

А. П. Відьмаченко

Місяць

МІСЯЦЬ - природний супутник Землі. Див. також [Місяць](#) (проміжок часу) і [Місячний рік](#). Обертання М. відносно центра мас системи Земля-М. описують 3-ма емпірич. законами, що були сформульовані 1721 франц. астрономом Ж. Кассіні: М. обертається навколо своєї осі із Зх. на Сх. з постій. кутовою швидкістю, причому період обертання дорівнює серед. сидерич. періоду обертання М. навколо Землі; нахил серед. площини місяч. екватора до площини екліптики постійний; полюси місяч. екватора, екліптики й площини місяч. орбіти лежать на одному великому колі, причому саме в зазначеному порядку.

Середня віддаленість М. від Землі 384 399 км, ексцентриситет орбіти $e = 0,0549$, нахил орбіти до площини екліптики $5^{\circ}08'43''$, середня орбітал. швидк. 1,022 км/сек., синодич. період обертання 29,530588 земних діб, сидерич. період обертання 27,3216616 земних діб, тропіч. період обертання 27,3215821 земних діб, аномалістич. період обертання 27,5545509 земних діб, драконіч. період обертання 27,2122204 земних діб, макс. зоряна величина -12,9, маса $7,3477 \times 10^{22}$ кг, екваторіал. радіус 1738,14 км, стиснення 0,00125, середня густина 3,3464 г/см³, прискорення сили тяжіння на екваторі 1,623 м/сек.², друга космічна швидк. на екваторі 2,38 км/сек., видиме альbedo 0,12, видимий кутовий діаметр на серед. відстані $31'05''$, т-ра на екваторі (К): підсонячна точка (вночі 100, вдень 400), на полюсі (відповідно 70 і 390). О

скільки сидерич. і синодич. періоди обертання М. досить близькі, то він завжди обернений до Землі одним боком, але насправді спостерігається не 50 %, а бл. 60 % його поверхні, що зумовлено т. зв. явищем лібрації (від лат. *libratio* - хитання, коливання). Крім того, проявляються також: нутація - відносно короткоперіодичні коливання, що накладаються на прецесію осі обертання тіла під дією обертал. моменту через зовн. гравітац. впливи, що зумовлені змінами орбіти М.; регресія вузлів - поступове переміщення на Зх. вузлів, в яких орбіта М. перетинає

екліптику, що зумовлене гравітац. впливом Сонця (його повний цикл складає 18,61 року); евекція – періодичне збурення руху М., спричинене зміною гравітац. притягання Сонця при русі М. орбітою навколо Землі протягом місяця (період збурень дорівнює 31,8 доби, а макс. величина збурення екліптич. довготи М. – $1,27^\circ$). Напрямок руху орбітою практично збігається з напрямком руху більшості тіл Сонячної системи, тобто проти годинник. стрілки, якщо дивитися на орбіту М. з Пн. полюса світу. Його видимий шлях руху на небі перетинається з площиною екліптики (видимого шляху Сонця серед зір протягом року) в т. зв. місяч. вузлах. Під час руху орбітою навколо Землі змінюються умови освітлення від практично всього диска (повний М.) до практично повністю неосвітленого (новий М.), проміжні умови відповідають першій та остан. чвертям. Якщо новий і повний М. збігаються з його находженням у місяч. вузлах, то спостерігаються явища соняч. і місяч. затемнення, що можуть бути повними та частковими, а стосовно сонячного – ще й кільцевими, коли навколо М. залишається видимим лімб Сонця.

Навколо М. існує надзвичайно розріджена атмосфера, що може бути зумовлена соняч. вітром, дегазацією внутр. шарів, а також випаровуванням при метеорит. ударах. Вважають, що гол. складовою там має бути неон із концентраціями вдень $\approx 6 \cdot 10^4$ см-з та $\approx 1,5 \cdot 10^6$ см-з вночі. Завдяки соняч. вітру з'являються ще й атоми та молекули Н, Н₂, Не, Ne, О, О₂, N, N₂, Н₂О, ОН, NO, N₂О, СО, СО₂, СН₄ заг. концентрацією 10^3 – 10^5 см-з. Якщо надзвичайно розріджена газова атмосфера була очікуваною, то повною несподіванкою було відкриття навколо М. поміт. пилового шару. Так, ще орбітал. модулі косміч. апаратів «Сервеєр-5» і «Сервеєр-7» зареєстрували світіння зх. лімба місяч. горизонту після заходу Сонця, що було приписано розсіянню пиловим шаром, що підтвердив і експеримент із борту «Лунохода-2».

Першу детал. карту М. склав 1647 польс. астроном Я. Гевелій, який найголовнішим місяч. хребтам за аналогією з земними присвоїв назви: Апенніни, Карпати, Кавказ, Альпи тощо. 1651 італ. астроном Дж. Річчолі продовжив таку практику: великим темним деталям присвоїв фантаст. імена (Океан Бур, Море Криз, Море Спокою, Море Дощів тощо); дещо менші темні деталі, що примикають до морів, назвав затоками (напр., Затока Веселки); невеликі неправил. форми плями – болотами (напр., Гниле Болото); окремі гори, переважно кільцеподібні, – іменами видат. учених (Коперник, Кеплер, Тихо Браге тощо).

У 20 ст. питанням упорядкування системи найменування почав займатися Міжнар. астроном. союз (МАС), у рамках якого створ. спец. робоча група з номенклатури. 1962 нею сформовано концепцію, згідно якої: протяжні

утворення, що можна віднести до одного з понять: океан, море, озеро та затока отримують латинізов. назви, що мають емоц. характер; гірські масиви – латинізов. назви, що відповідають геогр. назвам гір на Землі; кратери й окремі гірські вершини (піки та миси) називають іменами астрономів і видат. науковців (по смертно), тому на картах зворот. боку М. з'явилися імена К. Ціолковського, С. Корольова, Ю. Гагаріна та ін.; заборонено використовувати імена політ., військ. і реліг. діячів, філософів 19–20 ст.; борознам, долинам і кратер. ланцюжкам стали надавати імена кратерів, що розташ. поруч. Виняток зроблено для 3-х гігант. ланцюжків у р-ні Моря Східного на зворот. боці М., яким додатково присвоєні ще й власні імена ГДЛ, ГИДР, РНИИ на честь перших рад. дослідн. організацій, що започаткували розвиток ракет. та косміч. техніки. Спостереження на великих значеннях фазового кута вказали на існування тіні, за довжиною якого стали визначати перепад висоти та будувати т. зв. гіпсометр. карти, що характеризують перепад висоти h достатньо великих деталей (загальновідома карта більшої частини видимого боку М. з масштабом 1:1 000 000). Виявилось, що розмір гірських масивів досить значний і їхня висота становить, напр., для Апеннін 6 км, для Карпат – 2 км. Однак абсолютна висота, яку характеризує відстань точки поверхні М. від центра мас, визначали досить непевно. Тому відповідні гіпсометр. карти давали лише заг. уявлення про рельєф поверхневого шару М. Винятком є рельєф крайової зони супутника, для якої нім. астроном Ф. Гайн, рос. астроном А. Нефедьєв і амер. астроном Ч. Вотс склали гіпсометр. карти, що використовували для врахування нерівності краю М. при спостереженнях з метою визначення координат на його поверхні.

Осн. опор. точкою для картографічної прив'язки слугував невеликий за розміром правил. форми кратер Местінг, якого добре видно біля центра місяч. диска. Аналіз переданих із косміч. апаратів зображень дозволив детально дослідити велику кількість кратерів і провести статист. аналіз їхніх параметрів. Для материків і морів характерна різна насиченість кратерами. Так, вивчення 3-х типів місяч. поверхні (материки, вал кратера Альфонс і моря) показало, що кількість кратерів діаметром від кількох десятків метрів до найбільших на пл. 1 км² на валу кратера Альфонс у 3 рази, а на материку у 30 разів більша, ніж на морі. Вивчення великомасштаб. рельєфу за даними назем. спостережень показало, що моря займають бл. 40 % видимої поверхні Місяця і є низин. рівнинами, посіченими тріщинами й невисокими звивистими валами, багато з них оточені концентрич. кільцевим хребтом. Світліша поверхня покрита числен. кратерами, кільцеподіб. хребтами, борознами тощо. На видимому боці М. бл. 300 000 кратерів мають діаметр більше 1 км, найбільші сягають сотень кілометрів у діаметрі. Кратери з діаметром менше 15–20 км мають просту чашоподібну форму, тоді як більші складаються з округлого валу з крутими внутр. схилами, на яких інколи спостерігаються тераси, відносно плоске дно

заглиблене більше, ніж навколишня місцевість.

Довкілля деяких кратерів виявилися насиченими світлими променями, що розбігаються в усі боки, а в їх центрі знаходиться гірка поміт. висоти. Ці промені можуть бути вторин. тріщинами, що з'явилися під час утворення осн. центр. кратера та породжені осколками осн. астероїд. тіла; вони знаходяться на поверхні морів або перекривають гірські породи. Часом тектонічні розриви розсікають кратери та моря, інколи самі перекриваються молодшими утвореннями, тому їх дослідження дозволяє встановити послідовність виникнення різних структур поверхні. Хоча абсолют. вік утворень вважається відомим лише для кількох деталей, але опосередковано встановлено, що вік наймолодших великих кратерів становить десятки (можливо й сотні) млн р., тоді як осн. кількість великих кратерів належить до «довулканіч.» періоду і складає 3–4 млрд р. Окрім кратер. структур, вивчали ще й характеристики мікроструктури поверхневого шару.

У формуванні сучас. місяч. рельєфу брали участь внутр. і зовн. чинники, але зараз метеорит. механізм є домінуючим. Аналіз даних 9 тис. доплерів. вимірювань за 80 обертів косміч. апарата «Лунар Орбітер-5» поляр. орбітою дозволив виявити місця гравітац. аномалій, що були приписані локал. концентрації маси (масконам) у межах від 10⁻⁶ до 10⁻⁵ маси М. Їхнє положення збігається з центром морів круглої форми (Моря Дощу, Ясності, Криз, Нектару і Вологості), тоді як у морів неправил. форми (Море Спокою та Океан Бур) ніяких ознак гравітац. аномалій не було виявлено. З різних місць поверхні М. на Землю доставлено ≈ 380 кг ґрунту, що відповідає як породам вулканіч. типу (лави), так і тим, що виникли в процесі дроблення та розплавлення місяч. речовини при падінні метеоритів. Під впливом соняч. вітру реголіт наситився нейтрал. газами; серед уламків знайдені частинки метеорит. речовини. Осн. маса вулканіч. порід подібна до земних базальтів, з яких, імовірно, складені всі місячні моря. Трапляються також уламки ін. порід: подібних до земної під назвою «KREEP»; збагачені калієм, рідкоземел. елементами і фосфором породи, що, ймовірно, властиві місяч. материкам. «Луна-20» і «Аполлон-16» з материків доставили ще й породу типу анортозитів. Виявилось, що місячні зразки чітко розділяються на 2 великі групи – морську й материкову. Морські породи є залізистим базальтом (з подібного складається дно океанів на Землі), а материкові – з матеріалу, що збагачений сполуками алюмінію, кальцію й магнію та утворений у процесі ударно-вибух. перероблення древньої місяч. кори на ранніх етапах розвитку і не мають аналогів серед земних порід. Вивчення зразків з різних досить віддалених один від одного р-нів виявило низку важливих геохім. особливостей, що різко відрізняє їх як від земних, так і від метеорит. порід. Насамперед це відсутність у місяч. зразках води й ін. летких

компонентів (вуглекислоти, лугів), внаслідок чого на М. у десятки разів менше різновидів мінералів. Порооди М. багаті такими хім. елементами, як кальцій, алюміній, цирконій тощо, що є тугоплавкими та важколеткими. Вміст мінералів дещо різниться для різних зразків. За вмістом радіоактив. ізотопів визначено вік місяч. порід (млрд р.): 4,46 – найстаріших порід, ≈ 4 – у більшості морів (Море Ясності, Море Спокою, Океан Бур) і 3,87 – у Моря Дощів.

Протягом більше 400 р. на М. помічали різні нестаціонарні явища у вигляді підсилення (чи зменшення) яскравості окремих деталей і зміни їх обрису, появу хмаринок тощо; заг. їх кількість перевищує 700. Особливу увагу пошуку активності на М. протягом майже 15 р. приділяв рос. астрофізик М. Козирев, який щонайменше тричі їх реєстрував. Так, восени 1955 на спектрограмі кратера Аристарх він виявив, що центр. частина контурів фраунгоферових ліній H і K кальцію значно вужча, ніж у спектрі Сонця; це було приписано явищу люмінесценції. Величина ефекту змінювалася в часі (найбільшою центр. частина контурів була 4 жовтня) та з фазою М.: до повного М. була більшою, ніж після, а найбільшою – при повному. 3 листопада 1958 М. Козирев виявив унікал. явище для кратера Альфонс: між 0h і 1h всесвіт. часу (UT) помітив, що центр. гірка кратера стала тьмяною і червонуватою, на спектрограмі дуже ослабилася яскравість у синіх і фіолет. променях; між 3 та 3,5 годинами UT центр. гірка стала надзвичайно яскравою і на спектрограмі зареєстровано високоінтенсивну емісію, що складалася з ряду смуг, найінтенсивніша з них перевищувала інтенсивність відбитого соняч. випромінювання майже в 2 рази і нагадувала смугу Свана молекули вуглецю C₂ у спектрі комет. Цей ефект М. Козирев приписав вулканіч. діяльності, що могла б відбуватися за наступ. сценарієм: на поч. викинуто вулканіч. попіл, що ослабив яскравість гірки, пізніше з'явилася газова хмарка діаметром біля 4», люмінесценція якої і сприяла появі емісій. спектра. Після 3h30m кратер набув свого звич. вигляду.

Здійснене Б. Мідлехарстом зіставлення спостережень 103 яскравих спалахів, що спостерігалися різними дослідниками від 1749 до 1964, з числом соняч. плям не виявила відчут. кореляції, але було знайдено помітну залежність між частотою появи цих явищ і положенням М. на земній орбіті. Тому висловлено думку, що ці явища можуть бути зумовлені приплив. ефектом (напр., розтріскуванням кори побл. перигелію чи найбільшим її розслабленням побл. апогею), зумовлюючи вихід газу. Зазвичай зміна інтенсивності та контуру фраунгофер. ліній, крім люмінесценції, приписувалися ще й комбінацій. розсіянню. Однак слід пам'ятати, що при порівнянні спостереж. контурів у спектрі М. і центра Сонця у фраунгофер. лініях завжди буде з'являтися ефект т. зв. псевдоемісії, що зумовлено різними ефектами центр-край у неперерв. спектрі та в центрі фраунгофер. ліній Сонця. Внаслідок цього у спектрі всього диска Сонця глибина

фраунгофер. ліній (особливо потужних) буде завжди менша, ніж для його центра. Досить багато уваги приділялося ще й механізму виникнення додатк. світіння, напр., термолюмінесценції. Механізм її появи полягає в тому, що випромінювання високої енергії збуджує електрони в зоні провідності, внаслідок чого ці електрони можуть заповнювати особливі пастки (т. зв. метастабіл. рівні). При нагріванні електрони поглинають деяку енергію E , що характеризує глибину пастки та повертає їх у зону провідності; звідти вони переходять в осн. стан і саме це зумовлює інколи поміт. світл. спалах, найкращим часом для спостережень яких є час після сходу Сонця над даною місцевістю. Матеріали з мілкими пастками (меншими від значення E) можуть давати спалахи з різким піком інтенсивності вже через кілька годин після сходу Сонця і триватимуть до 1 год. Матеріали з глибокими пастками дадуть спалахи трохи пізніше (інколи аж через дві земні доби після сходу Сонця). Але їх інтенсивність буде значно меншою, хоча й спостерігатимуться вони на тривалішому проміжку часу. Розглядали також механізми збудження люмінесцент. світіння шляхом прямого збудження (ультрафіолет. і корпускуляр. променями) та опосередкованого (звільнення енергії збуджених електронів шляхом терміч. нагрівання, або стимуляції інфрачервоного випромінюванням).

Проте в результаті зроблено висновок про їх неспроможність пояснити спостережені нестационарні явища. Досить докладно досліджували й можливість виникнення ефекту люмінесценції різних мінералів у лаборатор. умовах. Так, опромінювання силікатів потоком протонів (від 10^{12} до 10^{14} атомів \cdot см $^{-2}$) з енергією 2–12 кЕв призвело до появи люмінесценції в діапазоні 300–680 нм. У спектрі порід спостерігалися різні для кожного мінералу люмінесцентні смуги та лінії водню, що утворювався внаслідок рекомбінації протонів із вторин. електронами в зоні товщиною ≈ 1 мм; кристалічні та мінерал. силікати світилися у 2–10 разів сильніше від вивержених порід. Говорячи про приплив. вплив Землі, доцільно розглянути й зворотні ефекти. Відомо, що під гравітац. впливом M . у напрямку до нього відбувається деформування твердої поверхні Землі приблизно на 50 см у вертикал. напрямку і бл. 5 см – у горизонтальному. Ще відчутніше це проявляється у водному середовищі Землі, коли в берег. зонах океанів через кожні 12 год. 25 хв. відбувається зміна приплив. хвилі на відпливну. Гравітац. вплив залежить ще й від зміни кутової відстані між M . і Сонцем на небосхилі ($\approx 12^\circ$ щодня), що, в свою чергу, відбивається на багатьох метеорол. явищах. Проходження Місяця через магнітосфер. шлейф Землі також змінює його параметри.

Від серед. 1980-х рр. активізувалися роботи з розроблення проектів побудови бази на M . Для довготривалого перебування екіпажу на місяч. базі бажано мати щонайбільше ресурсів життєзабезпечення місц. походження, в першу

чергу води. Через практ. відсутність атмосфери будь-яка речовина на поверхні М. безпосередньо стикається з вакуумом. Для водяного льоду це означає, що він буде швидко перетворений безпосередньо у водяну пару та «втече» у космос, оскільки низька гравітація не зможе її утримувати протягом тривалого часу. 1960 К. Ватсон з колегами звернув увагу на існування своєрід. холод. пасток на М., що ніколи не освітлюються прямими соняч. променями. Вони розглянули втрату поверхневим шаром летких з'єднань (зокрема й води) під дією соняч. радіації, соняч. вітру та дії гравітації. Фактором, що обмежує їхню втрату є швидкість випаровування у твердій фазі, коли вони знаходяться у найхолоднішому місці місяч. поверхні (кратери та заглиблення в приполяр. р-нах, дно яких постійно перебуває в тіні). За час еволюції втрата води в таких пастках становить кілька грам з 1 см² площі поверхні. Було оцінено, що 4 потенційні джерела води на М. (відновлення заліза в реголіті соняч. вітром, метеоритні тіла, до складу яких входить вода, падіння комет. ядер і найменш імовірне – дегазація надр) можуть продукувати кількість води в 10¹⁰–10¹¹ т. Вісь обертання М. відхилена тільки на 1,6° від нормалі до екліптики, тому існують постійно затінені області всередині багатьох кратерів у межах до 10° від місяч. полюсів, де достатньо холодно (100 К) для того, щоб запобігти істот. сублімації водного льоду протягом кількох млрд р. Такі місця виявлені косміч. апаратом «Клементина» у глибоких кратерах біля Пд. полюса М. Серед них особливо перспективним є гігант. кратер Айткен (у його найниж. точці за 200 км від пд. полюса – діаметр 2500 км, глиб. 12 км). На його дні існує багато дріб. кратерів, в яких т-ра ніколи не підвищувалася більше від 100 К. Значно меншу площу має затінена область побл. пн. полюса. Аналіз даних радіолокац. спостережень в 1994 з борту косміч. апарата «Клементина» з простор. розділ. здатністю бл. 100 м показав, що деякі частини довкола пд. полюса бувають освітленими протягом менше 10 % від теоретично можливого часу для випаровування льоду.

Результати бістатич. радіолокації дали підставу висловити припущення про можливість наявності водяного льоду в цьому р-ні. З урахуванням суперечливості результатів, НАСА розробило спец. програму дослідж. складу місяч. поверхні. Для її реалізації 7 січня 1998 був виведений на низькополярну орбіту косміч. апарат «Лунар Проспектор». За даними експерименту з нейтрон. спектрометром від 16 січня до 27 червня 1998 були побудовані карти тепл., надтепл. і швидких нейтронів, аналіз яких для поляр. р-нів привів до висновку про можливу наявність відкладень водного льоду у т. зв. холод. пастках з товщиною до 40 см і заг. пл. 1850 км². Вважається, що в таких холод. пастках, напр., після падіння комет. ядра на М., може утворитися знач. шар льоду, що тривалий час захищатиме силікатні породи поверхневого шару від мікрометеорит. бомбардування. Добові коливання т-ри поверхневого шару

реголіту в холод. пастках дуже незначні. Звичайно припущення про однакову концентрацію льоду на різній глибині може бути помилковим, оскільки леткі сполуки на глибині до кількох см досить ефективно руйнуються протонами соняч. вітру й енергій. частинками галактич. фону. Якщо ж у холод. пастках утвориться теплоізоляц. шар (як і в екваторіал. р-нах), то т-ра на глиб. 1-2 м буде на 50-60 K вищою, ніж на поверхні, а тому включення до складу поляр. відкладень льоду із 50 CO_2 навряд чи буде можливим. Результати розрахунків серед. т-ри ґрунту в холод. пастках можна перевірити спостереженнями тепл. випромінювання ґрунту холод. пасток в області довжини хвиль 0,1 мм-10 см. Якщо буде виявлено, що середня яскравісна т-ра поляр. р-нів практично не збільшується з довжиною хвилі, то це може розглядатися як побіч. доказ наявності водяного льоду у підповерхневому шарі ґрунту. Постійне бомбардування М. мікрометеоритами є причиною того, що вся його поверхня покрита 9-12-метр. шаром дріб. роздробленої речовини (реголітом), що за багато років утворила злежалу пористу масу. Саме цей тонкий шар місяч. поверхні і є добрим термоізоляц. матеріалом.

За даними нейтрон. спектрометра косміч. апарата «Місячний розвідник» підготовлено досить детал. карту розповсюдження водню навколо місяч. полюсів, згідно якої він існує лише в холод. приполяр. пастках. Установлено, що в деяких кратерах концентрація водню достатньо висока та відповідає 1 % у перерахунку на водяний лід, але недостатня для того, щоб завадити утворенню водню в результаті бомбардування реголіт. зерен протонами соняч. вітру. Водночас у газопиловій хмарі, що виникла під час зіткнення модуля косміч. апарата «Місячний розвідник» із поверхневим шаром кратера поближ. пд. полюса не було зареєстровано слідів води. Це могло бути зумовлено наступним: косміч. апарат, можливо, взагалі не потрапив у передбачене місце чи опинився у місці, де відсутні сліди води; молекули води, можливо, були хімічно зв'язані в камені як гідратований мінерал, на противагу вільно-існуючим крижаним кристалам, енергія зіткнення була недостатньою для того, щоб відокремити воду від гідратованих мінералів; вода й ін. матеріали, можливо, не піднялися вище стін кратера або ж були спрямовані в ін. бік від назем. спостерігачів. Використавши розрахунки оптималь. траєкторії, виконані укр. ученим Ю. Кондратюком, США реалізували програму пілотов. польоту на М. 21 липня 1969 амер. астронавт Н. Армстронг уперше в історії спустився на місячну поверхню.

Бібліографічний опис:

Місяць / А. П. Відьмаченко // Енциклопедія Сучасної України
[Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г.
Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних
досліджень НАН України, 2019. – Режим доступу:

<https://esu.com.ua/article-67979>

2001-2024 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним
законодавством України

([докладніше](#)).