

ЧУМАЦЬКИЙ ШЛЯХ – НАША ГАЛАКТИКА

Т.В. Мішеніна

Our Galaxy itself contains a hundred billion stars,
It's a hundred thousand light years side to side,
It bulges in the middle, sixteen thousand light years thick,
But out by us, it's just three thousand light years wide,
We're thirty thousand light years from Galactic central point,
We go 'round every two hundred million years,
And our Galaxy is only one of millions of billions,
In this amazing and expanding universe.

Monty Python, The Galaxy Song¹

Літніми і осінніми вечорами ми бачимо на небі дифузну неоднорідну смугу, що світиться, оперізує небосхил, яка називається Чумацький Шлях або Молочний Шлях (Мал.1). Назва Молочний Шлях є запозиченням з латинського *via lactea* – «молочна дорога», яке, так само є калькою з давньогрецького *κῦκλος γαλαξίας* – «молочне коло». Ця назва відбиває давньогрецьку легенду про розлите молоко богині Гери, яка годувала їм Геракла. Чумацький шлях – ця неяскрава дифузна смуга, що пронизує небо, за однією із легенд, вказувала Шлях чумакам, які йшли за сіллю, на Південь.

Чумацький шлях або Молочний шлях, це не тільки краса неба, видима нами смуга є диском Галактики і складається зі світла багатьох мільйонів зір. Наша галактика також зветься Чумацький Шлях, Молочний Шлях, або Галактика, з великої літери.



Мал. 1.

¹ Сама наша Галактика містить сто мільярдів зір

Це сто тисяч світлових років одна до одної,
Він виступає посередині, товщиною в шістнадцять тисяч світлових років,
Але біля нас, це лише три тисячі світлових років у ширину,
Ми в тридцяти тисячах світлових років від центральної точки Галактики,
Ми обертаємося кожні двісті мільйонів років,
І наша Галактика лише одна з мільйонів мільярдів,
У цьому дивовижному всесвіті, що розширюється.

Монті Пайтон (англ. *Monty Python*) – комедійний гурт з Великої Британії, колективне ім'я авторів гумористичного шоу «Літаючий Цирк Монті Пайтона», зауважимо, що назву мови програмування Python також запозичено з шоу «Літаючий цирк Монті Пайтона», прихильником якого був розробник мови Гвідо ван Россум.



Мал. 2.

Вже в дитинстві, дивлячись на вечірнє небо, на зорі, на Чумацький шлях, ми стикаємося з нашою зірковою системою, ще не усвідомлюючи, що ж це таке, і те, що це лише невелика частина навколишнього величезного світу (Мал. 2, відтворює гравюру Цукіюко Есітісі «Місяць і Молочний шлях»).

Але, що ж таке Галактика в сучасному розумінні, коли і як сформувалося уявлення про нашу зоряну систему? Зародки науки (зокрема, астрономії) осмисленого уявлення про світ, що нас оточує, відслідковуються ще в Стародавньому Єгипті та Індії. Це були математичні (геометричні) уявлення рухів та положень Сонця, Місяця, планет, обчислення місячних та сонячних затемнень; детальне вивчення нерухомих зір, їхніх сходів, кульмінацій та заходів. Опис картини світу, Всесвіту, зокрема і нашої зоряної системи, тривалий час залишався лише на рівні міфів. Проте вже у Стародавній Греції різні

філософські школи розвивали різні напрями космології. Так, піфагорійці дотримувалися математичного опису небесних рухів та геометричного осмислення Всесвіту. Це зіграло величезну роль у розвитку астрономії. Емпедокл, Анаксимандр, Анаксагор, Демокрит та Епікур приділяли увагу еволюції світу та єдності речовини у Всесвіті. І вже в III столітті до н.е. Евдокс пояснював складний рух світил як суму рухів сфер. Епікур від ідеї відносності руху перейшов до геометричних доказів, підтверджених спостереженнями, від подвійного обертання Землі в площині екватора з періодом в одну добу навколо фантастичного небесного тіла Гестії (вогонь) – до її річного обертання навколо Сонця в площині екліптики. Епікур вчив про нескінченність простору, Аристарх – про нескінченну віддаленість зір. Таким чином, філософи античності були досить близькі до сучасного погляду на навколишній світ, місце Сонця та зір. Багато хто з них припускав, що Чумацький Шлях складається із зір, але все ще були далекі від уявлення про зоряну систему, Галактику, і дійсне місце Землі та Сонця в ній. Геоцентрична система Птолемея, що зрештою запанувала в астрономії, на кілька століть «законсервувала» наукові пошуки та дослідження в інших напрямках.

У 1610 році Галілео Галілей зробив велике відкриття, направивши свій телескоп на Чумацький Шлях. Він виявив, що хмари Чумацького Шляху складаються з великої кількості слабких зір. Потрібно було ще півтора століття, щоб німецький філософ Іммануїл Кант, спираючись на роботи астронома Томаса Райта і закони тяжіння, відкриті Ісааком Ньютоном, прийшов до висновку, що наша зоряна система, Галактика, переважною частиною якої є спостережний Чумацький Шлях, може бути диском, що складається з величезної кількості зір, утримуваних гравітаційними силами, подібними до тих, що діють у Сонячній системі. А сам диск виглядає (з місяця розташування Землі і Сонця в Галактиці) як смуга, що світиться на небі. Таким чином, крім математичних (геометричних) уявлень, до дослідження світу була залучена фізика. «Чумацький Шлях – екліптику для зір» писав І. Кант, а «Сіріус – центральне тіло». В останньому він помилявся, однак висловив припущення, що деякі туманності, відомі на той час

і видимі на нічному небі, можуть бути іншими галактиками. І знову знадобилося півтора століття, щоб цей здогад отримав спостережене підтвердження.

Разом з тим, вже наприкінці XVIII століття, завдяки колосальній працездатності, генію та таланту Вільяма Гершеля, допомоги його сестри Кароліни, а згодом спостереженням його сина Джона Гершеля, проведеним у Південній півкулі, методом підрахунку зір було побудовано картину нашої Галактики. Гершель дав переконливий доказ того, що відстані до різних зір неоднакові, і що Сонце по відношенню до найближчих зір рухається у просторі. Зоряна система – Галактика, в яку входить і наше Сонце, має вигляд сплющеного диска. Виявлена велика зоряна щільність у Південній півкулі в порівнянні з Північною, свідчила про те, що Сонце не лежить у площині симетрії, а дещо височіє, знаходиться над площиною Галактики. Але саме Сонце у цій картині світу все ще знаходилося у центрі нашої великої зоряної системи. Завдяки спостереженням 69 кульових скупчень, Харлоу Шеплі вже у XX столітті знайшов справжній центр Галактики з їхнього просторового сферичного розташування. Це дозволило йому оцінити фізичний розмір Чумацького Шляху в приголомшливі 300 000 світлових років або 90 кпк в діаметрі, але величина його розмірів змусила його зробити висновок, що «здається малоймовірним, щоб спіральні туманності можна було вважати окремими галактиками зір» (Шеплі, 1918). Приблизно водночас Хебер Кертис у США та Кнут Лундмарк у Швеції уважно вивчали спіралеподібну «туманність Андромеди» — найбільшу з усіх відомих туманностей. Кертис отримав оптичний спектр Андромеди, виявив подібність із Чумацьким Шляхом, що привело його до висновку, що насправді існують галактики поза нашою власною. Лундмарк, натхненний більш ранньою роботою Кертиса з виміру відстаней за допомогою Нових зір, і використовуючи дані чотирьох Нових зір Андромеди, розрахував відстань 650 000 світлових років, або 200 кпк (Лундмарк, 1920). Незважаючи на те, що це було лише близько чверті сучасної оцінки відстані (близько 780 кпк), Андромеда була далеко за межами Чумацького Шляху. Ці одночасні відкриття призвели до вирішальної дискусії серед астрономів, особливо Шеплі та Кертиса, щодо статусу Андромеди як окремої галактики чи туманної хмари у Чумацькому Шляху. Ця дискусія, що отримала назву «Великі дебати» (Shapley & Curtis, 1921), відбулася у 1920 році у Смітсонівському музеї природної історії у Вашингтоні, округ Колумбія, США. Шеплі стверджував, що ніщо не може бути таким великим, як Чумацький Шлях.

Саме Х. Шеплі, а не Е. Хаббл, запропонував називати зовнішні зоряні системи «галактиками». Е. Хаббл все ще був схильний до консервативних поглядів на світ, втім, які він сам і спростував. Едвін Хаббл, людина, яка довела, що Чумацький Шлях лише одна з незліченної множини галактик, так і не перестав називати ці об'єкти «екстра-галактичними туманностями».

Наступним кроком у розумінні будови Галактики було усвідомлення того, що Чумацький Шлях містить величезну кількість газу та пилу. Одним із перших, хто звернув увагу на наявність поглинання світла зір міжзоряною субстанцією, був швейцарський астроном Жан Філіп де Шезо (1744). Він, формулюючи фотометричний парадокс (парадокс Шезо – Ольберса) – чому яскравість нічного неба не така як яскравість Сонця, адже величезна кількість зір має створювати дуже яскраве небо, заявив: хмари пилу «закривають» світло далеких зір. У сучасній космології фотометричний парадокс пояснюється скінченністю віку Всесвіту і скінченністю швидкості світла. Через майже 100 років, ґрунтуючись на спостереженнях зір, про міжзоряне поглинання російський астроном Вільгельм Струве в 1847 році написав: «Я не бачу жодного іншого

пояснення, крім припущення, що інтенсивність світла меншає швидше, ніж обернено пропорційно квадрату відстані, а це означає, що існує втрата світла, ослаблення під час проходження світла через світовий простір». Поглинання та розсіювання електромагнітного випромінювання речовиною (пилем і газом), що знаходиться в міжзоряному просторі між випромінюючим астрономічним об'єктом та спостерігачем, описується міжзоряною екстинкцією, яка є залежністю «поглинання світла» від довжини хвилі. У 30-ті роки двадцятого століття Роберт Трюмплер оцінив його за спектрофотометричними вимірами пар зір та дослідженнями розсіяних скупчень.

Газ та пил у Галактиці зосереджені у різноманітних хмарах – від круглих чорних компактних пилових глобул до гігантських неправильної форми агрегатів. Такі вони у сузір'ях Оріона, Тельця, Лебедя та Скорпіона. Ці космічні хмари пов'язані зі спіральними рукавами Галактики, які раніше були відомі зі спостережень яскравих зір. Міжзоряні лінії поглинання відкриті Дж. Хартманом у 1904 році. Вони належали атомам та іонам Ca, Na, Fe, Ti.

Бертіль Ліндبلاد в 1925 році оцінив швидкість Сонця відносно зір (20 км/с) і виявив два протилежно спрямовані потоки зір, обумовлені обертанням Галактики. Ян Хендрік Оорт у 1927 році на основі статистичного вивчення променевих швидкостей та власних рухів строго обґрунтував гіпотезу Б. Ліндבלада про обертання Галактики навколо її центра та показав, що Галактика обертається не як тверде тіло – внутрішні її частини обертаються швидше, швидкість зменшується з відстанню від центра.

Наша Галактика Чумацький Шлях є великою дископодібною спіральною галактикою з перемичкою, з діаметром диска, який ми спостерігаємо в оптичному випромінюванні, близько 25 – 30 кпк (або близько 10^5 світлових років) за різними даними. Вона містить близько $3 \cdot 10^{11}$ зір, а її загальна маса з урахуванням протяжного гало становить близько $6 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, що майже у 5 разів перевищує масу, зосереджену в межах оптичного диска. Крім зір, в Галактиці міститься міжзоряний газ, пил, і, як показали дослідження останніх років, зокрема, супутника WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), запущеного в 2001 році НАСА (NASA, *National Aeronautics and Space Administration*) для дослідження реліктового випромінювання, що утворилося в результаті Великого Вибуху, більша частина темної матерії та, можливо, темної енергії, пов'язані силами гравітаційної взаємодії. У 2009 році ЄКА (Європейська Космічна Агенція) з аналогічною метою була запущена космічна обсерваторія «Планк» (Planck), названа на честь Макса Планка, відомого німецького фізика. За її даними, Всесвіт складається на 4.9% із звичайної (баріонної) речовини (за даними WMAP – 4.6%), на 26.8% із темної матерії (проти 22.4%) та на 68.3% (проти 73%) із темної енергії. Безпосередньо у Галактиці ці пропорції можуть відрізнятися.

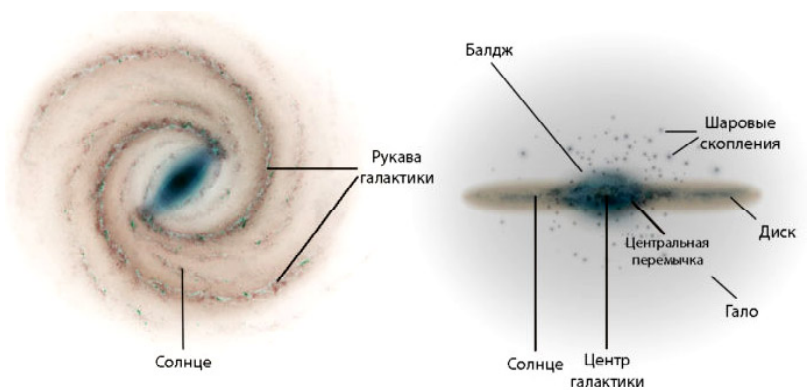
Наша Галактика, як і інші спіральні галактики, характеризується складною багатокомпонентною структурою (Мал.3). Яскравий диск занурений у сферичну підсистему, що слабо світиться, – гало. Центральна частина Галактики – це щільне еліпсоїдальне згущення зір, зване балджем (від англ. *bulge* – опуклість), що є тривісним бароподібним утворенням (за спостереженнями супутника COBE (*Cosmic Background Explorer*, запущеного в 1989 році для досліджень реліктового фону)) з ядром. У самому центрі ядра (50×30 пк) знаходиться компактний об'єкт Стрілець А (Sgr A*), що, можливо, являє собою чорну діру. В даний час великомасштабна структура галактичного диска зазвичай моделюється у вигляді подвійного диска з експонентним розподілом щільності. Модель розглядає тонкий диск, вертикальний масштаб поблизу Сонця 0.2 – 0.3 пк та товстий диск,

вертикальний масштаб 1 кпк, при максимальній висоті близько 3 кпк та відстані Сонця від галактичного центра $R_0 = 7.5$ кпк, протяжність диска оцінюється у $R = 12$ кпк. Найпоширенішими зорями, що населяють галактичний диск, є холодні зорі-карлики; до типових представників тонкого диска можна віднести гарячі зорі спектральних класів О-В, довгоперіодичні цефеїди, розсіяні зоряні скупчення (РС) та асоціації, газопилові туманності. Червоні гіганти, довгоперіодичні та неправильні змінні зорі, білі карлики, нові зорі, пульсари, чорні діри та планетарні туманності більш характерні для товстого диска.

Сферична підсистема (гало) – це червоні карлики та субкарлики, червоні гіганти, коротко- та наддовгоперіодичні цефеїди, зорі типу RR Ліри, кулясті скупчення (КС). Проте чіткого поділу тих чи інших типів зір та об'єктів за структурними підрозділами у Галактиці немає. Перераховані об'єкти можуть спостерігатися як у тонкому, так і в товстому дисках, а також у гало.

З урахуванням оцінок швидкості втечі (другої космічної) для зір у околиці Сонця, що дорівнює 475 км/с, і швидкості руху 200 км/с, отримано, що гало Галактики тягнеться, принаймні, до $R = 46$ кпк, тобто до Магелланових Хмар, двох галактик неправильної форми, що є супутниками нашої Галактики, і обертаються навколо спільного з нею центра мас. Результати дослідження динаміки систем кулястих скупчень, карликових супутників Галактики та галактики Туманності Андромеди свідчать про ще більш масивне та протяжне гало ($R = 100\text{--}200$ кпк). Саме акреційне гало, яке фактично робить видимою корону, що складається з темної речовини, і тягнеться так далеко.

Ще в 1852 році Стівен Александер висловив припущення, згідно з яким Чумацький Шлях є системою спіральних рукавів, що виходять із центра, в якому знаходиться Сонце, а також всі найяскравіші зорі. Бертіл Ліндبلاد, розглядаючи рухи зір у великих скупченнях (галактиках), виявив, що зорі прагнуть концентруватися в спіральних рукавах, а спіралі лідирують у обертанні галактики (нині вважається, що вони «волочуться», відстають). Він першим (1955) висловив ідею про те, що будь-який спіральний рукав є не деяким матеріальним утворенням, а хвилею. У 1964 році Ці-Цяо Лін і Франк Шу показали, що завдяки гравітаційній нестабільності в галактиках можуть існувати хвилі густини спіралеподібної форми, що обертаються з певною кутовою швидкістю і поши-



Мал. 3.

рюються по радіусу з певною груповою швидкістю. Розглядаються різні причини виникнення хвиль густини: це може бути існування генератора хвиль в центрі асиметричного утворення – бару, що обертається, або наявність гравітаційної нестійкості. Наявність бару у центрі нашої Галактики в останнє десятиліття XX століття доведено рядом спостережень. У 2005 році Роберт Бенджаміном з колегами були проаналізовані дані GLIMPSE (*Galactic Legacy Mid-Plane Survey Extraordinaire*) каталогу, що містить близько 30 млн ІЧ-джерел, отримані супутником «Спітцер» (*Spitzer Space Telescope*, інфрачервоний телескоп НАСА). Вони показали наявність довгого бару, що проходить через центр Галактики з півшириною $R_{\text{bar}} = 4.4 \pm 0.5$ кпк, нахиленого на кут $\phi = 44^\circ \pm 10^\circ$ до лінії Сонце – центр Галактики. Також утворення спіральної структури може бути викликане зовнішніми причинами, наприклад, припливного характеру завдяки взаємодії з прилеглою галактикою (наприклад, Великою Магеллановою Хмарою – ВМХ) або проходженням у відповідній близькості іншої галактики.

Останнім часом отримано все більше підтверджень тому, що в нашій Галактиці містяться об'єкти, захоплені нею, рухомі і гравітаційно взаємодіючі з об'єктами в міжгалактичному середовищі. Про це говорять і кінематичні, і спектральні дослідження зір кулястих скупчень у нашій Галактиці, а також численні знімки космічного телескопа «Хаббл».

Оцінки відстані від Сонця до центра Галактики, наведені у різних роботах, помітно відрізняються – від 7.10 ± 0.54 кпк, спираючись на зорі балджа; і до 8.92 ± 0.56 кпк, використовуючи кінематику зір центрального (0.5 пк) скупчення в ядрі Галактики. На основі аналізу даних, зібраних за допомогою супутника ЄКА «Гайя» або «Гея» (*Gaia*, первісно від *Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*, потім – богиня Землі, Гея), проведено вимірювання швидкості обертання Сонця навколо центра Галактики. Динамічне вимірювання швидкості обертання Сонця навколо центра Галактики: $V_{\text{вр}} = 239 \pm 9$ км/с. У поєднанні з виміряним власним рухом об'єкта в центрі Галактики, Sgr A*, це дає відстань до галактичного центра: $R_0 = 7.9 \pm 0.3$ кпк. У 1985 році Міжнародним Астрономічним Союзом (МАС) для уніфікації користування була рекомендована величина відстані 8.5 кпк.

Основні сучасні кількісні оцінки параметрів Галактики представлені у таблиці. Слід відмітити, що значення параметрів нашої Галактики постійно уточнюються та залежать від методів та джерел їх визначення, тому не є точними «остаточними» значеннями.

Чумацький Шлях, наша зоряна система, разом з галактикою Андромеди (М31), галактикою Трикутника (М33), і більше 40 карликовими галактиками-супутниками, як нашої Галактики, так і Андромеди, утворюють Місцеву Групу галактик, яка є частиною Місцевого Надскупчення (Надскупчення Діви).

13 червня 2022 року був випущений останній випуск даних місії Gaia, найбільший з коли-небудь складених каталогів інформації про зір галактики Чумацький Шлях. Нові дані місії Gaia надали астрономам нові можливості дослідження нашої Галактики, в тому числі її центру. Згадаймо, що на сьогодні розглядаються дві основні теорії формування Чумацького Шляху. Перший – це ієрархічний сценарій, який говорить нам, що наша Галактика утворилася в результаті ієрархічного злиття менших темних гало. Акреція баріонної матерії відбулася пізніше. Спочатку утворився балдж, а згодом тонкий диск. Товстий диск міг утворитися в результаті кінетичного нагріву, викликаного супутниками малої/середньої маси, що поглинаються. Присутність зоряних потоків у зоряному гало підтверджує ієрархічний сценарій, вони є приливними залишками минулих подій злиття. В даний час ми маємо низку підтверджених подій акреції, таких як кар-

Таблиця. Основні параметри Галактики:

Діаметр дискової складової	30 кпк
Маса та шкала висот тонкого диска на R_0	$4\pm 1 \cdot 10^{10} M_{\odot}$, 300 ± 50 пк
Маса та шкала висот товстого диска на R_0	$8\pm 3 \cdot 10^9 M_{\odot}$, 2.0 ± 0.2 кпк, 900 ± 180 пк
К/а балдж: кут, відношення осей, вертикальна шкала висот	$27^{\circ}\pm 2^{\circ}$, 0.5 ± 0.05 , 180 пк
Довгий бар: кут, радіус, шкала висот тонкого бара	$29.5^{\circ}\pm 1.5^{\circ}$, 5.0 ± 0.2 кпк, 180 пк
Радіус сферичної складової (внутрішнє гало)	10 кпк
Відстань від центра Галактики до Сонця	8.2 ± 0.1 кпк (8.5 кпк, МАС 1985 рік)
Положення Сонця над площиною Галактики	25 ± 5 пк
Кількість зір у Галактиці	Не менше 10^{11}
Загальна маса зір різних типів	$6 \cdot 10^{11} M_{\odot}$
Загальна маса Галактики, включаючи галактики-супутники	$1.2 \cdot 10^{12} M_{\odot}$
Скупчення зір в ядрі (NSC): маса, радіус, відношення осей	$2 \cdot 10^7 M_{\odot}$, 4.2 ± 0.4 пк, 0.71
Маса чорної діри (Sgr A*) у центрі Галактики	$(4.2\pm 0.2) \cdot 10^6 M_{\odot}$
Період обертання Сонця навколо ядра Галактики	250 млн років
Повна кутова швидкість Сонця щодо Sgr A*	30.24 ± 0.12 км/с на кпк
Кругова швидкість обертання на відстані Сонця	238 км/с

Примітка. Шкала висот у данному випадку – це висота (відстань від площини Галактики), на якій маса об'єктів в одиниці об'єму зменшується в e разів ($e \approx 2.7$).

ликова галактика Стрільця, Гайя-Енцелад/Cosіс, Секвойя, потоки Гельмі і Тамнос, також було виявлено, що інші потоки пов'язані з акретованими кульовими скупченнями. Так, були розглянуті і досліджені як можливі випадки ранньої акреції, спираючись на властивості кульових скупчень внутрішньої Галактики як індикатори дуже старого компонента Чумацького Шляху, який був названий Кракеном і Коалою. Залишки галактики Стрілець домінують в гало від 20-50 кпк з зорями, в основному на досить нахилених орбітах зі значним кутовим моментом; на висоті 5-25 кпк переважають уламки зруйнованої галактики-супутника Гайя-Енцелад.Cosіс, із зорями на помітно ексцентричних орбітах ($e > 0.7$) з невеликим (трохи ретроградним) кутовим моментом.

Таким чином, гало Галактики могло утворитися внаслідок серії незначних злиттів. Більше того, той факт, що частота злиттів збільшується зі збільшенням червоного зміщення, говорить нам про те, що події злиття були досить звичайним явищем у молодій (ранній) Галактиці. Це забезпечує додаткову підтримку ієрархічного сценарію. Другий і найуспішніший сценарій — вікова еволюція із повільною, але безперервною акрецією зовнішньої матерії. Згідно з цією теорією, балдж Галактики утворився в результаті акреції дискової речовини за рахунок нестійкостей, спричинених баром. Цей сценарій узгоджується зі спостережуваним зв'язком між кольором балджа і диска, вивченим за допомогою статистичного аналізу 257 спіральних галактик італійськими вченими в 2001 р. масивними прабатьками, які об'єдналися при високому червоному зміщенні та утворили протогалактику. Хоча відомо, що бідні металами зорі розташовані у внутрішніх частинах у кілька кілопарсек нашої Галактики, поточні дані ще не дають повної картини такого бідного металами «серця» Чумацького Шляху. Використовуючи інформацію з третього випуску даних Gaia, для 2 млн зір-



Мал. 4.

гігантів, виявлено велику, давню і бідну металами популяцію, що включає близько 18 000 зір в межах металевоствей з $-2.7 < [M/H] < -1.5$, просторовий розподіл цих зірок $[M/H] < -1.5$ має довжину всього ~ 2.7 кпк навколо галактичного центру, причому більшість орбіт обмежена внутрішньою Галактикою.

Але в центрі Чумацького Шляху, в центрі його серця, знаходиться чорна діра, і вчені з Північно-Західного університету США виявили сотні нових схожих на нитки структур, які, швидше за все, з'явилися в результаті викидів із величезної чорної діри (Мал. 4), кожна з яких простягається на відстань від 5 до 10 світлових років. За словами вчених, побачити ці структури можна лише в радіодіапазоні, і, швидше за все, вони з'явилися в результаті вивержень у чорній дірі Стрілець A*, яка розташована в центрі нашої Галактики. Ці сотні космічних ниток, швидше за все, утворилися в результаті високоенергетичного викиду, який прорізав порожнечу в навколишніх газових хмарах. Надмасивна чорна діра в центрі Чумацького Шляху є справжнім космічним монстром, маса якого в 4 млн разів більша за масу Сонця. Під час попередніх спостережень за центром Галактики астрономи виявили величезні енергетичні бульбашки біля чорної діри, які йдуть у космос на відстань 25 тисяч світлових років. Також ці спостереження дозволили виявити близько 1000 вертикальних, схожих на нитки структур. І вони також виходять із чорної діри. Вчені припустили, що ці явища пов'язані з викидами з чорної діри Sgr A*. Але нові ниткоподібні структури, хоча такі ж тонкі, як і раніше виявлені, але набагато коротші й існують тільки з одного боку надмасивної чорної діри. Вчені вважають, що ці нові нитки створив такий самий викид енергії, який призвів до створення раніше виявлених явищ. Щодо часу їхньої появи, то астрономи вважають, що такий викид із чорної діри відбувся приблизно 6 млн років тому.

А тепер, я пропоную читачам звернути увагу на два відео зображення. На першому – ехо, що випромінюється під час спалаху Sgr A* (розташованого поза зображенням), котить коло на зображенні центру Галактики. Яскравість джерел випромінювання (або відлуння, для IXPE) перетворюється в звуковий спектр, на 51 октаву нижче справжніх частот (52 октави для відлуння). Авторство: NASA/CXC/SAO/IXPE, <https://www.youtube.com/watch?v=774zQpC693k&t=23s>. На другому – фільм про чорну діру, в центрі Чумацького Шляху, <https://www.youtube.com/watch?v=SNOfs30P4sM> *Sagittarius A*: The Milky Way's Supermassive Black Hole*. 94