

5. <http://ny.ua/ukr/techno/science/nasa-ekzoplaneti-inoplanetjani-vse-shcho-potribno-znati-pro-guchne-vidkrittja-amerikanskih-uchenih-694158.html>

6. <http://telegraf.com.ua/nauka/3113792-habbl-sdelal-snimok-svetiliz-sozvezdiya-streltsa.html>

Основним аспектом роботи є збір та узагальнення інформації про телескоп «Хаббл», а саме: історію його створення, функціонування, основні відкриття, їх значення та вплив на розвиток сучасної астрономічної науки.

Ключові слова: рефлектор, телескоп «Хаббл», спектрограф, аберація, екзопланети, агонія зірок, чорні діри, вік Всесвіту, галактика TELESCOPE «HUBBLE», ITS HISTORY AND DISCOVERY

Aleksej Brodz

The main aspect of this work is to collect and compile information on the telescope "Hubble", namely the history of its creation, operations, major discoveries and their impact on the development of modern astronomical science.

Keywords: reflector, telescope «Hubble», spectrograph, aberration, exoplanets, agony stars, black holes, age of Universe, galaxy

ЕКЗОПЛАНЕТИ: ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Вікторія Бойко, Вікторія Думенко

Постановка проблеми. Однією з найважливіших проблем, пов'язаних з астрономічними дослідженнями була і є проблема, що стосується пошуку життя на позаземних космічних об'єктах. Вирішення проблеми пов'язано з пошуком і відкриттям екзопланет, яке особливо актуальним є в наш час стрімкого розвитку технічних можливостей. Дослідження Всесвіту без сумніву стане однією з найбільш захоплюючих сторінок наукових пошуків 21 століття.

Мета статті: проаналізувати історію дослідження екзопланет та обґрунтувати наслідки космічних відкриттів для земного життя.

Виклад основного матеріалу. Екзопланета (*дав.-гр. εξω, εχω – поза, ззовні*) або позасонцева планета – планета, що обертається навколо іншої зірки або дрейфує космічним простором (тобто не належить до планетарної системи) [2].

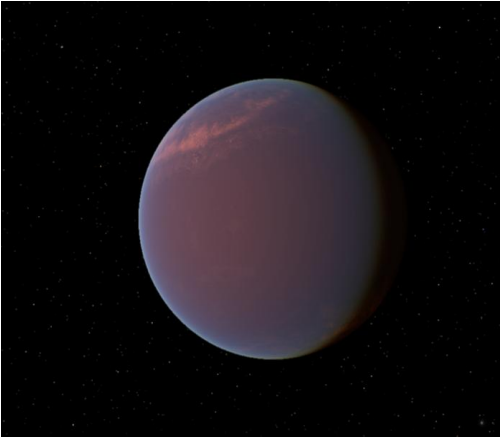


Рис.1. Червоний карлик Глізе 1214 (в уявленні художника). Відкриті 16 грудня 2009 року

Для того щоб якесь небесне тіло можна було вважати планетою, воно повинно задовольняти трьом вимогам. По-перше, воно повинно обертатися навколо зірки (навколо Сонця, а якщо навколо іншої зірки - це як раз таки буде екзопланета (рис.1)). Але на прикладі нашої Сонячної системи ми знаємо, що навколо Сонця обертається ще багато чого - наприклад, пояс метеоритів. Тому існує по-друге: маса планети повинна бути меншою за масу зірки, але більша за масу астероїда,

інакше власної гравітації буде недостатньо для того, щоб небесне тіло мало сферичну форму. Нарешті, по-третє, поблизу орбіти планети має бути простір, вільний від інших тіл. Саме через це Плутон в 2006 році перейменували з планети в карликову планету - поруч з його орбітою багато схожих тіл, просто Плутон - одне з найбільших [1].

Незважаючи на те що зірок на небі дуже багато і за аналогією з Сонячною системою може здатися, що навколо них має бути повно екзопланет, зараз науці відомо всього лише трохи більше 2000 об'єктів такого роду. Та й взагалі наука почала займатися ними відносно недавно - близько 20 років тому, але витoki досліджень почалися ще з давніх уявлень.

Так в ученні Анаксимандра з Мілета, еллінського мислителя VI століття до Різдва Христового, міститься натяк, певний здогад про можливість виокремлення з «безмежного» більш як одного світу. Згодом філософи-атомісти в V столітті до н.е. розвинули його ідеї і стали першими, хто запропонував множинність світів у Всесвіті (раніших письмових свідчень не збереглося).



Рис.2. Джордано Бруно

далі, урівнявши зорі з Сонцем й припустивши наявність у них своїх Земель і навіть — розумних істот, що їх заселяють. Уже 1686 року Іссак Ньютон у своїй праці «Головна схолія», виходячи з прикладу планет Сонця, написав: «І якщо нерухомі зірки є центрами подібних систем, усі вони будуть побудовані відповідно до аналогічної конструкції і за тими самими законами». Цей видатний англійський природодослідник XVII століття вплинув на модерну екзопланетологію: саме його досліди із світловим спектром лягли в основу доплерівського методу; він же наприкінці 1668 року збудував перший телескоп-рефлектор, вивівши тогочасні телескопи на новий рівень. Проте як і Бруно, Ньютон був містиком, вірив у позаземні цивілізації, вважав населеним живими істотами і Сонце [2].

1855 року капітана Вільяма Стефана Джейкоба, астроном Мадраської обсерваторії

І лише з настанням XVI століття у світобаченні людства почалися докорінні й незворотні зміни. 1543 року польський астроном Миколай Коперник опублікував трактат «Про обертання небесних сфер», — де вперше був публічно відкинуто геоцентризм. Дослідник зазначав, що відсутність видимих паралаксів зірок указує на їхню далеку відстань від Землі, значно більшу від сусідніх планет [2].

Один із перших прихильників його теорії, — італійський філософ і поет Джордано Бруно (рис.2), — пішов

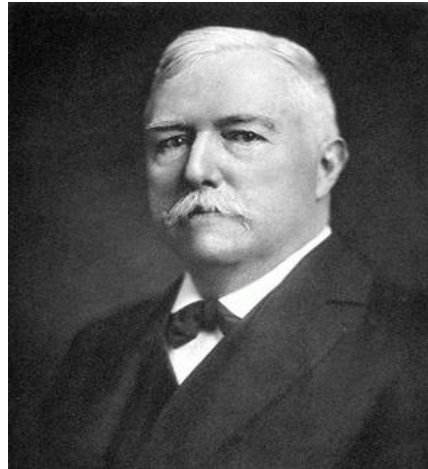


Рис.3. Едуард Бернард

повідомив про можливість існування планетної системи в іншій зірці. Він наголосив на «високій імовірності» перебування планетного тіла в подвійній системі Змієноця. У дев'яності роки XIX століття астроном Томас Джефферсон Джексон Сі з Чиказького університету й Військово-морська обсерваторія США підтвердили наявність у системі Змієноця несамосвітного тіла (невидимого супутника) з періодом обертання в 36 років (результати досліджень були опубліковані в *Astronomical Journal*). Однак розрахунки американця Фореста Рея Мультона довели нетривкість подібної системи і спростовували висновки Сі (обстоювання ідеї існування планетного супутника в подвійній зорі коштувало вченому репутації і вкрай негативно позначилося на його кар'єрі). Станом на 2015 існування планетної системи в зірці Змієноця не визнається наукою. [2].

Перші спроби виявити екзопланети пов'язані зі спостереженнями за положенням близьких зірок. У 1916 американський астроном Едуард Барнард (рис.3) (1857-1923) виявив, що слабенька червона зірочка у сузір'ї Змієноця швидко переміщується по небу відносно інших зірок - на 10 кут. секунд на рік. Астрономи назвали її Легкою зіркою Барнарда. Хоча всі зірки хаотично переміщуються в просторі зі швидкостями 20-50 км / с, при спостереженні з великої відстані ці переміщення залишаються практично непомітними. Зірка Барнарда - вельми звичайне світило, тому виникла підозра, що причиною її спостережуваного «польоту» служить не особливо велика швидкість, а просто незвичайна близькість до нас. Дійсно, зірка Барнарда опинилася на другому місці від Сонця після системи Альфа Кентавра.

Маса зірки Барнарда майже в 7 разів менше маси Сонця, тому вплив на неї сусідів-планет (якщо вони є) повинно бути дуже помітним. Понад



Рис.4. Телескоп «Габбл» після сервісного обслуговування 1997 року

півстоліття, починаючи з 1938, вивчав рух цієї зірки американський астроном Пітер ван де Камп (1901-1995). Він виміряв її положення на тисячах фотопластинок і заявив, що у зірки виявляється хвилеподібна траєкторія з амплітудою коливань близько 0,02 кут. сек., отже навколо неї обертається невидимий супутник. З розрахунків П. ван де Кампа випливало, що маса супутника трохи більша за масу Юпітера, а радіус його орбіти 4,4 а.о. На початку 1960-х років це повідомлення облетіло весь світ. Але не всі астрономи погодилися з висновками П. ван де Кампа. Продовжуючи спостереження і збільшуючи точність вимірювань, Дж.Гейтвуд (G. Gatewood) і його колеги до 1973 з'ясували, що зірка Барнарда рухається рівно, без коливань, а значить масивних планет в якості супутників не має. Однак ці ж роботи принесли і нову знахідку: були помічені зигзаги в русі п'ятої від Сонця зірки Лаланд-21185. Зараз вже отримані вагомі доводи, що навколо цієї зірки обертаються дві планети: одна з періодом 30 років (маса 1,6 Мю, радіус орбіти 10 а.о.) і друга з періодом 6 років (0,9 Мю, 2,5 а. е.). [3]. Також і космічний телескоп Габбл (рис.4) зробив дуже точні (до 0,001 кутової секунди) астрометричні виміри Зорі Барнарда, не виявивши жодного коливання, продемо-нструвавши неспроможність наземних і неспеціалізованих космічних обсерваторій виявляти в цей спосіб планети навіть біля щонайближчих зір [2].

Пошук екзопланет – планет за межами Сонячної системи у 1990-х роках стало важливим етапом розвитку космогонії і поставило нові проблеми щодо структури планетних систем.

Зараз дуже складно сказати, в якому саме році відкрили першу екзопланету. У 1989 році була виявлена надмасивна чи то екзопланета, чи коричневий карлик (тут поки немає визначеності), але її існування підтвердили тільки в 1999-му році, тобто через 10 років після виявлення. Ну а в 1988-му була знайдена екзопланета в сузір'ї Цефея, але те, що це дійсно планета, було підтверджено також через великий проміжок часу (лише в 2002-му) [2]. Також відомим стало відкриття у 1993-му польським астрономом Олександром Вольщановим, який виявив щось на зразок екзопланети біля нейтронної зірки, але оскільки нейтронна зірка - не зовсім зірка, то і знайдений об'єкт не можна в повній мірі вважати екзопланетою.

Тому говоритимемо, що першим стало відкриття саме в 1995-му - саме тоді швейцарські вчені Майор і Келос з точністю довели, що на орбіті зірки Рег 51 є планета, що нагадує Юпітер. Вони побудували оптичний спектрометр, який визначає доплерівське зміщення ліній з

точністю до 13 м / с. Цікаво, що американські астрономи під керівництвом Джеффри Марсі (G. Marcy) створили подібний прилад раніше і в 1987 приступили до систематичного виміру швидкостей



Рис.5. Крабоподібна туманність з пульсаром у центрі

де кількох сотень зірок, але їм не пощастило зробити відкриття першими. [3].

Перші екзопланети були відкриті на основі точних вимірювань променевих швидкостей зір. Такі вимірювання дозволили виявити зміщення зорі, що викликається тяжінням планети. Метод променевих швидкостей найбільш ефективний для виявлення масивних екзопланет на низьких орбітах близьких до Сонця зір. Цим методом (за даними електронного каталогу exoplanet.eu) на початок 2015 р. було відкрито близько 600 екзопланет.

Ще 17 екзопланет було виявлено на орбітах нейтронних зір-пульсарів – це «замагнічені» нейтронні зорі, які дуже швидко обертаються навколо своїх осей (рис.5), за затримкою їх радіоімпульсів, що також спричинена тяжінням планети [7, с. 239]. Якщо промінь зору лежить у площині орбіти екзопланети, при проходженні планети по диску зорі можливо зареєструвати тимчасове послаблення блиску зорі.

де кількох сотень зірок, але їм не пощастило зробити відкриття першими. [3].

Перші екзопланети були відкриті на основі точних вимірювань променевих швидкостей зір. Такі вимірювання дозволили виявити зміщення зорі, що викликається тяжінням планети. Метод променевих швидкостей найбільш ефективний для виявлення масивних екзопланет на низьких орбітах близьких до

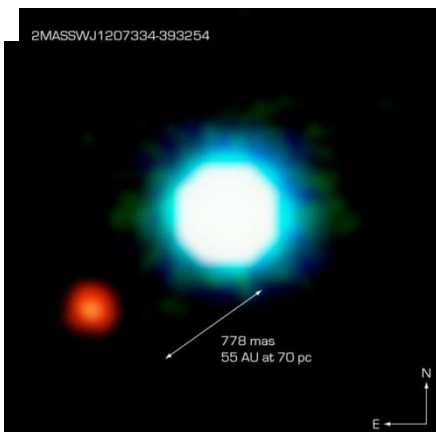


Рис. 6. Зірка 2M1207 (блакитного кольору) і об'єкт 2M1207 b (червоного кольору). Перший знімок екзопланети

На цьому явищі ґрунтується інший ефективний метод відкриття екзопланет - метод затемнень. У результаті спостережень спеціалізованих космічних телескопів Kepler і COROT кількість екзопланет, відкритих цим методом, перевищила дві тисячі, причому велика кількість з них була підтверджена також методом променевих швидкостей. Окрім того, вже для 70 екзопланет у близьких зір вдалося отримати зображення планети (рис.6), а для кількох планет - навіть спектр атмосфери. Ще один метод відкриття екзопланет використовує явище гравітаційного мікролінзування. Якщо промінь зору далекої зорі перетне інша зоря (лінзуюча), що має планету, наявність екзопланети можна виявити за характерною несиметричною кривою блиску. Метод гравітаційного мікролінзування дозволяє відкривати екзопланети на великих відстанях (тисячі світлових років), але не допускає повторних спостережень. Цим методом відкрито 16 екзопланет [4]. Методом прямих спостережень ми можемо побачити планету поряд з іншою зіркою, подібно до того, як бачимо планети нашої зоряної системи. Зробити це дуже складно через величезний контраст яскравості між зорею й планетою. Спостереження планет, що претендують на наукову цінність, потребують достатньо потужних інструментів [7, с. 174]. У листопаді 2008 було опубліковано дві роботи про відкриття, зроблені за допомогою цього методу (щоправда, тоді молоді планети було знайдено не за відбитим світлом зірки, а за власним тепловим випромінюванням).

Найстарішим методом є астрометричний. Саме в такий спосіб дослідники вперше почали пошук планет поза Сонячною системою півстоліття тому. Заснований на спостереженнях за змінами власного руху зорі під гравітаційним впливом планети. За допомогою астрометрії виявлено



Рис.7. Космічний телескоп «Спітцер» до старту

деяку кількість подвійних зір та маси деяких екзопланет було визначено точніше, однак, станом на поточний момент є лише одне підтвержене відкриття — HD 176051 b в сузір'ї Ліри [2]. Радіус її орбіти вкрай малий. Вона розташована ближче до свого світила, ніж Меркурій до нашого Сонця. Це планетарне тіло являє собою розпечене пекло. Але існує й інша причина, що робить виживання тут неможливим. На поверхні планети лютують найпотужніші бурі, що не мають кінця. Помітити ці вітри в телескопи із Землі цілком можливо. Але зафіксувати їх змогли лише надчутливі камери космічного телескопу НАСА «Спітцер» (рис.7), які не використовують видиме світло, а працюють виключно в інфрачервоному діапазоні. Така технологія дає унікальну можливість помітити світіння планети, що знаходиться на орбіті зірки.

Перевага дослідження Всесвіту в інфрачервоному діапазоні полягає в тому, що стає можливим розгледіти навіть внутрішній жар планети на тлі яскравого світіння зірки. Завдяки «Спітцеру» вдалося скласти першу в історії погодну карту планетарного тіла, що знаходиться поза межами Сонячної системи. Це стало революційним проривом і технологічним тріумфом людства. На цій карті чітко видно різницю температур і помітні поліруючі поверхню планети HD189733b вітри колосальної сили. Але це ще не найдивніше.



Рис.8. Сегменти дзеркала телескопа Джеймса Вебба

Найбільш спекотна точка планети розташовується не там, де повинна бути згідно із законами фізики, термодинаміки і небесної механіки. Одна сторона HD189733b постійно повернена до зірки, так що її центр повинен бути найжаркішою точкою планети. Однак це не так. Якась сила зміщує цю точку в сторону. Для цього необхідна просто неймовірна потужність, враховуючи колосальну масу планети.

Лише урагани швидкістю в 10 000 км / год, які ніколи не припиняються, здатні на це. Бурі, що постійно вирують в цьому пекельному світі, в двадцять разів сильніші самих руйнівних земних

ураганів, смерчів, торнадо і у вісім разів перевищують швидкість звуку. Маленькі зрушення ізотермічних ліній на погодній карті незнайомої і екстремальної планети – незаперечний доказ, що тут вирують надзвукові вітри [5].

Сучасний рівень технологічного розвитку (рис.8) дозволяє

виявляти нові планети з приголомшливою

частотою – приблизно по одній в тиждень. Кожна

з них може виявитися райським

куточком земного типу. Але чим

більше ми дізнаємося про ці світи, тим більше

жахливим місцем вони здаються. Деякі екзопла-

нети настільки спекотні, що мова йде не про те що тут неможливе

життя а про те що вони по всіх відомих нам законам природи навіть не

повинні існувати.

Удосконалення обладнання, передовсім у галузі спектроскопії

високої роздільної здатності, призвело до швидкого виявлення

багатьох нових екзопланет. Астрономи навчилися фіксувати

позасонцеві планети побічно — шляхом вимірювання їхнього

гравітаційного впливу на рух батьківських зірок. Окрім цього їх

знаходили, спостерігаючи за зміною видимої світності зірки, коли між

світилом і спостерігачем проходить шукана планета. 2004 року, з

виготовленням новітніх спектрографів, удалося підвищити точність

виміру променевих швидкостей до 1 метру на секунду, що дозволило

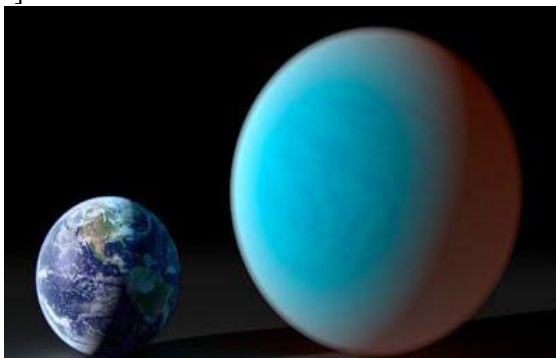


Рис.9. Мю Жертовника у порівнянні з розмірами Землі

ступити нога космонавта. 25 серпня 2004 повідомили про відкриття першої такої в системі зірки Мю Жертовника, її назвали Мю Жертовника (рис.9). Планета має масу від 10,55 до 14 земних (далі M_3), обертається навколо світила за 9,55 діб і перебуває від рідної зірки за 0,09 а. о. Температура на її поверхні — близько 900 К. На початку 2005 було відкрито наступні 12 планет. Серед них шість — газові гіганти. Серед інших шести одна є найменшою з-поміж усіх відомих екзопланет. Вона в'ятеро менша за розмірами від Плутона. Відкрити її допомогло те, що зірка, навколо якої оберталася планета — пульсар. Планета викликала періодичні нерівномірності випромінювання пульсара, завдяки чому її було знайдено [2].

11 квітня 2005 (підтверджено 6 листопада 2007-го) американські астрономи відкрили 55 Рака f — п'яту екзопланету в системі 55 Рака, що зробило її найбільшою з відомих. 13 червня 2005-го група Еугеніо Рівери оголосила про відкриття планети Глізе 876 d масою 7,5 мас Землі. Вираховане за доплерівським методом небесне тіло (згодом зараховане до класу «надземель») стало першою відомою позасонцевою планетою з твердою поверхнею.

Відкрита у 2017 році зірка TRAPPIST-1 (рис. 10) в сузір'ї Водолія виявилася господинею відразу семи аналогів Землі, причому три з них знаходяться в центрі "зони життя" і, ймовірно мають воду і густу атмосферу. Незвичайна зоряна система TRAPPIST-1 віддалена від Землі всього на 40 світлових років у бік сузір'я Водолія.

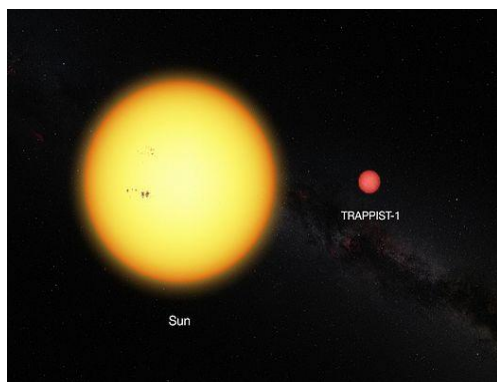


Рис.10. Порівняння розмірів сонця і зірки TRAPPIST-1 в сузір'ї Водолія

У системі знаходяться кам'янисті планети, які схожі на Землю, а також вчені натякають на наявність води, кисню і вуглекислоти в їх атмосферах. Астрономи вивчали властивості цих планет, спостерігаючи за зоряною системою за допомогою телескопа TRAPPIST в Чилі і орбітального телескопа "Спітцер". Завдяки тривалим спостереженням планетологам вперше

вдалося дуже точно виміряти і діаметр і масу шести з семи планет і отримати деякі дані про склад їх атмосфери. Всі планети за розміром схожі з Землею – їх радіус становить від 0,7 до 1,08 радіуса нашої планети, а маса – від 0,41 до 1,38. Відповідно, їх щільність дорівнює земній або трохи нижче за неї, що говорить про їх кам'янисту природу або про те, що вони є планетами-океанами. Але на відміну від Землі, "сім сестер" (рис. 11) обертаються по дуже тісній орбіті навколо TRAPPIST-1 – рік на них триває від півтора дня до приблизно двох тижнів. Навіть остання планета системи, TRAPPIST-1h розташовується приблизно в чотири рази ближче до зірки, ніж Меркурій підходить до Сонця. При цьому майже на всіх планетах має існувати земна або марсоподібна погода з середніми температурами поверхні близько нуля або 20-30 градусів морозу. Тільки перші дві планети "вибиваються" з цього тренду – температури на них перевищують 70-100 градусів Цельсія, що, ймовірно, робить їх більш схожими на Венеру, ніж на Землю. Якщо говорити про ймовірності розвитку життя, то на цю роль поки найбільше претендують три центральні планети – d, e і f. Найбільші шанси на зародження життя є у планети f, клімат якої досить м'який і прохолодний для того, щоб на ній могла існувати вода та органіка. Перші досто- вірні відомо-сті щодо її населеності можуть бути отримані в "межах нинішнього десятиліття", - вважають вчені. [6].

Висновок. Відкриття екзопланет відкрило перед людством шляхи для небаченого поступу. Потреби промисловості в перспективі

задовольняють
необмежені
ресурси
космосу —
корисні
копалини і
потенційне
паливо;
придатні для
заселення світу,
які можливо
колонізують
наші далекі
нащадки,

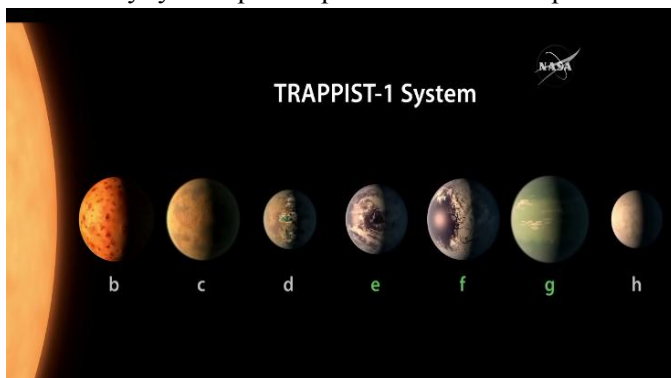


Рис.11. Схематичне зображення системи планет TRAPPIST із сайту NASA

назавжди розв'яжуть проблему демографічного зростання, навіть евакуації у випадку планетарної катастрофи.

Проте придатні для життя планети знаходяться на відстанях в десятки і сотні світлових років. Подолання таких відстаней потребує технічних можливостей недосяжних на сучасному етапі розвитку техніки і науки.

Список літератури

1. Экзопланеты: как их открывают и изучают/ Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://blog.kaspersky.ru>
2. Экзопланета/ Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikipedia.org>
3. Экзопланети історія відкриття та сучасні досягнення / Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://ua-referat.com>
4. Астрономія/Екзопланети / Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://uk.wikibooks.org>
5. Экзопланети/ Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <http://daleki-zori.com.ua/glibokiy-kosmos/ekzoplaneti>
6. Ймовірне життя в системі Водолія: що потрібно знати про відкриті NASA екзопланети / Сайт [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://tsn.ua>
7. Астрономія: навчальний посібник/ І. А. Климишин, Г. О. Гарбузов, Б. О. Мурніков, Т. І. Кабанова. – Одеса: Астропринт, 2012. – 352 с.

У статті показано історію дослідження екзопланет та обґрунтовано наслідки космічних відкриттів для земного життя.

Ключові слова: планети, екзопланети, життя на інших планетах, зірки, нейтронні зірки

EXOPLANETS: HISTORY OPENING AND RESEARCH

Viktoriya Bojko, Viktoriya Dumenko

The article shows the history of the study of exoplanets and reasonable consequences of space open for mortality.

Keywords: planets, exoplanets, life on other planets, stars, neutron stars