

doi: <https://doi.org/10.15407/kfnt2023.02.047>

УДК 524.7; 523.164

PACS 98.54.Cm; 98.70.Dk; 95.55.-Jz

**Н. Г. Пулатова^{1,2}, І. Б. Вавилова^{1,3},
А. А. Василенко^{1,5}, О. М. Ульянов⁴**

¹Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України
вул. Академіка Заболотного 27, Київ, Україна, 03143

²Інститут астрономії імені Макса Планка
Кенігштуль 17, D-69117 Гайдельберг, ФРН

³Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Тараса Шевченка
вул. Обсерваторна 3В, Київ, Україна, 02000

⁴Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України
вул. Мистецтв 4, Харків, Україна, 61002

⁵Факультет фізики, астрономії та астроінформатики, Університет імені Н. Коперника
вул. Грудзяндзка 5, PL-87-100 Торунь, Польща

E-mails: nadya@mao.kiev.ua, irivav@mao.kiev.ua,
vasylenko_a@mao.kiev.ua, oulyanov@rian.kharkov.ua

Властивості ізольованих галактик із активними ядрами на $z < 0.05$ у радіодіапазоні

Мета роботи. Досліджуються властивості 61 ізольованої галактики з активними ядрами (ізольовані АЯГ) в радіодіапазоні на червоних зміщеннях $z < 0.05$. Вибірку було отримано шляхом перехресної кореляції каталогу 2MIG (каталог ізольованих галактик на базі огляду неба 2MASS) із каталогом квазарів/АЯГ Veron-Cetty і обмежена за зоряною величиною $4^m < K_s < 12^m$, променевою швидкістю $V_r < 15\,000$ км/с та відстанню до найближчої значимої галактики. Ці обмеження свідчать, що ізольовані АЯГ не мали зіткнень з іншими галактиками щонайменше впродовж останніх 3 млрд років, а спостережувана активність їхніх ядер зумовлена лише фізичними процесами, що відбуваються в системі «тор — акреційний диск — ядерна область — надмасивна чорна діра». У роботі з використанням різних баз даних та архіву наземних і космічних телескопів систематизовано параметри ізольованих АЯГ в радіодіапазоні. Такі характеристики необхідні для подальшого вивчення фізичних властивостей областей активного зореутворення і активного ядра цих галактик у порівнянні з властивостями, що проявляють себе при спостереженнях в інших спектральних діапазонах.

Результати роботи. Представляються доступні з баз даних спектральні щільності потоків (СЩП) на частоті 1.4 ГГц або на 5 ГГц для

ізолюваних АЯГ з каталогу 2MIG. Для 51 з 61 галактик вибірки нам вдалося знайти СЩП на частоті 1.4 ГГц. Їхні величини для більшості ізолюваних АЯГ знаходяться в діапазоні 3...20 мЯн, для двох галактик PGC35009, NGC6951 у діапазоні 50...200 мЯн, дві галактики ESO483-009 та ESO097-013 мають 352 та 1200 мЯн відповідно, а для 10 ізолюваних АЯГ величини СЩП становлять менше 3 мЯн; СЩП для NGC0157 не відповідає положенню галактики. Ми розраховували відношення R СЩП на 5 ГГц до СЩП в оптичному діапазоні. Оскільки лише вісім ізолюваних АЯГ мають виміряні потоки на 5 ГГц, ми обчислювали потрібні значення СЩП на 5 ГГц, використовуючи значення СЩП на 1.4 ГГц на основі закону $S \propto \nu^{-\alpha}$ для галактик типу Сейферта і приймаючи спектральний індекс рівним $\alpha = 0.7$. Для 27 ізолюваних АЯГ на частоті 5 ГГц СЩП не перевищувала 3 мЯн, для 15 АЯГ вона лежала у діапазоні 4...15 мЯн, для семи ізолюваних АЯГ — у діапазоні 15...55 мЯн, галактики ESO097-013 і ESO483-009 мають СЩП у 304 і 132 мЯн відповідно. Виявлено, що 51 із 61 є радіотихими ($R < 10$) галактиками, для дев'яти галактик даних немає, ESO483-009 є радіогучною ($R = 20.72$, Sy3/LINER, SAB00 pec). Оцінено чутливість радіотелескопів, необхідну для спостережень і визначення СЩП радіотихих галактик з АЯГ.

Висновок. Представлена систематизація властивостей ізолюваних АЯГ близького Всесвіту у радіодіапазоні має подальшу мету постановки програми радіоастрономічних спостережень для оцінки СЩП та моніторингового дослідження для більш детального картографування особливостей розподілу радіовипромінювання цих галактик у порівнянні з X - та оптичним спектральними діапазонами. Важливим є те, що випромінювання в радіодіапазоні надає можливість вільно від поглинання відстежувати і розділити області активного зореутворення галактик та центральні області з надмасивними чорними дірами в активному ядрі, як і надати інформацію про відсутність активності ядра.

Ключові слова: галактики: активні, ізолювані, фундаментальні параметри; радіоконтинуум: загальні властивості.

ВСТУП

Активні ядра галактик (АЯГ) — це релятивістські об'єкти, які характеризуються рядом екстремальних властивостей, зокрема змінною яскравістю в широкому діапазоні довжин хвиль: від гамма- до радіохвиль. Загально визнано, що основним механізмом виділення величезної кількості енергії в АЯГ є акреція (падіння) газу в надмасивну чорну діру. Випромінювання світла від цієї “центральної машини” іонізує і нагріває навколишній газ, змушуючи його світитися в різних спектральних лініях. Це так звана область випромінювання широких емісійних ліній (ШЕЛ). Спектральна щільність потоку (СЩП) у континуумі

та у широких емісійних лініях в активних ядрах галактик змінюється з часом [59, 72]. Крім того, ШЕЛ змінюються не тільки за СЦП, а й за формою профілю [4, 63]. Невелика частка АЯГ характеризується яскравим, потужним радіовипромінюванням: цей клас відомий як радіогучні АЯГ. Значна частина АЯГ, так звана радіотиха популяція, демонструє проміжне або слабке радіовипромінювання. Наприклад, ще в середині ХХ століття повідомлялося про багато оптично ідентифікованих квазарів [60], що не виявляли жодних ознак радіовипромінювання. Цікавим є той факт, що значна частина потужних АЯГ у Х-діапазоні характеризується відсутністю радіовипромінювання [57].

Дослідження АЯГ в широкому спектральному діапазоні дають можливість зрозуміти, який саме компонент центральної частини галактики відповідає за це випромінювання та з'ясувати механізми перевипромінювання і фізичні процеси, які вони характеризують. За відсутності поглинання ці активні області шляхом картографування оптичного зображення і радіоконтурів випромінювання можна відділити від областей активного зореутворення галактики або локалізувати галактики, які були поглинуті у процесі злиття на більш ранніх етапах космологічного часу. Вважається, що злиття галактик призводить до появи ударних хвиль, які збуджують світіння газу з характерними співвідношеннями між дисперсією швидкостей газу та інтенсивностями емісійних ліній. При цьому глобальний розподіл характеристик (поле швидкостей, дисперсія швидкостей, фотометричний профіль), отриманих в оптичному діапазоні, залишається досить регулярним, тобто для типової дискової спіральної галактики він має центральну (азимутальну) симетрію і плавно змінюється вздовж радіуса [54]. Виявлення локальних порушень симетрії, які значно відрізняються від типових значень для даної відцентрової відстані, буде свідчити про наявність залишків процесів злиття (або проєкцією) з галактиками-супутниками, як і області спалахового зореутворення [45].

Х-випромінювання галактики виникає в основному в результаті акреції на надмасивну чорну діру (НМЧД) для АЯГ [2, 13, 41, 82] або на компактні системи, як і в міжзоряному середовищі для не-АЯГ [10, 51]. Тим самим Х-спостереження центральних областей галактик дозволяють вивчати властивості акреційного диска навколо НМЧД, а спільно з оптичними і радіоспостереженнями виявити загальні закономірності розподілу структурних компонентів галактики або дослідити певний тип ядерної активності [30], зокрема у залежності від оточення [8, 9, 37, 49, 69]. Доказами наявності зв'язку між материнською галактикою та НМЧД у її центрі є спостережні кореляції між масою НМЧД та такими параметрами галактики, як її загальна зоряна маса, дисперсія швидкостей зір галактичного балджу, маса балджу та ін. [25, 66, 69]). Дослідження еволюції процесів зореутворення та АЯГ показали, що розвиток активності АЯГ та зореутворення відбувається в узгоджений спосіб на різних етапах розвитку Всесвіту [1]. Тому оцінювання розмірів центральної частини галактики і областей відцент-

рової локалізації високоенергетичного випромінювання в радіо- або Х-діапазоні слугують експериментальним індикатором процесів акреції та взаємообміну речовини в галактиці.

МЕТОДИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вибірка ізольованих галактик з активними ядрами. Ми визначили вибірку ізольованих галактик з активними ядрами (ізольовані АЯГ) шляхом перехресної кореляції каталогу 2MIG [37] із каталогом [80] на червоних зміщеннях $z < 0.05$, виконавши пошук галактик, координати яких збігаються у радіусі $10''$ [14, 55]. Критерії відбору ізольованих галактик у каталозі 2MIG такі: галактики з видимими зоряними величинами K_s в діапазоні $4^m < K_s < 12^m$ та діаметрами в інфрачервоному діапазоні $a_K > 30''$ вважалися ізольованими, якщо всі відповідні сусідні галактики з кутовими діаметрами a_i та кутовими відстанями x_i задовольняли емпіричну умову $x_{1i}/a_i > 30$ та співвідношення $1/4 < a_i/a_1 < 4$. Усі кандидати в ізольовані 2MIG-АЯГ ретельно перевірялися на тип їхньої ядерної активності за діаграмою Болдвіна — Філліпса — Терлевича (BPT-діаграма). Таким чином, наша вибірка ізольованих 2MIG-АЯГ на $z < 0.05$ складається з 61 об'єкта. Це становить 2 % від загальної кількості галактик каталогу 2MIG, або менш ніж 1 % від загальної кількості відомих галактик, що мають активні ядра. У процесі наших подальших досліджень вибірку з 61 ізольованої АЯГ було поділено з метою постановки спостережень на дві підвибірки: 36 АЯГ північного неба та 25 АЯГ південного неба. Застосовані критерії ізольованості дозволяють стверджувати, що відібрані галактики пережили останню фази злиття або поглинання менших за масою галактик не пізніше, ніж 3 млрд років тому на космологічній шкалі віку Всесвіту.

В роботі [55] ми дослідили властивості ізольованих АЯГ північного неба в різних спектральних діапазонах для постановки задачі їхніх фотометричних та спектральних спостережень в оптичному та Х-діапазонах. Було виявлено, що для багатьох ізольованих АЯГ є виміри СЦП у радіодіапазоні на частоті 1.4 ГГц. Значення СЦП лежать переважно в діапазоні 6...20 мЯн, для трьох галактик NGC5664, NGC6951, NGC7479 — у діапазоні 60...100 мЯн, а для семи ізольованих АЯГ — менш ніж 4 мЯн. У роботі [55] ми отримали відношення R СЦП у радіодіапазоні до СЦП в оптичному діапазоні. Зазначимо, що у роботі [38] для виявлення радіогучних і радіотихих галактик при розрахунку коефіцієнта R використовувались СЦП на частоті 5 ГГц. Оскільки для багатьох ізольованих АЯГ відсутні спостереження в радіодіапазоні на 5 ГГц або немає жодних даних, для оцінки коефіцієнта R в роботі [55] ми використовували значення СЦП на частоті 1.4 ГГц. Зазначимо також, що для ізольованих АЯГ північного неба доступно значно більше архівних даних спостережень в радіодіапазоні, ніж для ізольованих АЯГ південного неба.

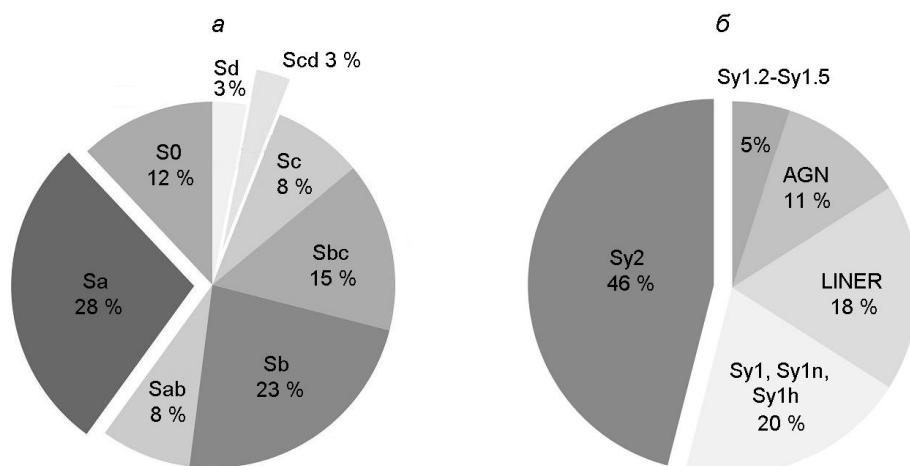


Рис. 1. Розподіл 61 ізольованої галактики з активними ядрами на $z < 0.05$ по морфологічних типах (а) і спектральних типах активності (б)

Всі ізольовані АЯГ належать до галактик близького Всесвіту, а дослідження радіоджерел з малою яскравістю є складним, оскільки приблизно менше 1% радіоджерел у каталогах є близькими та слабкими, а більшість радіоджерел дуже віддалені та яскраві [16]. Також близькі джерела можна спостерігати з більш високою лінійною роздільною здатністю та чутливістю, ніж далекі, що дозволяє детальніше порівняти параметри їхнього випромінювання з фізичними моделями джерел енергії. Отримання таких даних можна організувати за програмою спостережень на радіотелескопах типу РТ-32 в Україні [6, 70, 71, 81] (НЦУВКЗ, м. Золочів, Львівська область, Україна) та на інших радіотелескопах світу, включно для ізольованих АЯГ південного неба, як і методами радіоінтерферометрії, зокрема мережі EVN (European VLBI Network) [83]. Отримані результати спостережень матимуть унікальну наукову цінність, оскільки для відібраних нами ізольованих АЯГ активність в їхніх ядрах у випадку її виявлення можна було б пов'язувати лише з внутрішніми процесами в галактиці та не враховувати вплив оточення, як для інших АЯГ. Варто зазначити, що саме через випромінювання в радіодіапазоні можна вільно від поглинання відстежувати області зореутворення та центральні області з надмасивними чорними дірами в АЯГ. Крім того, ми очікуємо поповнення баз даних СЦП на частоті 5 ГГц для тих галактик, для яких вони ще ніколи не були виміряні раніше.

Розподіл ізольованих галактик по визначених типах активності ядра та морфологічних типах представлено на рис. 1. Більше половини з них належать до типу Sa, Sab, Sb, Sbc та мають бари за морфологічною ознакою, а за типом активності ядра майже половина з них є галактиками Сейферта 2 типу (з областями ШЕЛ). Тим самим ми підтверджуємо результат, отриманий вперше в нашій роботі [55], що наявність бару є достатньою умовою забезпечення і підтримки механізму пере-

носу речовини в систему «акреційний диск — надмасивна чорна діра» для галактик, які не мають впливу оточення. Додамо, що властивості окремих ізольованих АЯГ, а саме NGC 5347, ESO 438-009, MCG 02-04-090, J11366-6002 [73], NGC 1050, NGC 2989, ESO 317-038 і ESO 438-009 [76, 78], ми досліджували за даними космічних місій в X-діапазоні.

Систематизація даних про спектральні щільності потоків ізольованих АЯГ. Для успішної постановки задачі спостережень ізольованих АЯГ у радіодіапазоні ми систематизували усі наявні дані про 61 ізольовану галактику з активним ядром на червоних зміщеннях $z < 0.05$. Використовувалися різні бази даних, зокрема HyperLEDA, PanSTARRS DR1e, NED, SIMBAD, FIRST, HEASARC, також каталоги автоматичної морфологічної класифікації на основі машинного навчання [21, 74, 75, 77] із урахуванням методики навчання за зображеннями [39] та розрахунків фотометричних відстаней [26, 27]. Ці дані представлено у табл. 1, де приведено: номер у каталозі 2MIG, назва галактики, екваторіальні координати (α, δ) (J2000.0), радіальна швидкість V_r з каталогу 2MIG, морфологічний тип за де Вокулером з указаним каталогом; у сьомій графі — спектральний тип ядерної активності, BPT-діаграма; у восьмій — значення S_B СЦП у видимому діапазоні, обчислені по формулі $S_B = -2.51gf - 48.36$ [38], де було використано «Corrected total B-magnitude» з бази даних HyperLeda [<http://leda.univ-lyon1.fr/>]; у дев'ятій — значення СЦП у радіодіапазоні на $f = 1.4$ ГГц ($S_{1.4}$); у десятій — літературне джерело та радіотелескоп для спостережень на $f = 1.4$ ГГц; у одинадцятій — значення СЦП у радіодіапазоні на $f = 5$ ГГц (S_5); у дванадцятій — літературне джерело та радіотелескоп для спостережень на $f = 5$ ГГц; у тринадцятій — значення S_f на інших частотах, використаний телескоп та літературне джерело; у чотирнадцятій — значення $R = S_5 / S_B$.

Наведемо короткий огляд джерел, з яких було взято дані для СЦП ізольованих АЯГ.

NRAO VLA Sky Survey (NVSS) — найчастіше використовуваний нами каталог, який містить оцінки СЦП на частоті 1.4 ГГц для більшості ізольованих АЯГ [18] (<https://www.cv.nrao.edu/nvss/NVSSlist.shtml>). Огляд неба NVSS охоплює небо на північ від $(J2000.0) = -40^\circ$ (82 % небесної сфери) на частоті 1.4 ГГц. Огляд містить 2326 зображень розміром $4^\circ \times 4^\circ$, а також каталог, який містить майже $2 \cdot 10^6$ дискретних джерел, яскравіших від $S = 2.5$ мЯн. Усі зображення мають розрізненість $FWHM$ у 45 і майже рівномірну чутливість. Спостереження виконувалися у період з вересня 1993 р. по жовтень 1996 р. Для заповнення невеликих прогалів у покритті було проведено додаткові спостереження протягом четвертого кварталу 1997 р. Повний огляд неба NVSS базується на 217 446 «миттєвих знімках» областей, що частково перекриваються, кожна з яких має окремі зображення. NVSS створено для широкого використання усім астрономічним співтовариством. Пізніше у роботі [17] за даними ог-

ляду неба NVSS було ідентифіковано 4583 радіоджерел з Уппсальського каталогу галактик (UGC, [50]) із СЦП понад 2.5 мЯн на частоті 1.4 ГГц. З повної вибірки 3398 галактик, яскравіших, ніж $m_p = 14.5$, в області неба зі схиленням $> -30^\circ$ визначено вибірку 1966 радіоджерел UGC/NVSS.

The 87GB Catalog of Radio Sources at 4.8 GHz [32] — каталог із 54 579 дискретних джерел з кутовими розмірами < 10.5 і яскравішими від $S = 25$ мЯн, отриманих за картами вимірювань. Спостереження на 91-м телескопі у м. Грін-Бенку провадилися протягом жовтня 1987 р. для відображення 6.0 стерадіан неба в діапазоні схилень $0^\circ < < +75^\circ$ на частоті 4.85 ГГц. Середня квадратична похибка перевірялась методом порівняння із більш точними положеннями та спектральною щільністю потоку, доступними для деяких джерел. Отримано нормалізовані джерела на частоті 4.85 ГГц із СЦП від 25 мЯн до 10 Ян, які добре узгоджуються з еволюційними моделями на основі незалежних даних.

Каталог SUMSS at 843 MHz [44]. Для отримання СЦП на частоті 843 МГц використовувався каталог радіоджерел SUMSS (Sydney University Molonglo Sky Survey), оснований на огляді неба Сіднейського університету. Спостереження виконувались на телескопі MOST обсерваторії Молонго (Molonglo Observatory Synthesis Telescope). У роботі [44] описано найпершу версію (DR1.0) каталогу, який налічує 107 765 радіоджерел. Каталог покриває 3500 кв. град. південного неба на -30° . За рахунок того, що 7000 джерел лежать в області перекриття з оглядом NVSS на частоті 1.4 ГГц, було обчислено значення спектральних індексів між 1.4 ГГц та 843 ГГц.

2.3. Оцінки спектральних щільностей потоків ізольованих АЯГ на частоті 5 ГГц. Методом екстраполяції за степеневим законом для галактик з відомою спектральною щільністю потоку $S_{1.4}$ на частоті 1.4 ГГц ми виконали конвертацію цієї величини для спектральної щільності потоку S_5 на частоту 5 ГГц (табл. 1, графі 11 і 12) по формулі

$$S_5 = S_{1.4} \frac{5}{1.4} (1 - z)^{-\alpha}, \quad (1)$$

де α — спектральний індекс (нахил), що описує залежність інтенсивності випромінювання від частоти за законом $S \propto \nu^{-\alpha}$. Ми прийняли канонічне значення $\alpha = 0.7$ як середнє значення нахилу, очікуване для радіооптично тонкого синхротронного випромінювання, зважаючи, що більшість ізольованих АЯГ є галактиками типу Сейферта (рис. 1). Зокрема, в роботі [17] це значення спектрального індексу використовувалося для перерахунку спектральних щільностей потоків АЯГ, спостережуваних на телескопах NVSS (як видно з табл. 1, саме в огляді неба NVSS для більшості ізольованих АЯГ були виміряні щільності потоків на частоті 1.4 ГГц). Звичайно, цей нахил може варіювати

Таблиця 1. Основні параметри ізольованих галактик з активними ядрами на $z < 0.05$

Номер 2MIG	Назва	α, δ	V_h , км/с	Тип морфологічний	Тип AGN	S_B , МЯн ⁽¹⁸⁾
1	2	3 і 4	5	6	7	8
9	IC1529	00 ^h 05 ^m 13.22 ^s -11	6751	(R')SA0 ⁰ (r) pec? [37]	Sy2 [79]	8.95
35	IC0009	00:19:44.00 -14:07:18.4	12622	Sb(r) [37]	Sy2 [20]	4.41
70	NGC0157	00:34:46.75 -08:23:47.3	1673	SAB(rs)bc [20]	III?Q [55]	313.33
223	NGC0773	01:58:52.01 -11:30:52.6	5437	SAB(r)a pec [20]	LINER? [55]	18.88
267	UGC01757	02:17:23.07 38:24:49.9	5060	S0-a [37]	Sy2 [20]	33.11
287	NGC0918	02:25:50.22 18:29:56.1	1508	SAB(rs)c: [20]	AGN [20]	161.44
320	NGC1050	02:42:35.57 34:45:48.4	3904	(R')SB(s)a [20]	Sy2 [20]	28.84
415	ESO116-018	32:45:30.4 -60:44:18.1	5386	(R)SAB0 ⁺ (r): edge-on	Sy2	5.70
417	MCG-02-09-040	03:25:04.94 -12:18:28.5	4495	S0-a	Sy2 [37]	7.31
447	FCCB1658	34:32:65.2 -31:44:38.2	9587	S, S or BCD	Sy2	9.12
479	PGC89963	03:56:00.88 -13:42:32.7	8793	Scd	Sy2 [20]	3.70
488	UGC02936	04:02:48.25 01:57:56.6	3814	SB(s)d [20]	Sy2 [20]	66.68
500	ESO483-009	40:74:25.10 -22:42:54.9	9592	SAB0 ⁰ pec	Sy3, LINER	6.37
598	ESO551-024	43:91:18.4 -21:20:51.7	9155	Sa	LINER?	14.19
705	ESO553-042	52:50:23.8 -20:27:01.5	13200	S0/a	Sy2	6.19
749	ESO306-025	54:55:10.9 -39:29:39.2	7009	(R)SA(r)0/a	Sy1.8	6.73
895	PGC86000	06:50:30.94 -19:59:26.6	3989	SBb	Sy1.8	10.47
1018	ESO208-034	74:33:17.1 -51:40:56.7	7360	SB(rs)ab pec:	Sy2	16.60
1086	IC2227	08:07:07.17 36:14:00.1	9673	Sa [37]	Sy2 [55]	8.95
1126	CGCG179-005	08:25:10.24 37:59:20.2	6362	Sb [37]	Sy2 [55]	6.49
1345	NGC3035	90:51:55.02 -06:49:22.5	4350	SB(rs)bc [20]	Sy1.5 [20]	4.5 ⁽¹⁸⁾
1363	NGC3081	95:92:95.3 -22:49:34.3	2186	(R)SAB0/a(r)	Sy2	44.46

та значення спектральної щільності потоків в оптичному і радіодіапазонах

2MIG	$S_{1.4}$, мЯн	Телескоп (1.4 ГГц), джерело	S_5 , мЯн	Телескоп (5 ГГц), джерело	S_f , мЯн	$R = S_f/S_B$
1	9	10	11	12	13	14
9	3.20	NVSS, 1998 [14]	1.30	Ця робота, формула (1)	—	0.15
35	8.60	NVSS, 1998 [14]	3.49	Ця робота, формула (1)	—	0.80
70	131.40 ¹⁷⁾ (0.2 Ян)	NVSS, 1998 [14] NRAO 1964)	53.81	Ця робота, формула (1)	135 ⁸⁾	0.17
223	4.60	NVSS, 1998 [14]	1.88	Ця робота, формула (1)	—	0.10
267	15.80	NVSS, 1998 [14]	6.40	Ця робота, формула (1)	—	0.19
287	—	—	—	—	—	—
320	31.90	NVSS, 2002 [17]	3.62	VLA, 2010 ¹⁾	—	0.13
415	—	—	—	—	20.3 ⁹⁾	—
417	16.90	NVSS, 1998 [14]	6.90	Ця робота, формула (1)	—	0.94
447	3.40	NVSS, 1998 [14]	1.38	Ця робота, формула (1)	—	1.15
479	8.30	NVSS, 1998 [14]	3.37	Ця робота, формула (1)	—	0.91
488	36.20	NVSS, 1998 [14]	5.99	VLA, 2010 ¹⁾	—	0.09
500	351.80	CHIPASS, 2014 [3]	132.00	NRAO (PMN) ²⁾ , 1994	—	20.72
598	9.30	NVSS, 1998 [14]	3.78	Ця робота, формула (1)	—	0.27
705	3.20	NVSS, 1998 [14]	1.30	Ця робота, формула (1)	—	0.21
749	3.70	NVSS, 1998 [14]	1.51	Ця робота, формула (1)	—	0.22
895	9.30	NVSS, 1998 [14]	3.79	Ця робота, формула (1)	—	0.36
1018	—	—	—	—	28.4 ⁹⁾	—
1086	4.80	NVSS, 1998 [14]	1.95	Ця робота, формула (1)	4.8 ¹⁰⁾	0.22
1126	4.55 ^{3,5)}	NVSS, 1998 [14], FIRST	1.86	Ця робота, формула (1)	4.55 ¹¹⁾	0.29
1345	1.48	NVSS, 1998 [14]	0.60	Ця робота, формула (1)	—	0.13
1363	5.40	NVSS, 1998 [14]	2.21	Ця робота, формула (1)	0.72 ¹²⁾	0.05

Номер 2MIG	Назва	, 3 і 4	V_h , км/с	Тип морфологічний	Тип AGN	S_B , МЯн ¹⁸⁾
1	2	3 і 4	5	6	7	8
1384	ESO499-041	10:05:55.37 -23:03:25.1	3625	(R)SB0 ⁺ (r)	Sy1n	8.71
1442	ESO317-038	10:29:45.61 -38:20:54.7	4323	(R)SBa pec?	AGN	13.30
1454	MCG-02-27-009	10:35:27.35 -14:07:47.6	4529	SB0 ⁺ (rs) pec [20]	Sy2 [55]	11.27
1516	ESO215-014	10:59:19.09 -51:26:32.9	5480	SB(rs)b:	Sy1	14.45
1522	UGC06087	11:00:32.50 02:06:57.3	11824	SBb [50]	Sy1 [55]	7.24
1550	ESO438-009	11:10:47.97 -28:30:03.9	7003	(R')SB(r)ab pec	Sy1	13.30
1571	UGC06398	11:23:11.44 29:35:53.9	14137	Sbc [50]	Sy2 [20]	7.45
1573	PGC35009	11:24:02.75 -28:23:15.5	3934	Sb	Sy2	5.55
1589	ESO571-003	11:28:59.56 -22:28:59.1	8011	(R)SB0 ⁺ (r)	AGN	5.86
1607	2MASX J11364205-6003070	11:36:42.05 -60:03:07.0	3989	Sa	Sy2/LINER	—
1633	UGC06769	11:47:43.69 01:49:34.3	8539	SB(r)b [20]	Sy2 [20]	10.38
1646	CGCG243-024	11:53:41.76 46:12:42.6	7385	SB(r)a [20]	Sy1n [55]	3.63
1709	ESO506-004	12:21:49.04 -24:10:05.6	3863	SAB(r)ab?	LINER?	44.87
1873	NGC5231	13:35:48.25 02:59:55.6	6523	SBa [20]	Sy1 [55]	11.48
1878	PGC170278	13:37:35.04 -21:12:58.6	15539	Sbc	Sy2	6.25
1914	MCG-03-35-020	13:53:08.20 -16:57:37.1	6193	Sbc	LINER?	15.00
1915	NGC5347	13:53:17.85 33:29:26.7	2384	(R')SB(rs)ab [20]	Sy2 [20]	24.66
1950	ESO097-013	14:13:09.90 -65:20:20.4	266	SA(s)b?/Pair member	Sy1h,Sy2	903.65
1981	MCG-02-37-004	14:26:12.28 -11:54:16.3	12422	SABb [37]	Sy2 [55]	6.19
1989	PGC989455	14:29:33.27 -09:33:40.5	12879	S0-a [37]	LINER? [55]	4.29
1998	NGC5664	14:33:43.60 -14:37:10.9	4544	Sa [37]	Sy2 [20]	13.43
2018	CGCG248-019	14:43:31.25 49:23:35.3	9032	Sa [48]	Sy1 [55]	3.53

Продовження табл. 1

2MIG	$S_{1.4}$, мЯн	Телескоп (1.4 ГГц), джерело	S_5 , мЯн	Телескоп (5 ГГц), джерело	S_5 , мЯн	$R = S_5/S_B$
1	9	10	11	12	13	14
1384	6.70	NVSS, 1998 [14]	2.74	Ця робота, формула (1)	—	0.32
1442	36.80	NVSS, 1998 [14]	15.03	Ця робота, формула (1)	—	1.13
1454	4.10	NVSS, 1998 [14]	1.67	Ця робота, формула (1)	—	0.15
1516	—	—	—	—	—	—
1522	—	—	—	—	—	—
1550	15.20	NVSS, 1998 [14]	6.19	Ця робота, формула (1)	—	0.47
1571	1.165	NVSS, 1998 [14]	0.47	Ця робота, формула (1)	3.4 ¹⁰⁾	0.06
1573	52.10	NVSS, 1998 [14]	21.28	Ця робота, формула (1)	—	3.83
1589	3.20	NVSS, 1998 [14]	1.30	Ця робота, формула (1)	—	0.22
1607	—	—	—	—	—	—
1633	—	—	—	—	—	—
1646	—	—	—	—	—	—
1709	2.40 ¹⁷⁾	NVSS, 1998 [14]	0.98	Ця робота, формула (1)	—	0.02
1873	6.66	NVSS, 1998 [14]	2.71	Ця робота, формула (1)	10.8 ¹⁰⁾	0.24
1878	2.70	NVSS, 1998 [14]	1.09	Ця робота, формула (1)	—	0.17
1914	3.70	NVSS, 1998 [14]	1.51	Ця робота, формула (1)	—	0.10
1915	2.98	NVSS, 2002 [17]	3.10	VLA, 2006 ³⁾	—	0.13
1950	1200.00	CHIPASS, 2014 [3]	304.00	ATCA 2010 ⁴⁾	42 ¹³⁾	0.34
1981	6.80 ¹⁷⁾	NVSS, 1998 [14]	2.76	Ця робота, формула (1)	—	0.45
1989	4.60	NVSS, 1998 [14]	1.86	Ця робота, формула (1)	—	0.43
1998	66.00	NVSS, 1998 [14]	26.95	Ця робота, формула (1)	—	2.01
2018	2.88	NVSS, 1998 [14]	1.17	Ця робота, формула (1)	15.32 ¹⁴⁾	0.33

Номер 2MIG	Назва	,	V_h , км/с	Тип морфологічний	Тип AGN	S_B , мЯн ¹⁸⁾
1	2	3 і 4	5	6	7	8
2067	MCG+09-25-022	15:07:45.04 51:27:09.6	13801	SABb [37]	Sy1 [20]	5.15
2139	NGC5968	15:39:57.15 -30:33:10.0	5396	SAB(r)ab	LINER?	44.87
2140	ESO583-002	15:40:20.48 -18:26:33.5	7026	Sb, SB(rs)bc;	Sy1	11.07
2183	UGC10120	15:59:09.67 35:01:47.3	9438	SB(r)b [20]	Sy1n [55]	7.52
2202	UGC10244	16:09:55.47 43:07:44.3	9785	Sbc [37]	Sy3, LINER [20]	7.18
2357	UGC10774	17:14:09.07 58:49:06.7	8873	SBAbc	NLAGN [55]	6.03
2363	NGC6300	17:16:59.47 -62:49:13.9	997	SB(rs)b	Sy2	363.08
2509	PGC206329	18:27:09.10 -35:03:10.5	13928	Sd	LINER?	0.27
2570	PGC86291	18:51:59.48 11:52:33.7	2603	SB(r):c:	Sy1 [20]	52.48
2811	NGC6951	20:37:14.07 66:06:20.3	1424	SAB(rs)bc [20]	Sy2 [20]	432.51
3051	MCG-02-57-008	22:29:55.37 -08:16:45.5	10577	SBAc [37]	AGN [79]	10.86
3107	2MFGC17245	22:55:59.94 -12:22:11.7	7552	Sc [37]	AGN [79]	7.87
3110	UGC12282	22:58:55.28 40:55:55.9	5097	SABa [37]	Sy1-Sy1.9 [55]	18.20
3118	NGC7479	23:04:56.66 12:19:22.3	2381	SB(s)c [20]	Sy1.9 [20]	178.65
3128	IC5287	23:09:20.28 00:45:23.0	9715	(R')SB(r)b [20]	Sy1.2 [20]	8.47
3166	IC1495	23:30:47.73 -13:29:07.6	6384	SAB(r)b pec? [20]	Sy2 [20]	15.42
3194	NGC7749	23:45:47.55 -29:31:04.1	10395	SA0 ⁰	Sy2	13.30

- 1) — 4.8 ГГц, VLA [52]
 2) — 4.8 ГГц, the Parkes-MIT-NRAO (PMN) Surveys [33]
 3) — VLA [31]
 4) — The Australia Telescope 20 GHz Survey [47]
 5) — 4.755 ГГц, GBT [11]
 6) — 5-GHz survey of bright galaxies [68]
 7) — 4.8 ГГц, The 87GB Catalog of Radio Sources [32]
 8) — 1.465 ГГц, VLA [35]
 9) — 843 МГц, SUMSS [44]
 10) — 1.4 ГГц, NVSS/FIRST [40]
 11) — 1.4 ГГц, VLA [58]

Закінчення табл. 1

2MIG	$S_{1.4}$, мЯн	Телескоп (1.4 ГГц), джерело	S_5 , мЯн	Телескоп (5 ГГц), джерело	S_B , мЯн	$R = S_5/S_B$
1	9	10	11	12	13	14
2067	3.045	NVSS, 1998 [14]	1.23	Ця робота, формула (1)	18.19 ¹⁴⁾	0.24
2139	13.30	NVSS, 1998 [14]	5.43	Ця робота, формула (1)	—	0.12
2140	3.90	NVSS, 1998 [14]	1.59	Ця робота, формула (1)	—	0.14
2183	3.39	NVSS, 1998 [14]	5.00	GBT 1995 ⁵⁾	—	0.67
2202	2.20	NVSS, 2002 [17]	0.89	Ця робота, формула (1)	—	0.12
2357	1.52	VLA, 2006 [28]	0.62	Ця робота, формула (1)	—	0.10
2363	—	—	39	NRAO (PMN) ²⁾ 1994	102.2 ⁹⁾	0.11
2509	2.90	NVSS, 1998 [14]	1.17	Ця робота, формула (1)	—	4.33
2570	6.50	NVSS, 1998 [14]	2.66	Ця робота, формула (1)	—	0.05
2811	68.10	NVSS, 1998 [14]	36	NRAO 1975 ⁶⁾	29 ¹⁵⁾	0.08
3051	2.62	NVSS, 1998 [14]	1.06	Ця робота, формула (1)	—	0.10
3107	10.00	NVSS, 1998 [14]	4.07	Ця робота, формула (1)	—	0.52
3110	11.80	NVSS, 2002 [17]	4.82	Ця робота, формула (1)	—	0.27
3118	17.235	NVSS, 1998 [14]	41.00	Catalog ⁷⁾	138 ¹⁶⁾	0.23
3128	—	—	—	—	—	—
3166	17.70	NVSS, 1998 [14]	7.22	Ця робота, формула (1)	—	0.47
3194	4.60	NVSS, 1998 [14]	1.87	Ця робота, формула (1)	—	0.14

¹²⁾ — 8.4 ГГц, VLA [46]

¹³⁾ — 8 ГГц, VLBI [61]

¹⁴⁾ — 150 МГц, LOFAR [67]

¹⁵⁾ — 850 МГц, GB6 [43]

¹⁶⁾ — 22 ГГц, GBT [12]

¹⁷⁾ — для даних ізольованих АЯГ координати центра галактики не збігаються з координатами центра радіоджерела. Це може означати, що джерелом радіовипромінювання не є центральне АЯГ, а інше джерело. Для кожного окремого ізольованого АЯГ досліджено ймовірність походження радіовипромінювання з центрального АЯГ

¹⁸⁾ — зоряну величину B було отримано з AAVSO Photometric All Sky Survey (<https://www.aavso.org/apass>) та скориговано за галактичне та внутрішнє поглинання

від крутого до плаского або від'ємного залежно від джерела і механізму випромінювання. Знак спектрального індексу буде додатний для теплового механізму випромінювання та від'ємний для нетеплового. Зазвичай активні ядра типу Сейферта показують пласкі або від'ємні нахили на масштабах у декілька дугових секунд [34, 49], типові і для окремих ізольованих АЯГ. Натомість круті нахили, характерні для оптично тонких джерел синхротронного випромінювання, асоціюються з широкими компонентами радіоджерел, такими як лоби. Оскільки коефіцієнт R , зважаючи на різницю частот між радіо- та оптичним діапазонами, розраховується для різних механізмів випромінювання (наприклад, порівнюються синхротронне та теплове випромінювання), то його значення для окремого об'єкта слабко інформативне і дозволяє віднести його лише до певного класу гучності радіогалактик. Але якщо у вибірці радіогалактик є статистичний зв'язок між цими механізмами, то великі відхилення цього коефіцієнту від середнього значення можуть свідчити або про збільшення/зменшення темпу акреції на надмасивну чорну діру, або про зміну механізму випромінювання в оптичному діапазоні. При зіставленні оптичного зображення з радіоконтурами з'являється можливість відділити область активного ядра від областей зореутворення. Як видно з формули (1), для досліджуваних ізольованих АЯГ на $z < 0.05$ основний внесок припадає на перші два множники.

Прийнявши канонічне значення для спектрального індексу, ми також зауважимо, що наша мета — отримати не точне, а приблизне значення СЦП на частоті 5 ГГц. Така приблизна оцінка важлива також для порівняння з чутливістю радіотелескопів, зокрема типу РТ-32, як і для спостережень ізольованих АЯГ методами радіоінтерферометрії, при постановці програми спостережень.

Оцінка чутливості спостережень в радіодіапазоні. Чутливість спостережень у радіодіапазоні стандартним чином залежить від температури $T_{SN}(f)$ власних шумів системи прийому та реєстрації (self noise temperature), ефективної площі $A_{\text{эф}}(f)$ антени радіотелескопа та параметрів накопичення в часовій (τ — час інтегрування) та частотній (F — смуга накопичення) площинах та кількості поляризацій n_p , які використовуються при детектуванні сигналу. Її можна оцінити за стандартною формулою

$$S_{Jy}(f) = kT_{SN}(f) / [10^{-26} A_{\text{эф}}(f) \sqrt{n_p} F], \quad (2)$$

де $S_{Jy}(f)$ — чутливість в Янських, k — стала Больцмана, 10^{-26} — коефіцієнт нормування, $1/\sqrt{n_p} F$ — радіометричний фактор (виграш).

Нижче за наведеною формулою (2) оцінимо чутливості радіотелескопа РТ-32 (Золочів) у трьох типових режимах реєстрації. Для уніфікації наступних даних приймемо, що $T_{SN}(5 \text{ ГГц}) = 45 \text{ К}$, $\tau = 1 \text{ с}$, $n_p = 1$, $A_{\text{эф}}(5 \text{ ГГц}) = 600 \text{ м}^2$, а співвідношення сигнал/шум при обчисленні чутливості дорівнює 1, як і у формулі (2).

Найбільш чутливий режим, який використовується на цьому радіотелескопі, є режим реєстрації за допомогою широкосмугового детектора. Цей режим застосовується для детектування найслабших за інтенсивністю радіоджерел при відсутності радіозавад у смузі реєстрації. У цьому режимі $F = 500$ МГц. Отже, при обраних параметрах чутливість в цьому режимі становить 9.2 мЯн. Недоліком цього режиму є неможливість селекції радіозавад від корисного сигналу. Це не дає змоги очищувати зареєстровані сигнали від завад, але, як показують попередні вимірювання, ймовірність наявності інтенсивних радіозавад на частоті спостережень 5 ГГц при кутах місця вище 20° у місці розташування РТ-32 доволі мала [6, 70, 71, 81].

Другий режим пов'язаний із використанням вузькосмугового ($F = 16$ МГц) спектроаналізатора. Цей режим на телескопах РТ-32 застосовується при дослідженнях мазерних та молекулярних ліній [53]. На відміну від попереднього, він дає змогу очищувати квазімонокроматичні радіозавади та виділяти вузькі спектральні компоненти мазерних та молекулярних ліній. Якщо для цього режиму переобчислити чутливість у повній смузі аналізу як для шумового сигналу, то вона буде становити приблизно 52 мЯн.

Третю оцінку чутливості зробимо для окремої парціальної смуги ($F = 1$ кГц) того ж самого спектроаналізатора. Ця ширина смуги визначає роздільну здатність спектроаналізатора по частоті. Відповідно до формули (2) при обраних параметрах чутливість у цьому випадку буде становити 6.5 Ян.

Звісно, отримані оцінки дещо ідеалізовані, але разом з табл. 1 вони дають уявлення, які саме режими та параметри реєстрації потрібно використовувати в радіодіапазоні при спостереженнях радіотихих галактик з активними ядрами.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Обговоримо результати, представлені в табл. 1, параметри локалізації радіоджерел, що не збігаються з оптичним центром материнської галактики (табл. 2, за наявності таких даних), та окремі ізольовані АЯГ, які вивчалися нами та іншими дослідниками за спостереженнями в радіодіапазоні.

Систематизація даних про властивості ізольованих АЯГ в радіодіапазоні. Узагальнення цих даних на частоті 1.4 ГГц (табл. 1, графа 10) свідчить про таке. Для 51 з 61 галактик вибірки нам вдалося знайти СЩП на частоті 1.4 ГГц з архівних даних оглядів неба. Значення СЩП для більшості ізольованих АЯГ лежать в діапазоні 3...20 мЯн, для двох галактик PGC35009, NGC6951 — у діапазоні 50...200 мЯн, дві галактики ESO483-009 та ESO097-013 мають потік 352 та 1200 мЯн відповідно, а для 10 ізольованих АЯГ потоки на частоті 1.4 ГГц не перевищують 3 мЯн; СЩП для NGC0157 не пов'язана з

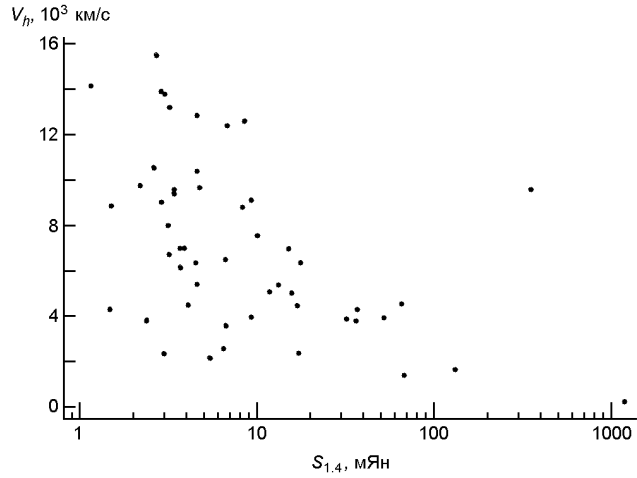


Рис. 2. Корелятивний зв'язок спектральної щільності потоку на частоті 1.4 ГГц і радіальної швидкості для 51 ізольованих АЯГ

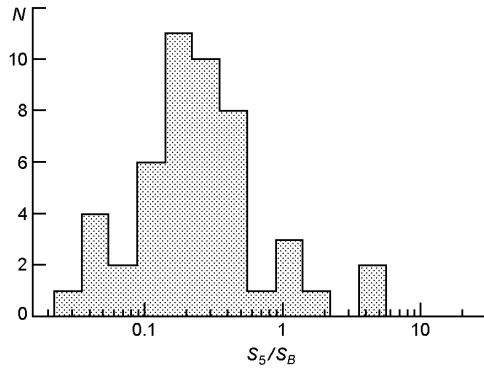


Рис. 3. Розподіл кількості N ізольованих АЯГ по значеннях відношення спектральної щільності потоку S_5 галактики на частоті 5 ГГц до спектральної щільності потоку S_B в оптичному діапазоні

локалізацією галактики. Корелятивну залежність значень СЩП на частоті 1.4 ГГц від значень радіальної швидкості галактик показано на рис. 2.

Систематизація даних про властивості ізольованих АЯГ на частоті 5 ГГц (табл. 1, графа 12), де значення СЩП є меншими за значення СЩП на частоті 1.4 ГГц, свідчить про таке. У базах даних наявні вимірювання для восьми об'єктів, для дев'яти ізольованих АЯГ розрахунки СПГ неможливі через відсутність даних про СЩП на 1.4 ГГц. Щільності потоків на частоті 5 ГГц для 27 ізольованих АЯГ не перевищують 3 мЯн, для 15 АЯГ вони лежать у діапазоні 4...15 мЯн, для семи ізольованих АЯГ — у діапазоні 15...55 мЯн, галактики ESO097-013 і ESO483-009 мають значення СЩП у 304 і 132 мЯн відповідно.

Ми розраховували величину R відношення СЩП у радіодіапазоні до СЩП в оптичному діапазоні (рис. 3; табл. 1, графа 14). Оскільки

лише вісім із 61 ізольованих АЯГ мають виміряні значення S_5 , ми обчислили значення S_5 , використовуючи відомі значення $S_{1.4}$ та формулу (1), прийнявши для спектрального індексу канонічне для галактик типу Сейферта значення $\alpha = 0.7$. Виявлено, що 51 із 61 галактики є радіотихою ($R < 10$), для дев'яти галактик вибірки параметри про їхні властивості в радіодіапазоні відсутні в базах даних, радіогучною є ESO483-009 ($R = 20.72$, Sy3/LINER, SAB00 pec). Зауважимо, що ми обрали єдиний спектральний індекс для конвертації СЦП на частоту 5 ГГц, але працюють різні механізми випромінювання, зокрема тепловий і синхротронний, для яких спектральні індекси відрізняються, тобто для них не може бути єдиного значення спектрального індексу. Допомогти тут може зіставлення карт із зображенням в оптичному чи інших спектральних діапазонах з кращою розрізненістю, коли стає зрозумілим, з якої області галактики чи від ядра йде радіовипромінювання, як і важливо знати розміри активного ядра.

Загальна дискусія щодо визначення розмірів активних ядер. У недавній роботі [36] для вибраних АЯГ визначили розміри акреційного диску, що випромінює в оптичному діапазоні, а саме на основі оптичних кривих блиску в *gri*-смугах. Для визначення розмірів акреційного диску використовувався найбільш точний на наш час ревербераційний метод. У роботі зазначено, що розміри акреційного диску, отримані цим методом, у середньому в 3.9 разів більші за теоретичні припущення, оснований на аналітичній моделі Шакури — Сюняєва. Для вибраних 19 АЯГ отримані розміри акреційного диску лежать в інтервалі від 1 до 10 світлових днів, тобто від 0.0008 до 0.008 пк.

На основі десятирічних моніторингових спостережень у Кримській астрофізичній обсерваторії було визначено розміри областей яскравих АЯГ в оптичному діапазоні для вибірки з роботи [64]. Параметром слугував час затримки між змінами яскравості у смугах V, R, I відносно яскравості у смузі B . Отриманий час запізнення лежить у межах від третини доби до 5-6 діб [62]. Варто зазначити, що час затримки змін яскравості у смузі R відносно змін у смузі B для більшості галактик є більшим, ніж у смузі V відносно B , тобто час затримки $V/B < R/B < I/B$ (див. детальніше щодо *BVRI*-фотометрії в роботах [22—24]). На основі цього авторами було запропоновано модель репроцесингу X -випромінювання в оптичному діапазоні. Відповідно до цієї моделі джерело X -випромінювання, що перебуває над акреційним диском, є основним джерелом змінного випромінювання, яке потім перевипромінюється різними ділянками акреційного диску на різних довжинах хвиль. Ця модель частково експериментально досліджувалася в роботах [15, 65].

У дослідженні [56] розміри радіоядер в АЯГ визначено на основі великої вибірки з 3000 об'єктів і становлять 0.3...11 мсд (мілісекунд дуги) на частоті 2 ГГц. Подібні результати були отримані в роботі [5] для 18 слабких АЯГ, а саме 0.2 мсд на частоті 8.5 ГГц. Як відомо зі спостережних даних, область утворення вузьких емісійних ліній (ВЕЛ)

лежить далі від центра АЯГ у порівнянні з областю утворення широких емісійних ліній (ШЕЛ). СЦП у ВЕЛ вважається незмінною та використовується для калібрування СЦП в області ШЕЛ в оптичних спектрах АЯГ. Період змінності випромінювання в області ВЕЛ вважається близьким до 300 років та поки практично не може бути підтвердженим, оскільки спектральні спостереження АЯГ ведуться менш ніж 100 років. На основі спостережень джетів у радіодіапазоні можуть приблизно розрахувати розміри області ВЕЛ [7], які для більшості АЯГ становлять 0.1...1 кпк. Як відомо з радіоспостережень АЯГ, джети з центральних областей можуть простягатися на відстань більше 1 кпк, до 15 кпк (див. класичну роботу [19]), як зокрема у відомій еліптичній галактиці M87 (NGC 4486) з активним ядром, у якої релятивістський однобічний джет простягається на відстань понад 1.5 кпк [29].

Для більшості досліджуваних нами ізольованих АЯГ значення СЦП було отримано з огляду NVSS [18]. Всього вдалося знайти значення потоків на 1.4 ГГц для 51 з 61 ізольованої АЯГ та досліджено корелятивну залежність величини СЦП на частоті 1.4 ГГц від величини радіальної швидкості (рис. 3). Найяскравіша в радіодіапазоні галактика ESO097-013 з 61 ізольованої АЯГ є найближчою до нас галактикою. Друга за величиною СЦП на частоті 1.4 ГГц — це ESO483-009: вона розташована не в області основної частини ізольованих АЯГ на діаграмі; тобто, враховуючи радіальну швидкість, ця галактика є яскравішою за інші ізольовані АЯГ на 1.4 ГГц; для ESO483-009 положення радіоджерела збігається з активним ядром. Попередній аналіз зіставлення оптичних зображень галактик із радіоконтурами на частоті 1.4 ГГц з використанням баз даних FIRST і PanSTARRS показує, що для більшості із досліджуваних ізольованих АЯГ оптичний центр материнської галактики, тобто положення активного ядра, збігається з центром зареєстрованого потоку радіовипромінювання, за винятком PGC206239.

ВИСНОВКИ

У роботі систематизовано властивості 61 ізольованої галактики з активними ядрами (ізольовані АЯГ) в радіодіапазоні. Представляємо доступні з баз даних спектральні щільності потоків на частоті 1.4 ГГц або 5 ГГц. Значення СЦП на частоті 1.4 ГГц лежать переважно в діапазоні 3...20 мЯн, у двох галактиках — у діапазоні 50...200 мЯн (PGC35009, NGC6951), а у десяти ізольованих АЯГ — менше 3 мЯн. Ми розраховували відношення R СЦП в радіодіапазоні до СЦП в оптичному діапазоні для з'ясування радіогучності джерел випромінювання. Оскільки лише вісім ізольованих АЯГ каталогу 2MIG мають вимірні потоки на 5 ГГц, ми робили перерахунок з частоти 1.4 ГГц на частоту 5 ГГц у припущенні синхротронного механізму випроміню-

вання в радіодіапазоні (спектральний індекс приймався $\alpha = 0.7$ у законі $S \propto \nu^{-\alpha}$). Для 27 ізольованих АЯГ спектральні щільності потоку на частоті 5 ГГц становлять менше 3 мЯн, для 15 АЯГ вони лежать у діапазоні 4...15 мЯн, для семи ізольованих АЯГ — у діапазоні 15...55 мЯн, галактики ESO097-013 і ESO483-009 мають СЦП у 304 і 132 мЯн відповідно. Виявлено, що 51 із 61 є радіотихими ($R < 10$) галактиками, для дев'яти галактик вибірки відповідних параметрів у базах даних немає, радіогучною є ESO483-009 ($R = 20.72$, Sy3/LINER, SAB00 pec). Оцінено чутливість, яка потрібна радіотелескопам для проведення спостережень обраних об'єктів.

Отримані результати важливі для ініціалізації програм спостережень ізольованих АЯГ близького Всесвіту в радіодіапазоні як за допомогою окремих радіотелескопів, так і в режимі радіоінтерферометрії з наддовгими базами. Це дозволить заповнити прогалини у даних про властивості ізольованих АЯГ та провести детальне картографування розподілу радіовипромінювання цих галактик у порівнянні з X- та оптичним спектральними діапазонами. Важливим є те, що випромінювання в радіодіапазоні надає можливість вільно від поглинання відстежувати і розділяти області активного зореутворення галактик та центральні області з надмасивними чорними дірами в активному ядрі, а отже і надати інформацію про відсутність активності ядра.

ПОДЯКИ

У цьому дослідженні використовувалася база даних NASA/IPAC (NED), створена під керівництвом Лабораторії реактивного руху Каліфорнійського технологічного інституту за контрактом з NASA, та база даних HyperLeda (<http://leda.univ-lyon1.fr>) [42], база даних SIMBAD, яка функціонує в CDS, Страсбург, Франція. Роботу виконано у межах програми підтримки пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок Відділення фізики і астрономії НАН України (проєкт «Спостережні індикатори активних процесів у галактиках в різному оточенні», 2022—2023 рр., шифр «ActivPhys»).

Автори висловлюють подяку В. Ю. Караченцевій за корисні поради; В. В. Ожінському, В. П. Власенку і колективу Центру космічних досліджень та зв'язку НЦУВКЗ ДКА України за проведення тестових спостережень ізольованих галактик з активними ядрами на телескопі РТ-32 (м. Золочів, Львівська обл., Україна). О. М. Ульянов дякує Вентспільському університету прикладних наук (Латвія) за часткову підтримку цієї роботи коштами проєкту «lzp-2020/2-0121 Joint Latvian-Ukrainian study of peculiar radio galaxy Perseus A». І. Б. Вавилова дякує Інституту імені Вольфганга Паулі, Відень, Австрія, за підтримку в межах проєкту «The Pauli Ukraine Project» (2022) за програмою «Models in plasma, Earth and space science». Н. Г. Пулатова висловлює подяку

ку за фінансову підтримку Товариству імені Макса Планка для сприяння розвитку наук (Max Planck Society for the Advancement of Science), Німеччина, та директорам Інституту астрономії імені Макса Планка, м. Гайдельберг, Німеччина Томасу Хенінгу (Thomas Henning) та Хансу Вольтеру Ріксу (Hans-Walter Rix) за сприяння у підготовці статті.

А. А. Василенко дякує Університету імені Н. Коперника за підтримку і гостинність під час перебування і роботи в 2022 році.

REFERENCES

1. Aird J., Coil A. L., Georgakakis A. (2019) X-rays across the galaxy population - III. The incidence of AGN as a function of star formation rate. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 484(3). 4360—4378. doi:10.1093/mnras/stz125
2. Alexander D. M., Hickox R. C. (2012) What drives the growth of black holes? *New Astron. Revs.* 56(4). 93—121.
3. Allison J. R., Sadler E. M., Meekin A. M. (2014) A search for H I absorption in nearby radio galaxies using HIPASS. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 440(1). 696—718. doi:10.1093/mnras/stu289
4. Anderson K. S. (1971) On the interpretation of the H α profile of the Seyfert galaxy NGC 5548. *Astrophys. J.* 169. 449—455.
5. Anderson J. M., Ulvestad J. S. (2005) The size of the radio-emitting region in low-luminosity active galactic nuclei. *Astrophys. J.* 627(2). 674—700.
6. Antyufeyev A. V., Korolev A. M., Patoka O. M., Shulga V. M., et al. (2019) Creating the RT-32 radio telescope on the basis of Mark-4B antenna system. 2. Estimation of the possibility for making spectral observations of radio astronomical objects. *Radio Phys., Radio Astron.* 24(3). 163—183. DOI: <https://doi.org/10.15407/rpra24.03.163>
7. Augusto P., Gonzalez-Serrano J. I., Gizani N. A. B., Perez-Fournon I., Edge A. C. (2001) Probing the structure and size of the NLR in AGN with radio jets. *Astron. and Astrophys. Transactions.* 20(2). 275—279.
8. Babyk Y. V., Del Popolo A., Vavilova I. B. (2014) Chandra X-ray galaxy clusters at $z < 1.4$: Constraints on the inner slope of the density profiles. *Astron. Repts.* 2014. 58(9). 587—610.
9. Babyk I., Vavilova I. (2014) The Chandra X-ray galaxy clusters at $z < 1.4$: Constraints on the evolution of LX-T-Mg relations. *Astrophys. and Space Sci.* 349(1). 415—421.
10. Basu-Zych A. R., Hornschemeier A. E., Haberl F., Vulic N., Wilms J., Zezas A., Kovalakas K., Ptak A., Dauser T. (2020) The next-generation X-ray galaxy survey with eROSITA. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 498. 1651—1667.
11. Bica M. D., Kojoian G., Seal J., Dickinson D. F., Malkan M. A. (1995) A multifrequency radio continuum and IRAS faint source survey of Markarian galaxies. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 98(2), 369—440.
12. Braatz J. A., Gugliucci N. E. (2008) The discovery of water maser emission from eight nearby galaxies. *Astrophys. J.* 678(1). 96—101.
13. Brandt W. N., Hasinger G. (2005) Deep extragalactic X-Ray Surveys. *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.* 43, 827—859.
14. Chesnok N. G. (2010) General properties of a sample of isolated galaxies containing active nucleus. *Kosm. Nauka Tehnol.* 16(5). 77—80. (In Ukrainian)
15. Chesnok N. G., Sergeev S. G., Vavilova I. B. (2009) Optical and X-ray variability of Seyfert galaxies NGC 5548, NGC 7469, NGC 3227, NGC 4051, NGC 4151, Mrk 509, Mrk 79, and Akn 564 and quasar 1E 0754. *Kinematics and Phys. Celestial Bodies.* 25(2). 107—113.
16. Condon J. J. (1989) The 1.4 GHz luminosity function and its evolution. *Astrophys. J.* 338. 13. doi:10.1086/167176

17. Condon J. J., Cotton W. D., Broderick J. J. (2002) Radio sources and star formation in the local universe. *Astron. J.* 124(2). 675—689. doi:10.1086/341650
18. Condon J. J., Cotton W. D., Greisen E. W., Yin Q. F., Perley R. A., Taylor G. B., Broderick J. J. (1998) The NRAO VLA Sky Survey. *Astron. J.* 115(5). 1693—1716.. doi:10.1086/300337
19. Dennett-Thorpe J., Bridle A. H., Laing R. A., Scheuer P. A. G. (1999) Asymmetry of jets, lobe size and spectral index in radio galaxies and quasars. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 304(2). 271—280.
20. de Vaucouleurs G. (1991) On the distribution of radio sources in rich galaxy clusters. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 249(1). 28—30. <https://doi.org/10.1093/mnras/249.1.28P>
21. Dobrycheva D. V., Vavilova I. B., Melnyk O. V., Elyiv A. A. (2018) Morphological type and color indices of the SDSS DR9 galaxies at $0.02 < z < 0.06$. *Kinematics and Phys. Celestial Bodies.* 34(6). 290—301. DOI: 10.3103/S0884591318060028
22. Doroshenko V. T., Efimov Y. S., Borman G. A., Pulatova N. G. (2014) BVRI CCD-photometry of comparison stars in the fields of galaxies with active nuclei. VI. *Astrophys.* 57(1). 30—49.
23. Doroshenko V. T., Efimov Y. S., Borman G. A., Pulatova N. G. (2014) BVRI CCD-photometry of comparison stars in the fields of galaxies with active nuclei. *Astrophys.* 57(2). 176—196.
24. Doroshenko V. T., Sergeev S. G., Efimov Y. S., Borman G. A., Okhmat D. N., Pulatova N. G., Nazarov S. V. (2013) BVRI CCD-Photometry of comparison stars in the fields of galaxies with active nuclei. V. *Astrophys.* 56(3). 343—358.
25. Eckart A., Valencia-S. M., Shahzamanian B., et al. (2017) Experimental indicators of accretion processes in active galactic nuclei. arXiv:1712.06915
26. Elyiv A. A., Diachenko N. M., Vavilova I. B., Vasylenko M. Yu., Dobrycheva D. V., Melnyk O. V. (2022) Redshift reconstruction for the SDSS galaxies with machine learning methods. *Astron. and Astrophys.* 2022.
27. Elyiv A. A., Melnyk O. V., Vavilova I. B., Dobrycheva D. V., Karachentseva V. E. (2020) Machine-learning computation of distance modulus for local galaxies. *Astron. and Astrophys.* 635, A124. DOI: 10.1051/0004-6361/201936883
28. Fadda D., Marleau F. R., Storrie-Lombardi L. J., Makovoz D., Frayer D. T., Appleton P. N., Armus L., et al. (2006) The Spitzer Space Telescope extragalactic first look survey: 24 m data reduction, catalog, and source identification. *Astron. J.* 131(6). 2859—2876. doi:10.1086/504034
29. Forman W., Jones C., Churazov E., Markevitch M., et al. (2007) Filaments, bubbles, and weak shocks in the gaseous atmosphere of M87. *Astrophys. J.* 665(2). 1057—1066. <https://doi.org/10.1086/519480>.
30. Galiullin I., Gilfanov M. (2021) Populations of super-soft X-ray sources in galaxies of different morphological types. *Astron. and Astrophys.* 646. A85.
31. Gallimore J. F., Axon D. J., O’Dea C. P., Baum S. A., Pedlar A. (2006) A survey of kiloparsec-scale radio outflows in radio-quiet active galactic nuclei. *Astron. J.* 132. 546—569.
32. Gregory P. C., Condon J. J. (1991) The 87GB catalog of radio sources covering 0 degrees < δ < +75 degrees at 4.85 GHz. *Astrophys. J. Suppl.* 75. 1011. doi:10.1086/191559
33. Griffith M. R., Wright A. E. (1994) *VizieR Online Data Catalog: Parkes-MIT-NRAO (PMN) Surveys (Griffith+ 1994) yCat, VIII/27.*
34. Ho L. C., Ulvestad J. S. (2001) VizieR Online Data Catalog: VLA radio continuum survey of Seyfert galaxies (Ho+, 2001). *Astrophys. J. Suppl.* 133. 77.
35. Hummel E., Pedlar A., van der Hulst J. M., Davies R. D. (1985) A radio continuum survey of SBC spiral galaxies at 1.465 GHz. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 60. 293—313.
36. Jha V. K., Joshi R., Chand H., Wu X.-B., Ho L. C., Rastogi S., Ma Q. (2022) Accretion disk sizes from continuum reverberation mapping of AGN selected from the ZTF

- survey. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 511(2). 3005—3016.
37. Karachentseva V. E., Mitronova S. N., Melnyk O. V., Karachentsev I. D. (2010) Catalog of isolated galaxies selected from the 2MASS survey. *Astron. Bull.* 65. 1—17. doi:10.1134/S1990341310010013
38. Kellermann K. I., Sramek R., Schmidt M., Shaffer D. B., Green R. (1989) VLA observations of objects in the Palomar Bright Quasar Survey. *Astron. J.* 98, 1195. doi:10.1086/115207
39. Khramtsov V., Vavilova I. B., Vasylenko M. Yu., Dobrycheva D. V., Elyiv A. A., Akhmetov V. S., Dmytrenko A. M., Khlamov S. V. (2022) Machine learning technique for morphological classification of galaxies from the SDSS. III. Image-based inference of detailed features. *Space Sci. and Technol.* 28(5). 27—55. <https://doi.org/10.15407/knit2022.05.027>
40. Lin Y.-T., Huang H.-J., Chen Y.-C. (2018) An analysis framework for understanding the origin of nuclear activity in low-power radio galaxies. *Astron. J.* 155(5). 188.
41. Lynden-Bell D. (1969) Galactic nuclei as collapsed old quasars. *Nature.* 223. 690—694.
42. Makarov D., Prugniel P., Terekhova N., Courtois H., Vauglin I. (2014) HyperLEDA. III. The catalogue of extragalactic distances. *Astron. and Astrophys.* 570. A13. doi: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201423496>
43. Marvil J., Owen F., Eilek J. (2015) Integrated radio continuum spectra of galaxies. *Astron. J.* 149(1). 32.
44. Mauch T., Murphy T., Buttery H. J., Curran J., Hunstead R. W., Piestrzynski B., Robertson J. G., et al. (2003) SUMSS: a wide-field radio imaging survey of the southern sky - II. The source catalogue *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 342(4). 1117—1130. doi:10.1046/j.1365-8711.2003.06605.x
45. Monreal-Ibero A., V'ilchez J. M., Walsh J. R., Mun-oz-Tun'on C. (2010) A study of the interplay between ionized gas and star clusters in the central region of NGC 5253 with 2D spectroscopy. *Astron. and Astrophys.* 517. A27. doi:10.1051/0004-6361/201014154
46. Mundell C. G., Ferruit P., Nagar N., Wilson A. S. (2009) Radio variability in Seyfert nuclei. *Astrophys. J.* 703(1). 802—815.
47. Murphy T., Sadler E. M., Ekers R. D., Massardi M., Hancock P. J., Mahony E., Ricci R., et al. (2010) The Australia telescope 20 GHz survey: the source catalogue. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 402(4). 2403—2423.
48. Nair P. B., Abraham R. G. (2010) *VizieR Online Data Catalog: Detailed morphology of SDSS galaxies* (Nair+, 2010), yCat, J/ApJS/186/427
49. Neumann M., Reich W., Fuerst E., Brinkmann W., Reich P., Siebert J. (1994) Multifrequency observations of ROSAT selected radio sources. *Astron. and Astrophys. Suppl.* 106. 303—326.
50. Nilson P. (1973) *Uppsala general catalogue of galaxies.* ugcg.book
51. Paggi A., Wang J., Fabbiano G., Elvis M., Karovska M. (2012) CHEERS results on Mrk 573: A study of Deep Chandra observations. *Astrophys. J.* 756(1). 39.
52. Parra R., Conway J. E., Aalto S., Appleton P. N., Norris R. P., Pihlstrom Y. M., Kewley L. J. (2010) COLA. III. Radio detection of active galactic nucleus in compact moderate luminosity infrared galaxies. *Astrophys. J.* 720(1). 555—568. doi:10.1088/0004-637X/720/1/555
53. Patoka O., Antyufeyev O., Shmeld I., Bezrukovs V., Bleiders M., Orbidas A., Aberfelds A., Shulga V. (2021) New ex-OH maser detections in the northern celestial hemisphere. *Astron. and Astrophys.* 652. A17. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202037623>
54. Pilyugin L. S., Cedr'es B., Zinchenko I. A., et al. (2021) MaNGA galaxies with off-centered spots of enhanced gas velocity dispersion. *Astron. and Astrophys.* 653, A11. doi 10.1051/0004-6361/202141012
55. Pulatova N. G., Vavilova I. B., Sawangwit U., Babyk I., Klimanov S. (2015) The 2MIG isolated AGNs - I. General and multiwavelength properties of AGNs and host galax-

- ies in the northern sky. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 447(3). 2209—2223.
56. Pushkarev A. B., Kovalev Y. Y. (2015) Milky Way scattering properties and intrinsic sizes of active galactic nuclei cores probed by very long baseline interferometry surveys of compact extragalactic radio sources. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 452(4). 4274—4282.
 57. Radcliffe J. F., Barthel P. D., Garrett M. A., Beswick R. J., Thomson A. P., Muxlow T. W. B. (2021) The radio emission from active galactic nuclei. *Astron. and Astrophys.* 649. L9.
 58. Rafter S. E., Crenshaw D. M., Wiita P. J. (2009) Radio properties of low-redshift broad line active galactic nuclei. *Astron. J.* 137(1). 42.
 59. Sandage A. (1967) Optical variation of the nuclei of three compact galaxies together with new photometric data for Seyfert galaxies. *Astrophys. J.* 150. L177—L181.
 60. Sandage A., Wyndham J. D. (1965) On the optical identification of eleven new quasi-stellar radio sources. *Astrophys. J.* 141. 328.
 61. Schinzel F. K., Petrov L., Taylor G. B., Edwards P. G. (2017) Radio follow-up on all unassociated gamma-ray sources from the Third Fermi Large Area Telescope Source Catalog. *Astrophys. J.* 838(2). 139.
 62. Sergeev S. G. (2014) Further determination of interband lags between variations in B, V, R, and I bands in active galactic nuclei. *Proc. Int. Astron. Union. IAU Symp.* 304. 247.
 63. Sergeev S. G. (2020) Spectral variability of the 3C 390.3 nucleus for more than 20 years - II. Variability of the broad emission-line profiles and He II 4686 Å emission-line fluxes. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 495(1). 971—980.
 64. Sergeev S. G., Doroshenko V. T., Golubinskiy Y. V., Merkulova N. I., Sergeeva E. A. (2005) Lag-luminosity relationship for interband lags between variations in B, V, R, and I bands in active galactic nuclei. *Astrophys. J.* 622. 129.
 65. Sergeev S. G., Klimanov S. A., Chesnok N. G., Pronik V. I. (2007) Optical variability of the active galactic nucleus 1E 0754.6+3928 and reverberation-based mass estimate for the central black hole. *Astron. Lett.* 33. C. 429—436.
 66. Sergeev S. G., Pulatova N. G. (2015) Supermassive black holes in galactic nuclei and their relation to the host galaxy properties. In: Vavilova I. B., Bolotin Yu. L., Boyarsky A. M., et al. Dark matter: Observational manifestation and experimental searches. Vol. 3. of the three-volume monography “Dark Energy and Dark Matter in the Universe”, Ed. V. M. Shulga. Kyiv: Akademperiodyka. 375. ISBN 978-966-360-239-4.
 67. Shimwell T. W., Röttgering H. J. A., Best P. N., Williams W. L., Dijkema T. J., de Gasperin F., Hardcastle M. J., et al. (2017) The LOFAR Two-metre Sky Survey. I. Survey description and preliminary data release. *Astron. and Astrophys.* 598. A104.
 68. Sramek R. (1975) 5-GHz survey of bright galaxies. *Astron. J.* 80(10). 771—777.
 69. Torbaniuk O., Paolillo M., Carrera F., et al. (2021) The connection between star formation and supermassive black hole activity in the local Universe. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 506(2). 2619—2637. doi 10.1093/mnras/stab1794
 70. Ulyanov O. M., Reznichenko O. M., Zakharenko V. V., Antyufeyev A. V., et al. (2019) Creating the RT-32 radio telescope on the basis of Mark-4B antenna system. 1. Modernization project and first results. *Radio Phys., Radio Astron.* 24(2). 87—116. <https://doi.org/10.15407/rpra24.02.087>
 71. Ulyanov O. M., Zakharenko V. V., Alekseev E. A., Reznichenko O. M., et al. (2020) Creating the RT-32 radio telescope on the basis of Mark-4B antenna system. 3. Local oscillators and self-noise of the receiving system. *Radio Phys., Radio Astron.* 25(3). 175—192. <https://doi.org/10.15407/rpra25.03.175>
 72. Usher P. D., Shen B. S. P., Wright F. W., Shapley H., Hanley C. M. (1969) Long-term behavior of the Seyfert galaxy 3C 120. *Astrophys. J.* 158. 535—539.
 73. Vasylenko A. A., Vavilova I. B., Pulatova N. G. (2020) Isolated AGNs NGC 5347, ESO 438-009, MCG-02-04-090, and J11366-6002: Swift and NuSTAR joined view. *Astron. Nachr.* 341(8). 801—811.

74. Vavilova I. B., Dobrycheva D. V., Vasylenko M. Y., Elyiv A. A., Melnyk O. V., Khramtsov V. (2021) Machine learning technique for morphological classification of galaxies from the SDSS: I. Photometry-based approach. *Astron. and Astrophys.* 648. A122. doi: 10.1051/0004-6361/202038981
75. Vavilova I. B., Dobrycheva D. V., Vasylenko M. Yu., Elyiv A. A., Melnyk O. V., Khramtsov V. (2021) “VizieR Online Data Catalog: SDSS galaxies morphological classification (Vavilova+, 2021)” VizieR On-line Data Catalog: J/A+A/648/A122.
76. Vavilova I. B., Ivashchenko G. Y., Babyk I. V., Sergijenko O., Dobrycheva D. V., Torbaniuk O. O., Vasylenko A. A., Pulatova N. G. (2015) The astrocsmic databases for multi-wavelength and cosmological properties of extragalactic sources. *Kosm. Nauka Tehnol.* 21(5). 94—107.
77. Vavilova I. B., Khramtsov V., Dobrycheva D. V., Vasylenko M. Yu., Elyiv A. A., Melnyk O. V. (2022). Machine learning technique for morphological classification of galaxies from SDSS. II. The image-based morphological catalogs of galaxies at $0.02 < z < 0.1$. *Space Sci. and Technol.* 28(1). 3—34. <https://doi.org/10.15407/knit2022.01.003>
78. Vavilova I. B., Vasylenko A. A., Babyk Iu. V., Pulatova N. G. (2015) X-ray spectral properties of the isolated AGNs: NGC 1050, NGC 2989, ESO 317-038, ESO 438-009. *Odessa Astron. Pubs.* 28. 150—153.
79. Véron-Cetty M. P., Véron P. (2006) A catalogue of quasars and active nuclei: 12th edition. *Astron. and Astrophys.* 455. 773. doi:10.1051/0004-6361:20065177.
80. Véron-Cetty M. P., Véron P. (2010) A catalogue of quasars and active nuclei: 13th edition. *Astron. and Astrophys.* 518, A10. doi:10.1051/0004-6361/201014188
81. Vlasenko V. P., Mamarev V. M., Ozhytsky V. V., Ulyanov O. M., Zakharenko V. V., Palamar M. I., Chaikovskiy A. V., Fryz S. P. (2021) The method for RT-32 radio telescope error matrix construction in automatic mode. Automatic assesment of tracking errors. *Space Sci. and Technol.* 27(6). 53—64. <https://doi.org/10.15407/knit2021.06.053>
82. Vol’vach A. E., Vol’vach L. N., Kut’kin A. M., Larionov M. G., et al. (2011) Multi-frequency studies of the non-stationary radiation of the blazar 3C 454.3. *Astron. Repts.* 55(7). 608—615.
83. Yang J., Gurvits L. I., Paragi Z., Frey S., Conway J. E., Liu X., Cui L. (2020) A parsec-scale radio jet launched by the central intermediate-mass black hole in the dwarf galaxy SDSS J090613.77+561015.2. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 495(1). L71—L75. <https://doi.org/10.1093/mnrasl/slaa052>

N. G. Pulatova^{1,2}, I. B. Vavilova^{1,3}, A. A. Vasylenko^{1,5}, O. M. Ulyanov⁴

¹Main Astronomical Observatory of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Max-Planck-Institute for Astronomy, Heidelberg, Germany

³Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

⁴Institute of Radio Astronomy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

⁵Faculty of Physics, Astronomy and Informatics, Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

RADIO PROPERTIES OF THE LOW-REDSHIFT ISOLATED GALAXIES WITH ACTIVE NUCLEI

The purpose and the galaxy sample: We study the properties of 61 isolated galaxies with active nuclei (isolated AGNs) in radio range at the redshifts $z < 0.05$. The sample was obtained by cross-matching of the 2MIG catalog (2MASS catalog of isolated galaxies based on the 2MASS) with the Véron-Cetty catalog of quasars/AGNs. The sample is limited to a

stellar magnitude of $4^m < K_s < 12^m$, a radial velocity of $V_r < 15,000$ km/s, and the distance to the nearest significant satellite galaxy. These limitations indicate that the isolated AGNs have not collided with other galaxies in at least 3 billion years, and the observed activity of their nuclei is due only to physical processes occurring in the system “torus — accretion disk — nuclear region — supermassive black hole”. In our work we systematize the radio parameters of isolated AGNs by using data from various databases and the archive of terrestrial and space telescopes. Such characteristics are necessary for the further study of the physical properties of the regions with active star formation and the active nucleus of these galaxies in comparison with the properties that manifest themselves in observations in other spectral ranges.

Results: We present radio fluxes densities available from the databases at the frequency of 1.4 GHz or 5 GHz for isolated AGNs from the 2MIG catalog. For 51 of the 61 galaxies of the sample, we were able to find fluxes densities at 1.4 GHz. These values for most isolated AGNs are in the range of 3...20 mJy, for two galaxies PGC35009 and NGC6951 in the range of 50...200 mJy, two galaxies ESO483-009 and ESO097-013 have spectral fluxes densities of 352 and 1200 mJy, respectively, and for 10 isolated AGNs fluxes densities are less than 3 mJy; radio fluxes densities for NGC0157 are not related to the position of this galaxy. We calculated the ratio R of the spectral fluxes densities in the radio to those in the optical bands. Since only eight isolated AGNs have measured 5 GHz fluxes densities, we used the 1.4 GHz radio flux conversion to 5 GHz to derive this ratio, assuming the spectral index $\alpha = 0.7$ as usual for Seyfert-type galaxies as $S \propto \nu^{-\alpha}$. For 27 isolated AGNs radio fluxes densities at 5 GHz are lower 3 mJy, for 15 AGNs are in 4...15 mJy, for 7 AGNs are in the range 15...55 mJy, two galaxies have radio fluxes densities 304 mJy and 132 mJy, ESO097-013 and ESO483-009, respectively. We found that 51 isolated AGNs are the radio quiet sources ($R < 10$), radio properties of 9 objects are absent, the radio loud is ESO483-009 ($R = 20.72$, Sy3/LINER, SAB00 pec), We propose the observational methods to obtain the fluxes densities of radio quite isolated AGNs.

Conclusions: The systematization of the properties of the low-redshift 61 isolated AGNs in the radio range, of which 36 are in the northern and 25 in the southern sky, has future goal of setting up a program radio astronomical observations for estimating radiation fluxes densities and monitoring research for more detailed mapping of the characteristics of radio emission of these galaxies in comparison with the optical and X-ray properties. Observations in the radio range are important as it makes possible to track and separate star formation regions of a galaxy and central regions with a supermassive black hole, and thus provide information about the nature of nuclear activity.

Keywords: galaxies: active, isolated, fundamental parameters; radio continuum: general.

Стаття надійшла до редакції 28.06.2022

Після доопрацювання 16.08.2022

Прийнята до друку 20.12.2022