

Морфологічні структури Моря Спокою видимої півкулі Місяця

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці
e-mail: kiriluk_elena@i.ua

Анотація. Розглянуто основні елементи поверхні Моря Спокою видимої півкулі Місяця. Дана стаття є логічним продовженням попередніх досліджень авторів в яких геологічна та геоморфологічна будова окремих ділянок Місяця вивчалася на більш глибокому рівні. Внаслідок таких досліджень було побудовано серії унікальних карт, переважно геоморфологічних та ландшафтних в масштабах від 10 000 до 250 000.

Ключові слова: Місяць, видима півкуля, кратер, геоморфологічна та геологічна будова.

Вступ

На поверхні Місяця можна спостерігати свідчення бомбардування її поверхні астероїдами, кометами та метеоритами. Існує близько півмільйона кратерів розміром більше, ніж 1 км. Через відсутність на Місяці атмосфери, гідросфери й значних тектонічних і геологічних процесів, місячні кратери практично не піддаються змінам; навіть стародавні кратери збереглися на його поверхні в порівняно доброму стані. Найбільший кратер на поверхні Місяця знаходиться на його зворотному боці та має розміри 2240 км в діаметрі і досягає 13 км глибини. Такий самий стан й інших структурних елементів поверхні Місяця: морів, материків, вулканічних утворень тощо. Актуальним є вивчення особливостей геологічної будови, віку і будови елементів поверхні Місяця, а також їх усестороннє геолого-геоморфологічне картографування. Такі картографічні моделі допоможуть вирішити важливі наукові й практичні завдання: відновити історію формування місячної поверхні та зіставити її із землею. Таким чином можна детально прослідкувати етапи розвитку земної поверхні та передбачити її трансформацію у майбутньому.

Матеріали і методи

Ця стаття є логічним продовженням попередніх досліджень авторів, в яких геологічна та геоморфологічна будова окремих ділянок Місяця вивчалася на більш глибокому рівні. Результатом досліджень стала побудована серія унікальних карт, переважно геоморфологічних й ландшафтних в масштабах від 1:10 000 до 1:250 000. Було детально вивчено територію Деві Катени в масштабі 1:10 000, внаслідок чого було виділено дванадцять типів геоморфів даної території (слід зауважити, що нижче наведені комплекси стосуються виключно малих кратерів – до 1 км): **1. Днища кратерів.** У багатьох випадках днища заповнені колюв'яльним матеріалом, який періодично скочується з крутих внутрішніх кратерних схилів. **2. Внутрішні кратерні схили.** На відміну від великих місячних кратерів, малі не володіють системою терас, тому відрізняються тільки за крутизною. **3. Зовнішні кратерні схили.** У порівнянні з внутрішніми мають набагато меншу крутизну, але показники кривизни значно вищі. Така ситуація вказує на більш тривалий період остаточного становлення цих геоморфів. **4. Опуклі вершини напірних валів.** Мають практично правильну геометричну форму, яка дуже рідко порушена лінійними осипними депресіями. **5. Схили напірних валів.** За своїми морфометричними показниками не відрізняються від внутрішніх кратерних стін – різниця в генезисі. **6. Напірні вали.** За своєю морфометрією нагадують земні вододіли і характеризуються такою ж слабо хвилястою, лінійною системою розповсюдження. Як правило, вони мають повсюдні прояви по периферії кратерів, але існують ділянки, де кратерні вали відсутні в силу різних причин. Головними чинниками їх відсутності є слабкий прояв кратероформування після падіння великого метеорита або невеликого астероїда – зміщення вектора падіння, яке буде відмінним від паралелі вектора тяжіння. У такому випадку вали утворюються на тій стороні кратера, де вектор відхилення зміститься більше 90°, і навпаки, там де він буде менше цього значення, кратерні вали не повинні проявитися. **7. Лінійні осипні депресії.** За малюнком нагадують річкову мережу Землі. Різниця у генезисі (депресії мають природу осипів). У більшості випадків вони спостерігаються тільки в межах внутрішніх стін і схилів напірних валів, звернених у напрямку внутрішніх схилів кратерів. Дуже рідко ці геоморфи зустрічаються у великих кратерів і мають значні прояви. **8. Депресивні слабо хвилясті ділянки морської поверхні.** Займають значні простори охопленої території і характеризуються увігнутими та витягнутими формами поверхні. **9. Додатні слабо хвилясті ділянки морської поверхні.** Як і у депресивних – морфометрія ідентична. Відмінність – у додатному рельєфі. Така черговість форм пояснюється нерівномірним розтіканням лави в межах імбрійського періоду, коли формувалася дана частина поверхні. Імовірна природа слабкої складчастості, але про це ще рано говорити. **10. Морська поверхня** мало чим відрізняється від депресивних і додатних ділянок. Різниця

полягає у відсутності замкнутих форм рельєфу в її межах. Головна особливість – слабка хвилястість і плоскість форм поверхні, які дуже рідко порушені в їх межах. **11. Дрібні кратери.** В основному, вторинні і третинні, що мають дуже незначні розміри (до 200 м) і не володіють чіткою кратерною структурою, крім кільцевої депресії. **12. Міжкратерні сідловини.** Нагадують сідловини в межах поверхні Землі між двома сусідніми вершинами. У цьому випадку вони спостерігаються в місцях між двома кратерами і виявляються тільки в межах кратерних катен або у кратерів, посаджених близько один до одного. Присутність цих форм рельєфу вказує на близький або ідентичний вік об'єктів.

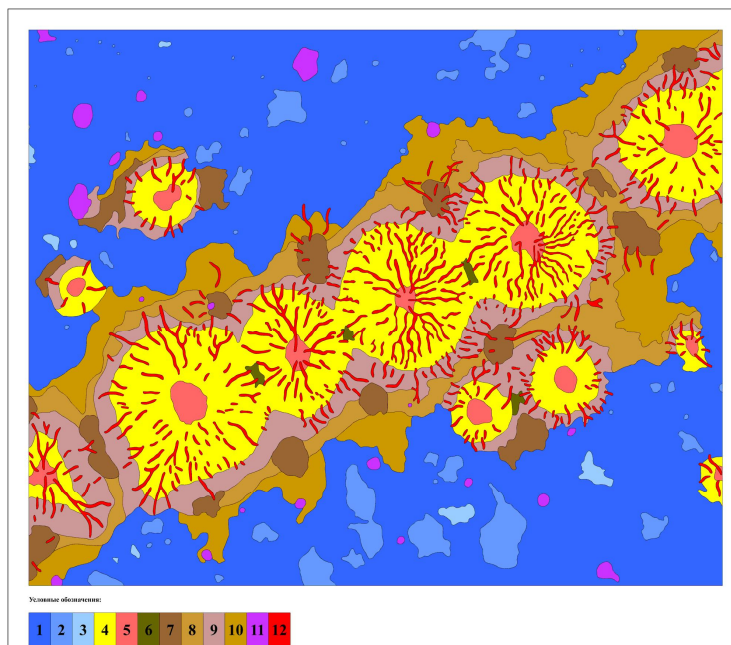


Рис. 1. Геоморфи Деві Катени [4, 5] (оригінал карти виконаний в масштабі 1 : 10 000)

Результати і обговорення

Терміни (геоморфологічна та геологічна будова) у застосуванні до Місяця означає, як і для Землі, опис розповсюдження і співвідношень елементів поверхні та геологічних тіл (обмежених обсягів порід) в літосфері та на поверхні Місяця, а також створюваних ними поверхневих форм. Основним матеріалом при вивченні геологічної будови Місяця служать фотографії її поверхні з орбітальних апаратів і карти, побудовані шляхом дешифрування цих фотографій, які слід називати геолого-морфологічними картами. Ці дані доповнюються зборами зразків у кількох місцях посадок пілотованих і автоматичних станцій та далеко не повними відомостями по сейсміці, гравітаційних аномаліях і геохімії поверхні за дистанційними вимірами. На сьогодні геологія Місяця вивчена краще, ніж у будь-якої іншої планети чи супутника Сонячної системи, не враховуючи, звичайно, Землі.

Основними структурами на Місяці є материки і моря, ударні кратери і басейни, вулканічні утворення. Материки Місяця – це світлі височини, густо вкриті кратерами і структурами обрамлень місячних басейнів. Вони займають близько 84% всієї поверхні і підносяться у середньому на 3 – 4 км над западинами з темними морями.

Оскільки центр мас Місяця зсунутий у бік Землі від його геометричного центру, можна стверджувати, що материки зворотного боку Місяця на 4 – 6 км вище материків видимої сторони – присутня дихотомія планети, яка, до речі, властива майже всім планетам земної групи.

Рельєф Місяця представлено морями, материками та кратерами різного віку й різного розміру.

До морфологічних ознак кратерів відносять внутрішні схили, днища кратерів та терасові стіни. На досліджуваній території (Море Спокою) найбільші кратери мають діаметр більше 2 км. Вали, стіни та піки деяких з них вищі за 8 км. У морфологічному відношенні виділяються кратери за типами: купольного типу, кругові, кластерні та мережеві (до складу яких входять й супутникові кратери).

До старих кратерів відносять ті, що утворилися у Нектарську та Імбрійську ери. Відносно молоді утворились в Ератосфенську, а молоді в Коперніканську. Відповідно кратери за розміром поділяються на малі, середні та великі.

Море Спокою характеризується великою різноманітністю форм поверхні. В його межах представлені практично всі наявні форми рельєфу, характерні для планети, окрім гірських територій. Кратери Нектарської системи являють собою власне напівкратери. Стіни і вали дуже зруйновані, круглі, багатокутні, еліптичні, нерегулярні. Стіни і колоподібні обрамлення гладкі, також вони є порівняно низькими й досить вузькими.

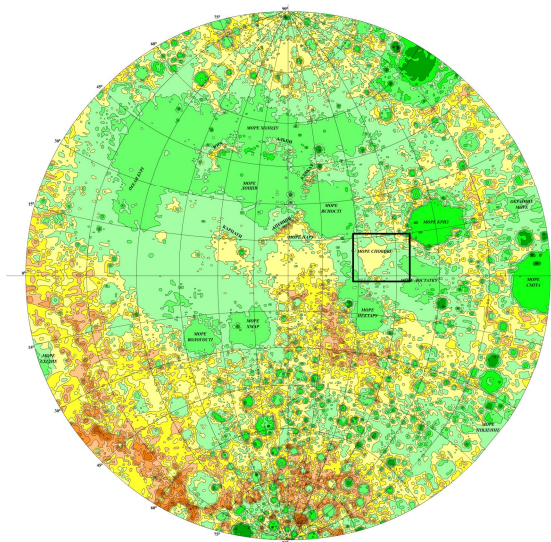


Рис. 2. Територія дослідження на видимій півкулі Місяця

Вулканічно змінені кратери і кальдери, можливо, розвинуті на ділянках старих екзогенних кратерів. Велике скупчення старих кратерів знаходяться на північному заході від кратера Taruntitus.

Малі кратери на досліджуваній території представлені великою кількістю, і володіють спільними рисами по відношенню один до одного. Різниця полягає в їх генетичних групах (морські та материкові). Кратери середнього розміру поширені на північному сході: Taruntitus D, Da Vinci A, Taruntitus Z, Taruntitus M, Taruntitus W, Taruntitus V.

Великий кратер Da Vinci розташований на сході. Також в центральній частині є залишки ще одного великого кратера, а на заході знаходяться кратери: Maskelyne E, Maskelyne F, Maskelyne D, південніше – Maskelyne A. На північному сході знаходиться кратер, який втратив кругову форму, він повністю закритий хребтами та володіє сильно еродованими валами. Походження таких кратерів є суперечливим. Можливо, спочатку такі кратери утворились внаслідок вулканічної діяльності, а потім були змінені проявами ерозії. Вони складаються в основному з нерегулярних кратерних формацій переважно вулканічного походження, найбільший такий кратер знаходиться на півдні – Secchi.

Всі кратери цієї системи є дуже зруйнованими. У рельєфі проявляються нечітко. Також до них відносять об'єкти менші, ніж 5 км. Малі кратери такого типу поширені в центральній частині, а також на південному заході території. На північному сході знаходиться цілий ряд середніх кратерів, один із них Proclus A, південніше від нього розташовані Couchy D та Couchy A. Великих кратерів такого типу на території Моря Спокою не спостерігається.

Відносно молоді малі кратери знаходяться на заході, це, переважно, нерозчленовані кратери та їх вали. Два середні кратери Sinas, Sinas A, Sinas E, та Taruntitus C знаходяться майже в центральній частині території дослідження. На північному заході – Gleisher H, південніше Taruntitus A, а ще далі на південь Taruntitus G. Середні кратери характеризуються ще й тим, що мають круті схили внутрішніх стін. На південному сході розташований великий кратер Maskelyne, в нього добре виражені структурні внутрішні тераси.

До Коперніканської системи відносять кратерні ланцюги, які поширені в центральній частині досліджуваної території (іноді їх називають кратерними катенами). Це, переважно, глибокі й дрібні кратери з повздовжнім формуванням кільцевих депресій. Їх обрамлення є зубчастими і крутими, місцями з гострими краями стін, складених яскравим матеріалом. Вони, здебільшого приурочені до грабенів, складених темним матеріалом. Це вказує на їх вулканічне походження, оскільки тут помітні вулканічні й тектонічні особливості, а також структурні тріщини. Ланцюги кратерів поширені на захід від кратера Taruntitus. Це переважно ланцюги з трьох або більше кратерів вулканічного походження. Порівняно з іншими структурами, що утворились у цей період, ці кратери є наймолодшими, оскільки вони накладені на морську територію, яка сформувалася значно раніше.

Молоді кратери є найбільш чітко вираженими у рельєфі. Вони поширені по всій території, хоча найбільша їх концентрація знаходиться на заході: Sinas H, Sinas G, Jansen T, Vitruvius G, Cauchy M. По генетичному типу вони є недиференційованими. Три середні кратери розташовані на північному сході, це Proclus A, Proclus F та Glaiser. Кратер Jansen F знаходиться на північному заході території. В центральній частині знаходиться Cauchy, південніше Taruntitus F, на південному сході Taruntitus H. Великі кратери Proclus T, а також Maskelyne володіє молодими терасованими стінками. На сході частина молодого кратеру Taruntitus перекривається кратером Maskelyne F. Найбільшим кратером на території Моря Спокою є Taruntitus. Його днище складається з гладкої, низької поверхні, що в окремих місцях змінюється малими западинами та пагорбами.

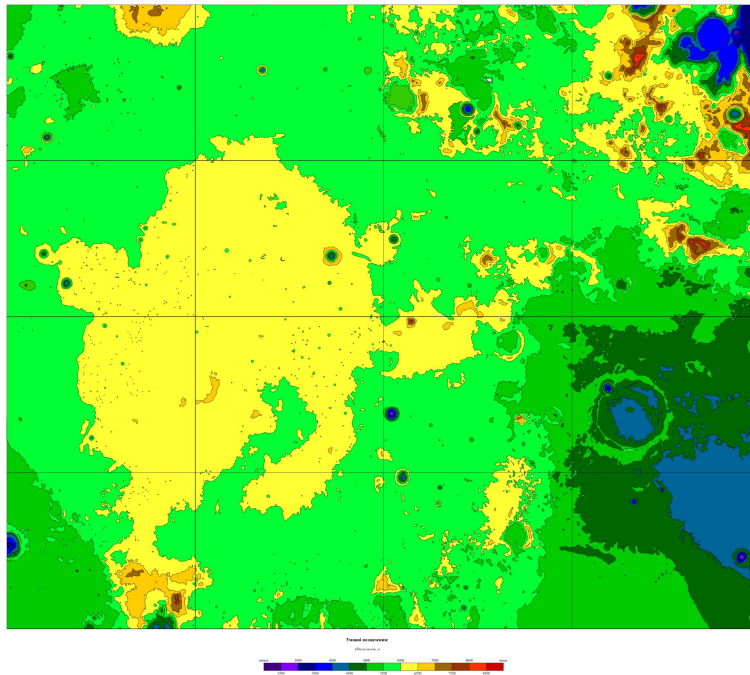


Рис. 3. Гіпсометрична карта Моря Спокою на видимій півкулі Місяця (оригінал карти виконаний в масштабі 1 : 250 000)

Оточують цю місцевість нерегулярні горбисті височини та западини, що переходять в концентричне підвищення внутрішньої частини кратера. Терасовані стіни, що оточують ці нерегулярні пагорби та западини є менш грубими текстурно, ця частина кратера є значно крутішою. Також тут спостерігаються дрібні, круті локальні горби з гострими гребенями. На відстані 5 кілометрів від терасованих стінок знаходиться позитивний рельєф з дугоподібними, концентричними хребтами. Далі розташовані радіальні, приглушені гребені, з вершинами, спрямованими в бік кратера. За ним знаходяться негативні елементи рельєфу, можливо ці форми пов'язані з іншим, більш старшим кратером.

Материкові території складені анортозитами на поверхні, дунітами і троколітами в самій основі. В середньому товщина кори видимої півкулі Місяця становить 60 км. В основі кори лежить переривчастий горизонт з підвищеною швидкістю сейсмічних хвиль. Материкова поверхня поширена на північному заході території, а також на півночі, північному сході й на північний захід та захід від кратера Taruntius. Представлена гірськими місцевостями, що характеризуються численними накладеними та перенакладеними кратерами. Переважає горбиста материкова та хвиляста поверхня.

Горбисті території знаходяться на північному сході, а також на південний захід від кратера Taruntius. Горбиста місцевість містить близько розташовані між собою кратери – переважно навколо пагорбів. Вулканічні відклади, в основному пірокластичні, досягають значної товщини, щоб майже повністю маскувати нижче розташовані горизонти, які виходять на денну поверхню в окремих обмежених місцях. Кратери в основному ендегенного походження або утворені внаслідок вибухових вивержень.

Гладка материкова поверхня розташована й на північному сході й на сході Моря Спокою. Поверхневий барельєф включає розпорошені, нерегулярні або еліптичні горби, які підносяться над плоскою поверхнею, перекриває диски та обрамлення майже всіх поверхів старих кратерів. Тонкий шлейф з матеріалу, який не повністю приховує основну поверхню, може включати лавові потоки там, де поруч зустрічається рівнинна поверхня. Це має місце на північному сході, але також включає в себе зсувні уламки з територій поширення крутого рельєфу. Деякі уламки можуть бути молодшими ніж морський матеріал.

Рівнинна поверхня поширена на північному заході, а також на півдні території. Являє собою плоску й гладку місцевість, що має дрібну структуру рельєфу. Тут трапляються кратери виключно менше 1 км в діаметрі. Зазвичай низька поверхня охоплює деякі імбрійські та доімбрійські поверхні кратерів, що перекриті вулканічними потоками й туфами. Аналогічна старша поверхня щодо імбрійського і молодша деяких кратерів імбрійського часу, має дещо більшу щільність кратерів, ніж у морських басейнах

Морські території – це темні базальтові рівнини з поодинокими кратерами значного розміру та з великою кількістю дрібних. Розташовані в округлих западинах. Морські базальти перекривають більш древні материкові структури. Морські території поширені на більшій частині досліджуваної території, вони відсутні лише на сході, де не перекривають материкові відклади. Цей тип поверхні є досить

гладким з незначним хвилястим рельєфом. В основному це вулканічні потоки, що утворилися завдяки виверженням магми з тріщин. Ця територія містить численні дрібні острівці «старих порід».

На всій західній частині території переважають молоді морські відклади з малою кількістю великих кратерів. А на південному заході поширений хвилястий більш старший рельєф з більшою кількістю великих кратерів. Типові морські території з купольними утвореннями поширені на північному заході території. Що стосується великих кратерів, то вони володіють дещо іншим набором комплексів (на разі наводимо тільки їх перерахунок): 1. Кратерні днища, 2. Депресивні днища, 3. Схили центральних гірок, 4. Випуклі вершини центральних гірок, 5. Внутрішні кратерні схили, 6. Уступ першої внутрішньо-кратерної тераси, 7. Перша внутрішньо-кратерна тераса, 7. Уступ другої внутрішньо-кратерної тераси, 8. Друга внутрішньо-кратерна тераса, 9. Уступ третьої внутрішньо-кратерної тераси, 10. Третя внутрішньо-кратерна тераса, 11. Уступ четвертої внутрішньо-кратерної тераси, 12. Четверта внутрішньо-кратерна тераса, 13. Уступ п'ятої внутрішньо-кратерної тераси, 14. П'ята внутрішньо-кратерна тераса, 15. Напірні вали, 16. Схили напірних валів, 17. Випуклі вершини напірних валів, 18. Зовнішні кратерні схили, 19. Міжкратерні сідловини, 20. Випуклі кратерні шлейфи, 21. Увігнуті кратерні шлейфи, 22. Осипні депресії.

Висновки

Накопичені людством знання давно вийшли за межі Землі і є такими, які можна систематизувати й проаналізувати в значній емпіричній мірі, що в свою чергу дозволить домогтися значних теоретичних результатів. Географічна наука переживає стан інтенсивної, швидкої та якісної зміни. Розуміння географічної оболонки давно перестало бути об'єктивною, оскільки інші планети Сонячної системи аналогічно до Землі володіють подібними утвореннями. Не логічно відривати земну географічну оболонку від тотожних до неї, нехтуючи при цьому коеволюційний момент її формування. Адже Сонячна система це єдине утворення де Земля є лише її незначною частиною і має спільну з іншими об'єктами по системі історію формування.

Головною особливістю поверхонь деяких планет земної групи (Меркурій, Місяць) є повільна денудація окремих регіонів їх поверхні, що протікає багато мільйонів і навіть мільярдів років. Поверхня не піддається впливу більшості екзогенних факторів, як земна чи марсіанська. Це призводить до своєрідної консервації, що дає змогу уявити, для прикладу, як виглядала Земля в катархеї. Адже деякі ділянки місячної поверхні мають вік, що відповідає названим вище геологічним періодам розвитку Землі, що в кінцевому результаті дає можливість провести, з деякою точністю, екстраполяцію давньої поверхні Землі.

В роботі вперше здійснено морфологічне та ландшафтне картографування частини поверхні Місяця в крупному масштабі.

Література

1. Кирилюк С. Порівняльна характеристика геоморфологічних умов кратерів Меркурія, Місяця та Марса / С. Кирилюк // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип. 283: Географія. – Чернівці : Рута, 2006. – С. 9-19 с.
2. Кирилюк С. М. Геоморфологія малих місячних кратерів / С. М. Кирилюк // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип.553-554: Географія. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2011. – С. 94-100.
3. Кирилюк С. М. Хронологія розвитку поверхонь Меркурія, Місяця та Марса / С. М. Кирилюк // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип.587-588: Географія. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2011. – С. 130-132.
4. Кирилюк С. М. Геолого-геоморфологічні структури видимої півкулі Місяця / С. М. Кирилюк, К. І. Спатарь // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип.616: Географія. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2012. – С. 101-112.
5. Кирилюк С. Н. Ландшафтні комплекси малих лунних кратерів в разрезе геоморфов на примере Дэви Катены / С. Н. Кирилюк // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип.633-634: Географія. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2012. – С. 73-76.
6. Lunar topophotomap, Cajal, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061A1 (250).
7. Lunar topophotomap, Lucian, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 2, sheet LT061A2 (250).
8. Lunar topophotomap, Cauchy, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061A3 (250).
9. Lunar topophotomap, Sinas, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061A4 (250).
10. Lunar topophotomap, Lyell, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061B1 (250).
11. Lunar topophotomap, Glaisher, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061B2 (250).
12. Lunar topophotomap, Watts, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061B3 (250).

13. Lunar topophotomap, Da Vinci, 1973: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061B4 (250).
14. Lunar topophotomap, Lawrence, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061C1 (250).
15. Lunar topophotomap, Cameron, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061C2 (250).
16. Lunar topophotomap, Anville, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061C3 (250).
17. Lunar topophotomap, Secchi, 1974: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061C4 (250).
18. Lunar topophotomap, Wallach, 1980: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061D1 (250).
19. Lunar topophotomap, Aryabhata, 1980: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061D2 (250).
20. Lunar topophotomap, Menzel, 1977: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061D3 (250).
21. Lunar topophotomap, Maskelyne Orientalis, 1977: National Aeronautics and Space Administration Lunar topographic orthophotomap. Edition 1, sheet LT061D4 (250).

Анотация. С. М. Кирилюк, У. Костюк **Морфологические структуры Моря Спокойствия видимого полушария Луны.** Рассмотрены основные элементы поверхности Моря Спокойствия видимого полушария Луны. Данная статья является логическим продолжением предыдущих исследований авторов, в которых геологическое и геоморфологическое строение отдельных участков Луны изучалась на более глубоком уровне. Вследствии таких исследований была построена серия уникальных карт, преимущественно геоморфологических и ландшафтных в масштабах от 10 000 до 250 000.

Ключевые слова: Луна, видимое полушарие, кратер, геоморфологическое и геологическое строение.

Abstract. S. M. Kyryliuk, U. Kostuk **Morphological structures of Tranquility Sea in visible pickle of Moon.** The basic elements of Tranquility Sea in visible pickle of Moon considered. This article is a logical continuation of author's previous studies in which the geological and geomorphological structure of the Moon's individual sections has been studied at a deeper level. As a result of these studies was constructed a series of unique maps, mainly geomorphological and landscape in scale from 10 000 to 250 000.

Keywords: Moon, visible hemisphere, crater, geomorphological and geological structure.

Поступила в редакцию 27.01.2014 г.