. 167(6). – С. 1253-1255.
25. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М.: Наука, 1977. – 440 с.
26. Соловьев В. В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-геоморфологического анализа / В. В. Соловьев. – Л. : ВСЕГЕИ, 1978. – 110 с.
27. Станюкович К. П. Элементы физической теории метеоров и кратерообразующих метеоритов / К. П. Станюкович // Метеоритика. – 1950. – Вып. 7. – С. 39-62.
28. Станюкович К. П. Элементы теории удара с большими (космическими) скоростями / К. П. Станюкович // Искусственные спутники Земли. – 1960. – Вып. 4. – С. 86.
29. Станюкович К. П. Неустановившиеся движения сплошной среды / К. П. Станюкович. – М. : Наука, 1971. – 854 с.
30. Станюкович К. П. О разрушительном действии метеоритных ударов / Станюкович К. П., Федынский В. В. // Доклады АН СССР. – 1947. – Т. 57(2). – С. 129-132.
31. Фельдман В. И. Петрология импактитов / Фельдман В. И. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 300 с.
32. Хрянина Л. П.

Метеоритные кратеры на Земле / Л. П. Хрянина. – М.: Недра, 1987. – 113 с. **33.** *Щукин И. С.* Общая морфология суши / Щукин И. С. – М.-Л.-Новосибирск : ОНТИ НКТП СССР, Горгеонефтеиздат, 1933. – 365 с. **34.** *Carr M. H.* Geologic map and section of the Timocharis region of the Moon / Carr M. H. – USGS; NASA, 1965. **35.** *Carr M. H.* Geologic map and section of the Mare Serenitatis region of the Moon / Carr M. H. – USGS; NASA, 1966. **36.** *Davis W. M.* Physical Geography / Davis W. M., Snyder, W. H. – Ginn & Company, 1899. – 428 p. **37.** *Dodge Yadolah.* The Oxford Dictionary of Statistical Terms / Dodge Yadolah. – Oxford University Press, 2003. – 512 p. **38.** *French B. M.* Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures / French B. M. – Smithsonian Institution, Washington DC, 1998. – 120 p. **39.** *Ghahramani Saeed.* Fundamentals of Probability (2nd Edition) / Ghahramani Saeed. – Prentice Hall: New Jersey, 2000. – 438 p. **40.** *Grieve R. A. F.* Impact Cratering on the Earth / Grieve R. A. F. – Scientific American, 1990. – 66 p. **41.** *Grieve R. A. F.* Planetary Impacts in Encyclopedia of the Solar System / Grieve R. A. F., Cintala M. J., Tagle R. – L.A. McFadden et al. Eds, 2007. – 826 p. **42.** *Heiken G. H.* Lunar sourcebook: A User's Guide to the Moon / Heiken G. H., Vaniman D. T., French B. M. – Houston, Cambridge University Press, 1991. – 736 p. **43.** *Kyryliuk S.* Landscape complexes of small lunar craters in the cut geomorphs on the example of Davy Catena / Kyryliuk S., Kyryliuk O. // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – 2016. – №4 (6). – p. 81-84. **44.** *Kyryliuk S.* Cycles of the landscape genesis on Moon and the evolution of crater landscapes / Kyryliuk S., Kyryliuk O. // Geoscience for understanding habitability in the solar system and beyond (Furnas, São Miguel, Azores, Portugal, 25–29 September 2017), Royal Observatory of Belgium, 2017. – p.31-32. **45.** *Kyryliuk S.* Geographic envelope of the Moon and the identification of Moon landscapes with the use of the axiomatic method / Kyryliuk S., Kholiavchuk D. // Open Astronomy. – 2017. – № 26 (1). – p. 48-61 from doi:10.1515/astro-2017-0010. **46.** *Lunar topophotomap of Artemis*, 1971: NASA, Edition 2, sheet 40A4S1 (10). **47.** *Melosh H.J.* Impact cratering: A geologic process / Melosh H.J. – New York, Oxford University Press, 1989. – 245 p. **48.** *Olson A.B., Wilhelms, D.E.* Geologic map of the Mare Undarum quadrangle of the Moon. – USGS; NASA, 1974. **49.** *Penck W.* Die morphologische analyse: ein kapitel der physikalischen geologie / Penck W., Penck A. – J.Engelhorn's nachf., 1924. – 283 p. **50.** *Pike R. J.* Crater dimensions from Apollo data and supplemental sources / Pike R. J. // The Moon. – 1976. – Vol. 15. – p. 463-477. **51.** *Shoemaker E. M.* Stratigraphic Basis for a Lunar Time Scale / Shoemaker E. M., Hackman R.J. // The Moon. – 1962. – p. 289-300. **52.** *Shoemaker E. M.* The Role of Collisions in The New Solar System / Shoemaker E. M., Shoemaker C. S., [J. K. Beatty et al., Eds.], 1999. – 73 p. **53.** *Taylor S. R.* Lunar science a post-Apollo view / Taylor S. R. – N.Y., Pergamont Press, 1975. – 372 p. **54.** *Wegener A.* The origin of lunar craters / Wegener A. // The Moon. – 1975. – Vol.14. – No. 2. – p.211-236. **55.** *Wilhelms D. E.* The geologic history of the Moon / Wilhelms D.E. – Washington, 1987. – 302 p.

**Кирилюк С.М., Кирилюк О.В. Ландшафти ударних кратерів Місяця.** Для вивчення ландшафтної структури ударно-вибухових кратерів на Місяці та їхній еволюції з позицій морфометричного аналізу пропонується схема циклів ландшафтоформування на Місяці відповідно до його головних геологічних періодів (Pre-Nectarian, Nectarian, Imbrian, Eratosthenian and Copernican). Ця схема є дворівневою: 1) морфоструктурний рівень – відображає формування глобальних цілісних частин ландшафтної сфери Місяця, що утворилися в результаті складної й тривалої взаємодії основних чинників ландшафтоформування на супутнику, насамперед це бомбардування його поверхні малими тілами з усіма супутніми їм геодинамічними процесами, які відіграли ключову роль при формуванні мегарельєфних структур; 2) морфоскульптурний рівень – відображає набуття характерних ландшафтних рис структурними елементами ландшафтної сфери Місяця під впливом процесів вивітрювання.

**Ключові слова:** Місяць, кратер, ландшафтний комплекс, еволюція поверхні.

**Kyryliuk S., Kyryliuk O. Landscapes of impact craters of the Moon.** The study deals with the exploration of landscape structure of the lunar impact-explosion craters and its evolution using a morphometric analysis. The scheme of cycles of landscape genesis on Moon in response to the main geological periods (Pre-Nectarian, Nectarian, Imbrian, Eratosthenian, and Copernican) is suggested. The scheme has two levels: 1) morphostructural level reflects the formation of global holistic parts of the Moon landscape sphere formed in the result of the complex and continuous interaction of the landscape factors: bombarding of lunar surface by small bodies together with supplementary geodynamical processes that played a key role in the mega-relief structures; 2) morphosculptural level concerns the establishment of the characteristic landscape features within the structural elements of Moon under the influence of weathering processes.

The obtained landscape and morphometric models of lunar craters of basic Moon geologic periods (Pomortsev (Dubiago P), Yerkes, Picard and Menelaus) demonstrate the level of evolution of the main Moon landscape types. To get the comparative morphometric indices determinative of the evolution moment, standard deviation is applied. The original axiomatic concept was used to build landscape models (Kyryliuk and Kholiavchuk, 2017). The concept is aimed at the generation of the unified scheme of search for the surface elementary units and the following classification and interpretation. The application of axiomatic

concept in such a way contributes to the classic landscape theory while enables landscape modeling without the contact with the natural body. The concept is significant for the case taking into account the simplicity of the Moon surface. The model contains three positions: 1) the surface image is stable or invariant with stable peculiarities of geometric figures and the formed knots on the surface; 2) landscape properties are seen separately from the geometric form of the surface that involves transition from specific to abstract; 3) elementary form is identified with elementary geometric figures (circle, square, and triangle) that leads to distinguishing invariants and its knots. The holistic images – geosystems are possible to reproduce while moving the figures in the space. According to the theory of symmetry, the number of such movements is rather limited that contributes to the rapid detection of all the groups of movements and formation of its combinations. Accordingly, the scheme of the impact-explosion craters' landscape structure and its evolution on the basis of landscape models is produced.

*Keywords:* Moon, crater, landscape complex, evolution of the surface.

**Кирилюк С. Н., Кирилюк О. В. Ландшафты ударных лунных кратеров.** Для изучения ландшафтной структуры ударно-взрывных кратеров на Луне и их эволюции с позиций морфометрического анализа предлагается схема циклов ландшафтоформирования на Луне в соответствии к его главным геологическим периодам (Pre-Nectarian, Nectarian, Imbrian, Eratosthenian and Copernican). Эта схема является двухуровневой: 1) морфоструктурный уровень – отражает формирование глобальных целостных частей ландшафтной сферы Луны, образовавшихся в результате сложного и длительного взаимодействия основных факторов ландшафтоформирования на спутнике, прежде всего это неоднократные бомбардировки его поверхности малыми телами со всеми сопутствующими им геодинамическими процессами, которые сыграли ключевую роль при формировании мегарельефных структур; 2) морфоскульптурный уровень – отражает приобретение характерных ландшафтных особенностей структурными элементами ландшафтной сферы Луны под влиянием процессов выветривания.

*Ключевые слова:* Луна, кратер, ландшафтный комплекс, эволюция поверхности.

*Надійшла до редколегії 22.08.2017*

УДК 711.112

**Бортник С.Ю.,**

*Київський національний університет*

*імені Тараса Шевченка,*

*Університет Яна Кохановського в Кельцах (Польща),*

**Лаврук Т.М., Тимуляк Л.М.,**

**Погорільчук Н.М., Ковтонюк О.В.,**

*Київський національний університет*

*імені Тараса Шевченка*

## **ЛАНДШАФТНИЙ ПІДХІД ДО ТЕРИТОРІАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ В УМОВАХ ДЕЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ**

*Ключові слова:* ландшафтний підхід, територіальне планування, екологічна децентралізація, територіальні громади; регіональна політика

**Постановка проблеми.** Як свідчить світовий досвід застосування ландшафтного підходу в територіальному плануванні, найкращі результати від його втілення отримуються на місцевому рівні, оскільки саме на цьому рівні можна детально дослідити й оцінити індивідуальні природні ландшафти, науково обґрунтувати оптимальні шляхи їх збереження, змоделювати «поведінку» природних процесів в умовах антропогенного навантаження тощо. Наступний етап, залежно від результатів дослідження ландшафтів, пов'язаний із геопросторовим розвитком – залучення інвестицій, підприємництва, бізнесу, засто-

сування новітніх, екобезпечних технологій, розвиток екологічних програм і т.д. Важливу роль при цьому відіграє місцеве самоврядування, при якому люди самі вирішують проблеми громади за рахунок місцевих податків, кошти використовуються розумно й прозоро, а держава контролює і регулює лише ті процеси, які важко чи неможливо вирішити на місцях. Цей принцип субсидіарності проголошений Європейською хартією місцевого самоврядування, що прийнята у 1985 році [6].

Україна також стала на шлях децентралізації, ратифікувавши Хартію у 1997 році. У 2014 році було ухвалено Концепцію