

ДОСЛІДЖЕННЯ КАРЛИКОВОЇ ПЛАНЕТИ ПЛУТОН

Дмитро Черненко – студент 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського

У статті подається останні відкриття і дослідження щодо карликової планети Плутон. Історія відкриття та сучасні дослідження її за допомогою штучного супутника. Також розповідається про особливості її орбіти та особливості атмосфери і складність дослідження планети.

Ключові слова: Плутон, орбіта Плутона, атмосфера, New Horizons («Нові обрії»), супутник, фото Плутона.

В наш час уже ні для кого не є таємницею, що у нашій сонячній системі налічується 9 планет. Але більшість людей забули, що дев'ята, найбільш віддалена планета від сонця, відноситься до карликових планет. Ця планета називається Плутон.

Плутон найбільша відома карликова планета Сонячної системи. Є найбільшим транснептуновим об'єктом, першим відкритим об'єктом поясу Койпера. Небесне тіло займає дев'яте за розміром та десяте за масою місце, без урахування супутників планет [6, 7, 8].

Як і більшість тіл у поясі Койпера, Плутон складається здебільшого з каменю й льоду і є відносно малим, оскільки діаметр складає близько 2374 км. За масою він поступається Місяцю вп'ятеро, а за об'ємом — утричі. Орбіта Плутона має великий ексцентриситет 0,25, що свідчить, що вона доволі витягнута. Значний нахил до площини екліптики складає $17,1^\circ$. Через витягнутої орбіти Плутон то наближається до Сонця на відстань і опиняється ближче, ніж Нептун, то віддаляється. Оскільки Плутон перебуває в стабільному орбітальному резонансі з Нептуном, тому їхнє зіткнення виключене.

З дня його відкриття 1930 року й до 2006 року Плутон вважали дев'ятою планетою. Однак наприкінці ХХ і на початку ХХІ століття в зовнішній частині Сонячної системи були відкриті інші масивні об'єкти, у зв'язку з чим 2006 року Міжнародний астрономічний союз вперше ухвалив формальне визначення терміну «планета». Плутон не відповідає цьому визначенню і був зарахований до нової категорії карликових планет разом із Ерідою та Церерою [9]. Також його включили до списку малих планет під номером 134 340. Деякі вчені продовжують вважати, що Плутон слід перекласифікувати назад до планет.

Плутон і його найбільший супутник Харон часто розглядають як подвійну планету, оскільки їх спільний центр мас розташований поза обома об'єктами [13]. Міжнародний астрономічний союз оголосив про намір дати формальне визначення для подвійних карликових планет, а до того Харон класифікується як супутник Плутона.

У Плутона є також чотири інші супутники — Нікта й Гідра, відкриті 2005 року, Кербер, відкритий 2011, і Стікс, виявлений 2012.

Єдиний космічний апарат, який досліджував Плутон зблизька, — New Horizons («Нові обрії»), що пролетів повз нього 14 липня 2015 року на відстані 12 500 кілометрів.

Давайте згадаємо також про орбіту Плутона. Орбіта Плутона значно відрізняється від орбіт інших планет. Вона сильно нахилена до екліптики, більш ніж на 17° , і значно витягнута. Середня відстань Плутона від Сонця становить 5,913 млрд. км., або 39,53 а.о., але через великий ексцентриситет орбіти (0,249) відстань змінюється від 4,437 млрд. км. в перигелії до 7,376 млрд. км. в афелії (29,7—49,3 а.о.) [1]. Світло долає відстань від Сонця до Плутона за 247 хвилин у перигелії й за 410 хвилин в афелії, а інтенсивність освітлення відрізняється в 2,8 разів. Період обертання Плутона навколо Сонця складає 248 років. Останній раз він проходив перигелій 5 вересня 1989 року, і зараз поступово віддаляється від Сонця [2].

Орбіту Плутона можна передбачити лише на кілька мільйонів років назад або наперед, але не більше. Оскільки його рух хаотичний і описується нелінійними рівняннями. Але щоб помітити цей хаос, необхідно спостерігати за ним досить довго. Є характерний час його розвитку, так званий час Ляпунова, який для Плутона становить 10 - 20 млн. років. Якщо проводити спостереження протягом малих проміжків часу, буде здаватися, що рух регулярний (періодичний по еліптичній орбіті). Насправді ж орбіта з кожним періодом дещо зсувається, і рано чи пізно змінюється настільки, що від первісної орбіти залишається лише згадка. Тому передбачати рух Плутона для віддалених моментів часу дуже складно.

Період осьового обертання Плутона 6,387 земних діб, що дорівнює періоду обертання Харона навколо нього й навколо власної осі. Тому Плутон та Харон завжди повернуті один до одного одним і тим самим боком. Це найбільші тіла Сонячної системи, в яких синхронне обертання є обопільним. Окрім них, це спостерігається лише у деяких подвійних астероїдів, наприклад, Антіопи та Патрокла. Це явище дало природну точку відліку довгот: нульовий меридіан Плутона проводять через центр півкулі, оберненої до Харона, і навпаки [5].

Також система Плутон - Харон примітна тим, що їх спільний центр мас розташований поза межами обох тіл внаслідок відносно великої маси Харона. Це дало підстави деяким астрономам називати їх подвійною планетою [2]. Плутон із Хароном вважаються найбільшими в Сонячній системі тіла з такою особливістю, за винятком Сонця з Юпітером.

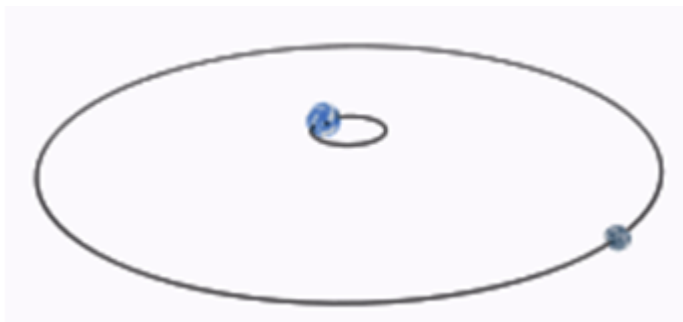


Рис.1. Обертання Плутона і Харона навколо спільного центра мас

Вісь обертання Плутона орієнтована до площини його орбіти приблизно так, як в Урана. Її нахил становить $122,53^\circ$ [1], тобто Плутон майже «лежить на боці» й обертається навколо своєї осі в протилежному до більшості планет напрямку. Через це існує неоднозначність у тому, який його полюс називається *північним*. За правилом, затвердженим Міжнародним астрономічним союзом (МАС) для великих планет та їх супутників, північним є полюс, розташований із північного боку незмінної площини Сонячної системи. Однак для невеликих тіл це незручно, бо напрямок їх осі обертання може швидко й сильно змінюватись. Для них найменування полюсів визначають за напрямком обертання: полюс, із боку якого тіло обертається проти годинникової стрілки, називають *позитивним*, або, неофіційно, *північним* (правило правої руки). Спочатку МАС застосовував до Плутона правило для великих планет, але 2009 року постановив [5] застосовувати до нього, як і до інших карликових планет, правило правої руки. У літературі існує значна плутанина зі сторонами світу для Плутона.

Позитивний («північний») полюс Плутона повернутий до південного боку Сонячної системи й дивиться в бік сузір'я Гідри ($\alpha = 132,993^\circ$, $\delta = -6,163^\circ$ [5]). Негативний полюс спрямований у бік сузір'я Дельфіна.

Останнє рівнодення на Плутоні було 16 грудня 1987 року, тоді полярний день настав на позитивному полюсі. Таким чином, станом на 2015 рік у відповідній півкулі весна. Сонцестояння ж настане наприкінці 2020-х років. Примітне, що рівнодення на

Плутоні в нинішні часи майже збігається з проходженням перигелію (різниця становить 1,7 земного року, або 0,007 року Плутона). Але це є випадковістю.

Отже, переходимо до атмосфери Плутона. Атмосферу Плутона виявили 1985 року під час спостереження покриття ним зорі. Коли об'єкт не має атмосфери, світло від зорі зникає доволі різко, а у випадку з Плутоном - поступово. Остаточо існування атмосфери було підтверджено спостереженнями іншого покриття 1988 року [2].

Атмосфера Плутона дуже розріджена і складається з газів, що випаровуються з поверхневого льоду. Це азот із домішками метану (0,25—0,4%) та чадного газу (близько 0,05—0,1%). Під дією жорсткого випромінювання з них утворюються різноманітні складніші сполуки (зокрема, етан, етилен та ацетилен), що поступово випадають на поверхню. Імовірно, саме їх частинки утворюють шарувату імлу, що сягає висот більше 200 кілометрів [3]. Попри розрідженість атмосфери, ця імла доволі помітна. Завдяки розсіяному нею світлу навіть вдалося сфотографувати деякі деталі нічного боку Плутона.

Тиск атмосфери Плутона дуже малий і значно змінюється з часом, причому неочікуваним чином. Через витягнутість орбіти в афелії Плутон отримує майже втричі менше тепла, ніж у перигелії, і це має спричинити в його атмосфері значні зміни. За деякими прогнозами, в афелії більша її частина замерзає й випадає на поверхню, і її тиск зменшується в багато разів [2]. Однак спостереження покриттів Плутоном зір показують, що між 1988 та 2015 роком цей тиск поступово виріс втричі, хоча з 1989 року Плутон віддаляється від Сонця. Імовірно, це пов'язане з тим, що 1987 року північний полюс Плутона вперше за 124 роки вийшов із тіні, що сприяло випаровуванню азоту з полярної шапки. У 2015 року вимірювання зонда New Horizons показали, що поверхневий тиск становить близько 10^{-5} атм., або 1 Па. Це приблизно узгоджується зі спостереженнями покриттів за попередні кілька років, хоча деякі розрахунки вказували на те, що дані покриттів відповідають приблизно вдвічі більшому тиску [3].

Атмосфера Плутона дуже розріджена і складається з газів, що випаровуються з поверхневого льоду. Це азот із домішками метану (0,25—0,4%) та чадного газу (близько 0,05—0,1%). Під дією жорсткого випромінювання з них утворюються різноманітні складніші сполуки (зокрема, етан, етилен та ацетилен), що поступово випадають на поверхню. Імовірно, саме їх частинки утворюють шарувату імлу, що сягає висот більше 200 кілометрів [3]. Попри розрідженість атмосфери, ця імла доволі помітна. Завдяки розсіяному нею світлу навіть вдалося сфотографувати деякі деталі нічного боку Плутона.

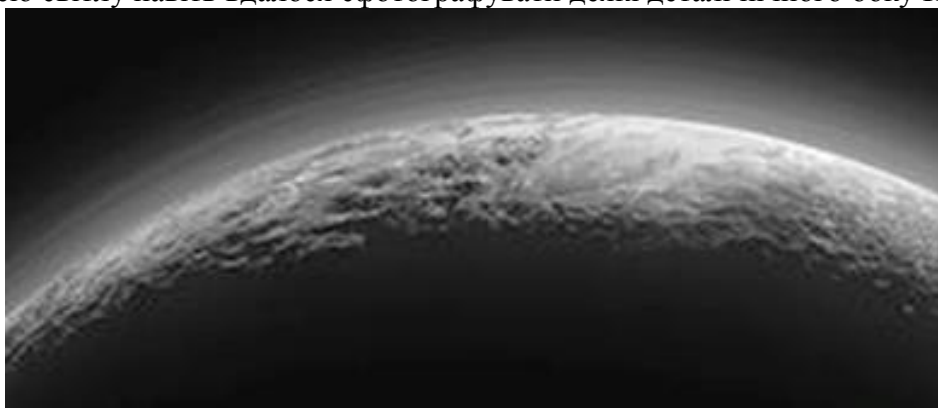


Рис.2. Знімок зонда New Horizons, зроблений через 15 хвилин після максимального зближення з Плутоном. Видно шарувату атмосферну імлу та частину рівнини Sputnik Planitia з навколишніми горами

Тиск атмосфери Плутона дуже малий і значно змінюється з часом, причому неочікуваним чином. Через витягнутість орбіти в афелії Плутон отримує майже втричі менше тепла, ніж у перигелії, і це має спричинити в його атмосфері значні зміни. За деякими прогнозами, в афелії більша її частина замерзає й випадає на поверхню, і її тиск

зменшується в багато разів [2]. Однак спостереження покриттів Плутоном зір показують, що між 1988 та 2015 роком цей тиск поступово виріс втричі, хоча з 1989 року Плутон віддаляється від Сонця. Ймовірно, це пов'язане з тим, що 1987 року північний полюс Плутона вперше за 124 роки вийшов із тіні, що сприяло випаровуванню азоту з полярної шапки. У 2015 року вимірювання зонда New Horizons показали, що поверхневий тиск становить близько 10^{-5} атм., або 1 Па. Це приблизно узгоджується зі спостереженнями покриттів за попередні кілька років, хоча деякі розрахунки вказували на те, що дані покриттів відповідають приблизно вдвічі більшому тиску [3].

Температура нижніх шарів атмосфери Плутона зростає з висотою, кілька градусів на кілометр. На висоті 20 - 40 км вона сягає максимуму 110 К, після чого повільно падає. На висотах у кількисот кілометрів вона виходить на рівень 70 К і далі не змінюється (дані 2015 року). Середня температура атмосфери на $50 \pm 20^\circ$ вища, ніж поверхні (дані 2005—2008 років). Це результат парникового ефекту, спричиненого метаном.

Взаємодія з атмосферою суттєво впливає на температуру поверхні Плутона. Розрахунки показують, що атмосфера, незважаючи на дуже малий тиск, здатна ефективно згладжувати добові коливання цієї температури. Ділянки поверхні, де випаровується азотний лід, охолоджуються, подібно до охолодження при випаровуванні води, на величину до 20° [2]. Вітер біля поверхні може сягати швидкості порядку 1 - 10 м/с.

Під час дослідження карликової планети викликали певні труднощі. Віддаленість Плутона і його невелика маса роблять його дослідження за допомогою космічних апаратів важкими. Його міг би відвідати «Вояджер-1», але перевагу було надано польоту поблизу супутника Сатурна - Титана, і траєкторія польоту виявилася несумісною з польотом поблизу Плутона. У «Вояджера-2» взагалі не було можливості наблизитися до Плутона. Ніяких серйозних спроб дослідити Плутон не робилося аж до останнього десятиріччя ХХ століття. У серпні 1992 року вчений Лабораторії реактивного руху Роберт Стеле зателефонував першовідкривачу Плутона Клайду Томбо з проханням надати дозвіл на відвідання його планети. Пізніше Томбо згадував: «Я сказав йому: ласкаво просимо, але це буде довга й холодна подорож». Попри отриманий імпульс, НАСА скасувало в 2000 місію до Плутона і поясу Койпера «Pluto Kuiper Express», посиляючись на збільшення витрат і затримки з ракетою-носієм.

Після інтенсивних політичних дебатів місія до Плутона була переглянута, і 2003 року під назвою New Horizons вона отримала фінансування американського уряду. Апарат було успішно запущено 19 січня 2006 року. Керівник цієї місії Алан Стерн підтвердив чутки, що в нього покладено частину попелу від кремації померлого 1997 року Клайда Томбо. На початку 2007 апарат зробив гравітаційний маневр поблизу Юпітера, що надало йому додаткового прискорення. Найтісніше наближення апарату до Плутона відбулося 14 липня 2015 року. Спостереження Плутона почались за 5 місяців до того й тривали ще протягом місяця після зближення. Передача цих даних була завершена 25 жовтня 2016 року. Дослідивши систему Плутона, апарат полетів далі в пояс Койпера, до об'єкта 2014 MU69.

Апарат «New Horizons» зробив перше фото Плутона ще наприкінці вересня 2006 року, з метою перевірки камери LORRI (Long Range Reconnaissance Imager). Зображення, отримані з відстані приблизно в 4,2 млрд км, підтвердили здатність апарату відстежувати віддалені цілі, що важливо для маневрування на шляху до Плутона та інших об'єктів у поясі Койпера.

На борту апарату є багато різноманітної наукової апаратури, призначеної для зйомки Плутона і Харона, їх спектрометричного дослідження, а також отримання даних про міжпланетний пил та частки високої енергії. Це дозволило, зокрема, побудувати карти Плутона і Харона, дослідити їх геологічну будову та проаналізувати атмосферу Плутона.

Після відкриття Нікти і Гідри висловлювалися побоювання щодо непередбачених проблем при польоті New Horizons. Уламки від ударів у ці супутники метеоритів могли б створити навколо Плутона кільце пилу. Якби апарат потрапив у таке кільце, він міг би отримати серйозні ушкодження. Однак цього не сталося, і жодних ознак наявності кілець виявлено не було [3]. Не знайшлося й нових супутників, що стало несподіванкою з огляду на значно кращі можливості, ніж у телескопа «Габбл».

14 липня 2015 року New Horizons пролетів повз Плутон на відстані 12,5 тисяч кілометрів від поверхні. Він передав багато різноманітних даних про нього та його супутники, зокрема, перші детальні знімки. Було сфотографовано всю поверхню Плутона, крім широт нижче 30°, де була полярна ніч. Роздільна здатність знімків різних ділянок дуже різна. Найвища вона для протилежної до Харона півкулі, навколо довготи 180°, що була обернена до апарата під час найтіснішого зближення [3]. Найкраща детальність складала 77 - 85 метрів на піксель - отримана для смуги поверхні шириною близько 80 кілометрів. За фотографіями було виміряно розмір Плутона та його супутників, які раніше були відомі зі значною похибкою. Спектральні дослідження показали розподіл різних речовин на поверхні Плутона, а «просвічування» радіохвилями його атмосфери вперше дозволило дослідити її нижні шари [3].

Отже, віддаленість планети від землі робить її дослідження дуже важким. Тому ця планета ще приховуватиме велику кількість таємниць від нас. Які з часом нам стануть нам відомі. Надіюсь, що із розвитком сучасних технологій дослідження Плутона пришвидшаться і ми дізнаємось більше про цю загадкову планету.

Список використаних джерел:

1. Stern S. A. Pluto // Encyclopedia of the Solar System / T. Spohn, D. Breuer, T. Johnson. — 3. — Elsevier, 2014. — P. 909–924. — ISBN 9780124160347.
2. Pluto and Charon / A. Stern, D. J. Tholen. — University of Arizona Press, 1997. — 728 p. — ISBN 9780816518401. — Bibcode : 1998plch.book.....S.
3. Stern, S. A.; Bagenal, F.; Ennico, K. et al. (16 October 2015). The Pluto system: Initial results from its exploration by New Horizons. Science 350 (6258). Bibcode:2015Sci...350.1815S. PMID 26472913. arXiv:1510.07704. doi:10.1126/science.aad1815. (Supplements)
4. Tombaugh C. W., Moore P. Out of the darkness: the planet Pluto. — Stackpole Books, 1980. — 221 p. — ISBN 0-7188-2500-4.
5. Уайт А. Планета Плутон / Пер. с англ.: Л. А. Исакович; под ред. В. А. Брумберга. — М. : Мир, 1983. — 125 с. Архів оригіналу.
6. Гребеников Е. А., Рябов Ю. А. Открытие Плутона // Поиски и открытия планет. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1984. — С. 162. — (Главная редакция физико-математической литературы) — 100 000 прим.
7. Плутон // Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 360. — ISBN 966-613-263-X.
8. Пришляк М. П. Планети-карлики // Астрономія: 11 кл / Я.С. Яцків. — Харків : Ранок, 2011. — С. 93–95. — ISBN 978-617-540-424-9.

RESEARCH OF THE DWARF PLANET PLUTO

Dmitriy Chernenko – 4th year of SVO student Bachelor of VSPU. M. Kotsyubynsky

The article presents the latest discoveries and research on the dwarf planet Pluto. History of the discovery and modern research of it with the help of an artificial satellite. It also is told about the peculiarities of its orbit and the peculiarities of the atmosphere and the complexity of the study of the planet.

Key words: Pluto, Pluto's orbit, atmosphere, New Horizons, satellite, photo of Pluto.