

11 - Астрофизика, физика космоса

Блинкова Евгения Владимировна, магистрант 2 года обучения
Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, физический
Особенности динамики околоземных объектов, движущихся в резонансе 1:3 со скоростью вращения Земли

Бордовицына Т.В., д.ф.-м.н.

e-mail: zbzik322@mail.ru

стр. 342

Винокуров Николай Александрович, магистрант 1 года обучения
Якутск, Северо-Восточный федеральный университет, физико-технический институт
Моделирование нейтрального слоя межпланетного магнитного поля

Крымский Гермоген Филиппович, д.ф.-м.н.

e-mail: nickvnkrv@gmail.com

стр. 343

Гурьянов Сергей Александрович, аспирант
Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, физический
Исследование динамики астероида 469219 2016 НОЗ

Галушина Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н.

e-mail: magicboys2000@gmail.com

стр. 344

Красавин Дмитрий Сергеевич, аспирант 1 года обучения
Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, физический
Анализ динамической структуры орбитального пространства ГЛОНАСС и GPS

Бордовицына Т.В., д.ф.-м.н.

e-mail: krasavin.dmitry.tsu@gmail.com

стр. 345

Крюкова Екатерина Андреевна, магистрант 1 года обучения
Красноярск, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, ИКИВТ

Статистическое исследование новых переменных звезд в Кассиопее

Назаров Сергей Валентинович,

e-mail: kate-13-kr@yandex.ru

стр. 347

Назаров Сергей Валентинович, м.н.с.
Научный, Крымская астрофизическая обсерватория

Результаты исследований сейфертовской галактики 3С390.3 в КраО

e-mail: astrotourist@gmail.com

стр. 348

Назаров Сергей Валентинович, м.н.с.
Научный, Крымская астрофизическая обсерватория

Наблюдение блазара СТА 102 и объяснение его переменности

e-mail: astrotourist@gmail.com

стр. 348

Смирнова Ксения Ильдаровна, лаборант-исследователь
Екатеринбург, Уральский федеральный университет, физический

Сравнение параметров пыли в специфических галактиках

e-mail: Arashu@rambler.ru

стр. 349

Особенности динамики околоземных объектов, движущихся в резонансе 1:3 со скоростью вращения Земли

Блинкова Евгения Владимировна

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Бордовицына Татьяна Валентиновна, д.ф.-м.н.

zbizk322@mail.ru

Рассматриваются особенности динамики объектов, попадающих в область резонанса 1:3 со скоростью вращения Земли. Выявление орбитального резонанса 1:3 со скоростью вращения Земли осуществляется следующим образом: оценивается степень близости к нулю резонансных соотношений, соответствующих резонансному мультиплету 1:3 со скоростью вращения Земли и поведение их критических аргументов:

$$\begin{aligned} \dot{\psi}_1 &= (\dot{M} + \dot{\Omega} + \dot{\omega}) - 3\dot{\theta} \\ \dot{\psi}_2 &= (\dot{M} + \dot{\Omega}) + 3(\dot{\omega} - \dot{\theta}) \\ \dot{\psi}_3 &= \dot{M} + 3(\dot{\Omega} + \dot{\omega} - \dot{\theta}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \psi_1 &= (M + \Omega + \omega) - 3\theta \\ \psi_2 &= (M + \Omega) + 3(\omega - \theta) \\ \psi_3 &= M + 3(\Omega + \omega - \theta) \end{aligned} \quad (2)$$

Обозначения элементов стандартные.

Динамические портреты вековых резонансов строятся в фазовой плоскости

$$x = e \cos \psi, y = e \sin \psi \quad (3)$$

где e – эксцентриситет орбиты спутника, ψ – критический аргумент. Они используются для определения устойчивости резонанса.

Динамическая эволюция объектов моделируется численно, элементы орбит выбираются в следующем диапазоне: по большой полуоси от 20250500 до 20268500 метров с шагом 200 метров и по наклонению от 10° до 90° .

Анализ полученных результатов показал, что области действия тех или иных компонентов резонансного мультиплета зависят не только от размеров большой полуоси, как это было выявлено в [1], но и от наклонения орбиты. Так первый, основной, резонанс мультиплета присутствует в динамике всех объектов с большими полуосями из области, полученной в [1]. Пример (рис. 1). Наличие устойчивого резонанса определяется по либрации критического аргумента и незамкнутости фазового портрета.

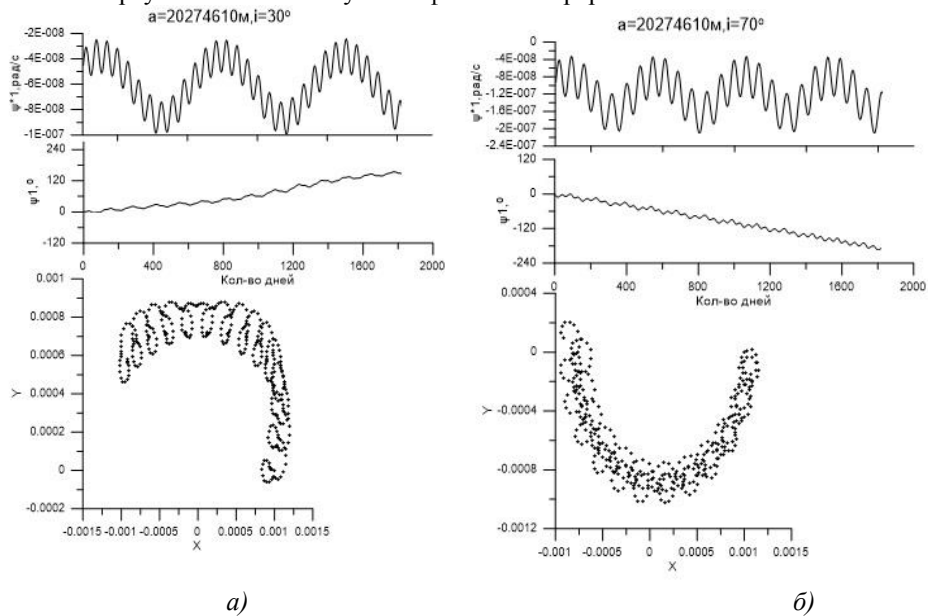


рис.1. Динамические особенности резонансного соотношения ψ_1 : а) для наклонения 30° , б) для наклонения 70°

Что касается второго и третьего резонансных соотношений, то их наличие связано с величиной эксцентриситета. Второе резонансное соотношение проявляет себя только при больших наклонениях близких к

90° (рис.2), а третье резонансное соотношение присутствует в динамике объектов, начиная с наклона 40° (рис.3).

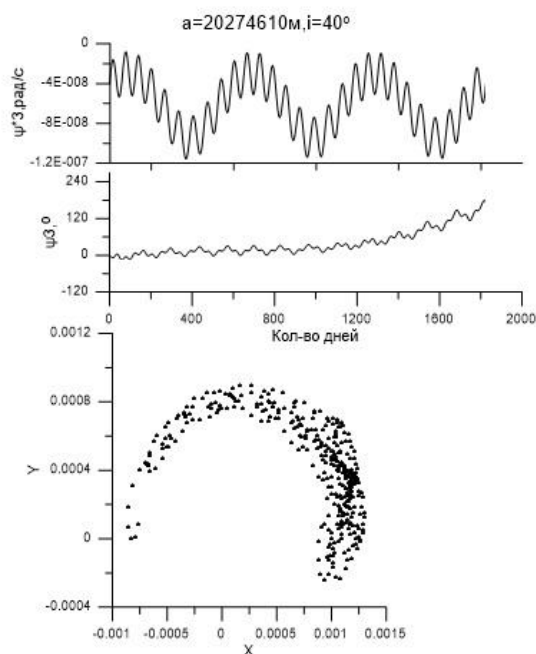
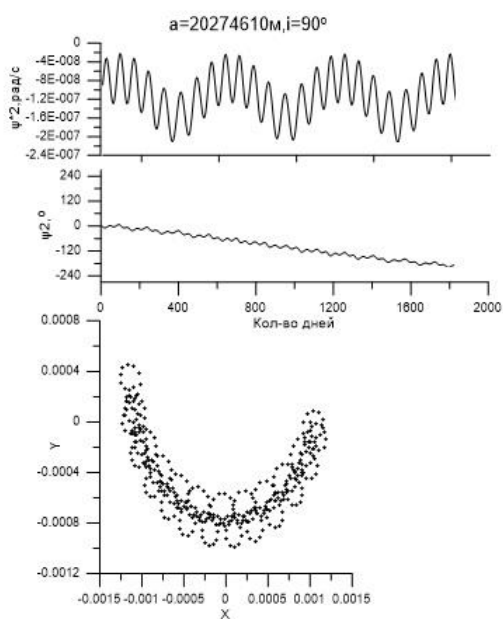


рис.2. Динамические особенности резонансного соотношения ψ_2 для наклона 90°

рис.3. Динамические особенности резонансного соотношения ψ_3 для наклона 40°

Список публикаций:

[1] Кузнецов Э. Д. // *Астрономический вестник*, 2012, том 46, №6, с. 480–488

Моделирование нейтрального слоя межпланетного магнитного поля

Винокуров Николай Александрович

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова

Крымский Гермоген Филиппович, д.ф.-м.н.

nickvnr@gmail.com

Следствием дипольного характера общего магнитного поля Солнца является то, что межпланетное магнитное поле (ММП) имеет противоположную направленность в северном и южном полушарии. При этом плоскость, проходящая через солнечный экватор, разделяет области ММП противоположного направления. Эта плоскость, точнее относительно тонкий слой в окрестности этой плоскости, называется нейтральным слоем (или токовым), поскольку в этой области магнитное поле отсутствует. Поскольку плоскость солнечного экватора наклонена по отношению к плоскости эклиптики на угол, равный 7 градусам, за время одного оборота Солнца вокруг своей оси (27 суток) Земля должна дважды пересекать нейтральный слой. Каждое такое пересечение сопровождается изменением направления ММП на противоположное. Это так называемый эффект секторной структуры ММП, суть которого состоит в том, что неподвижный наблюдатель, расположенный вблизи Земли, регистрирует смену направленности ММП несколько раз за время одного оборота Солнца. По причине того, что общее магнитное поле Солнца не является чисто дипольным, а солнечный ветер не является идеально сферически симметричным, реальный нейтральный слой имеет сложную форму с отклонениями в ту и другую сторону от плоскости солнечного экватора (рис. 1). На разных фазах солнечной активности наблюдается разное количество секторов ММП. Чаще всего наблюдается два или четыре сектора ММП [1].

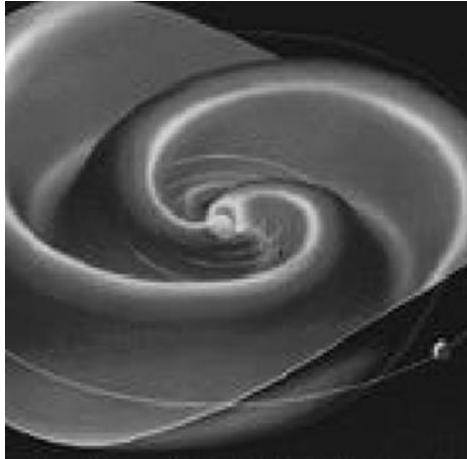


рис.1.Токовый слой в солнечном ветре. Показано Солнце и орбиты планет солнечной системы. При движении по своей орбите Земля несколько раз за время одного солнечного оборота пересекает токовый слой. Каждое пересечение слоя сопровождается сменой направления ММП на противоположное.

В данной работе предложена многопараметрическая модель ММП, которая предполагается разделенной на две полусферы с противоположными знаками, граница между которыми деформирована. Проводится сопоставление модели с наблюдательными данными. Параметры модели определяются с помощью метода градиентного спуска. На основе анализа полученных данных проведена оценка искривления нейтрального токового слоя.

Список публикаций:

[1] Бережко Е. Г. // Введение в физику космоса: Учебное пособие. Якутск, 2014. С. 111

Исследование динамики астероида 469219 2016 НОЗ

Гурьянов Сергей Александрович

Галушина Татьяна Юрьевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Галушина Татьяна Юрьевна, к.ф.-м.н.

magicboys2000@gmail.com

Астероиды, движущиеся в резонансе 1:1 с Землей, могут испытывать повторяющиеся переходы между динамическими состояниями квазиспутников и подков. В данной работе покажем, что недавно обнаруженный астероид (469219) 2016 НОЗ [1] является квазиспутником нашей планеты – пятым, вступающим в ряды (164207) 2004 GU9, (277810) 2006 FV35, 2013 LX28 и 2014 OL339.

Первым шагом в исследовании динамики является анализ влияния различных возмущающих факторов на движение астероида [2]. В данной работе набор оцениваемых возмущений включал в себя влияние больших планет, Плутона, Луны, Цереры, Паллады, Весты; сжатия Солнца, Земли и Юпитера; релятивистских эффектов от Солнца, больших планет, Плутона и Луны. В результате проведенного исследования было выявлено, что наиболее значимое влияние на динамику 2016 НОЗ оказывают гравитационные силы Земли, Луны, больших планет и релятивистские эффекты (РЭ) Солнца.

Исследования хаотичности и эволюции астероида 2016 НОЗ были проведены путем численного интегрирования дифференциальных уравнений движения при помощи программного обеспечения ИДА [2]. Интервал времени исследования был выбран исходя из точности вычислений, рассматривали время на 8000 лет в будущее и на столько же в прошлое. Для выявления хаотичности движения использовался параметр MEGNO [3].

Для выявления и изучения орбитальных резонансов традиционно используются такие резонансные характеристики как критический (или резонансный) аргумент

$$\beta = k_0 \lambda_0 - k_j \lambda_j - (k_0 - k_j) \omega_0, \quad (1)$$

и его первая производная по времени, так называемая резонансная щель

$$\alpha \approx k_0 n_0 - k_j n_j. \quad (2)$$

Здесь λ_0, λ_j – средние долготы астероида и планеты, ω_0 – аргументы перигея астероида, k_0, k_j – целые положительные числа, n_0, n_j – средние движения астероида и планеты.

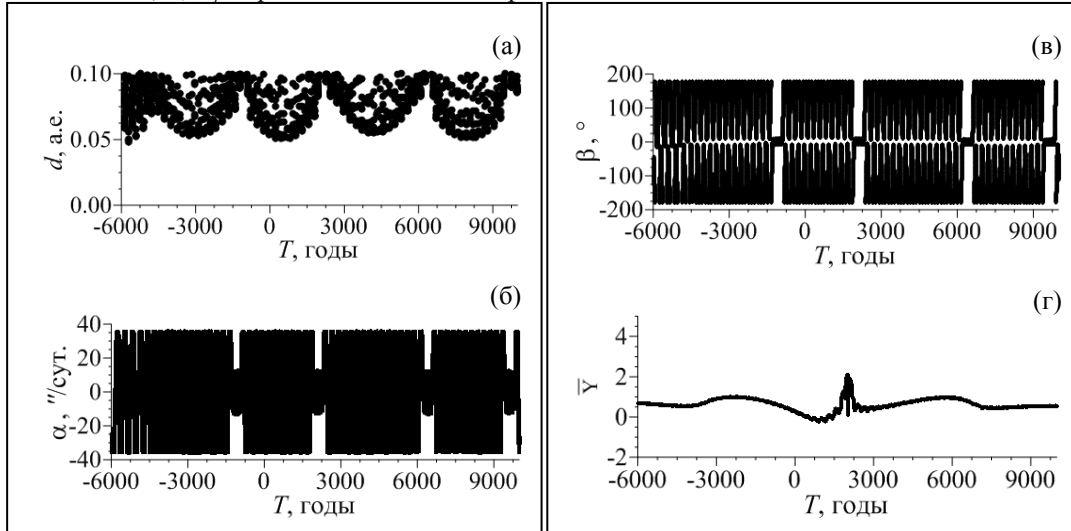


рис.1. Астероид (469219) 2016 HO3: сближения с Землей (а), d – расстояние между объектом и планетой; эволюция резонансной щели (б) и критического аргумента (в); эволюция параметра MEGNO (з).

На рис. 1 показаны сближения с планетой Земля, эволюция резонансной щели, критического аргумента и параметра MEGNO. Видно, что $MEGNO < 2$ (г) практически на всем интервале исследования, т.е. орбита может рассматриваться как регулярная на рассматриваемом временном интервале. Что касается сближений (рис.1 (а)), то они присутствуют на всем интервале исследования, однако расстояние до Земли меняется. Результаты исследования резонансных характеристик представлены на рис.1 (б), (в). Резонансная щель колеблется около нуля с небольшой амплитудой, но при тесных сближениях амплитуда увеличивается. Критический аргумент либрирует около нуля, что говорит о принадлежности астероида к классу квазиспутников Земли. Однако на интервалах, когда сближения становятся наиболее тесными, амплитуда колебаний максимальна.

Список публикаций:

- [1] C. de la Fuente Marcos, R. de la Fuente Marcos, 2016. Asteroid (469219) 2016 HO3, the smallest and closest Earth quasi-satellite, *MNRAS* 462, 3441–3456 (2016)
- [2] Galushina T.Yu., Ryabova G.O., Skripnichenko P.V. The force model for asteroid (3200) Phaethon // *Planetary and Space Science*. 2015. Vol. 118. P. 296–301
- [3] Быкова Л.Е., Галушина Т.Ю., Батурин А.П. Прикладной программный комплекс «ИДА» для исследования динамики астероидов // *Изв. Вузов. Физика*. 2012. № 10/2. С. 89–96.
- [4] Cincotta P.M., Girdano C.M. and Simo C., 2003. Phase space structure of multi-dimensional systems by means of the mean exponential growth factor of nearby orbits, *Physica D: Nonlinear Phenomena* 182(3–4), P. 151–178.

Анализ динамической структуры орбитального пространства ГЛОНАСС и GPS

Красавин Дмитрий Сергеевич

Томилова Ирина Владимировна

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Бордовицына Татьяна Валентиновна, д.ф.-м.н.

krasavin.dmitry.tsu@gmail.com

В настоящее время в области МЕО (Medium Earth Orbits) в околоземном космическом пространстве функционируют две глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС и GPS и разворачиваются еще две системы такого же уровня: китайская система BEIDOU и европейская система Галилео. Все системы расположены на наклонных орбитах. После того, как все эти космические аппараты (КА) исчерпают свои ресурсы и потеряют управление, они продолжают свое движение в качестве космического мусора, подчиняясь законам небесной механики. Вопрос о том, на каких орбитах будут находиться объекты в момент потери управления, отнюдь, не праздный, поскольку особенности динамики объектов этой части зоны МЕО таковы [1] что их орбитальная эволюция может быть очень разной и, в том числе, очень сложной.

Для исследования динамической структуры данного орбитального пространства применялась методика, состоящая из следующих шагов: предварительный анализ динамической структуры орбитального пространства с использованием быстрой ляпуновской характеристики MEGNO [2], анализ резонансных структур, действующих на движение объектов этой зоны и сопоставление структурных оценок с долговременной орбитальной эволюцией реальных объектов.

Исследование структуры вековых резонансов проводилось при помощи методики, которая была изложена в работе [3], и после ряда дополнений, сделанных в работе [4] может быть сформулирована следующим образом.

Рассматривается эволюция во времени резонансных аргументов возмущающей функции для однократно (1) и двукратно осредненной (2) ограниченной задачи трех тел

$$\underline{\psi} = (l - 2p' + q')M' + (l - 2p)\omega - (l - 2p')\omega' + m(\Omega - \Omega'), \quad (1)$$

$$\underline{\underline{\psi}} = (l - 2p)\omega - (l - 2p')\omega' + m(\Omega - \Omega'), \quad (2)$$

и оценивается близость к нулю резонансных соотношений

$$\underline{\psi} \approx 0, \quad \underline{\underline{\psi}} \approx 0, \quad (3)$$

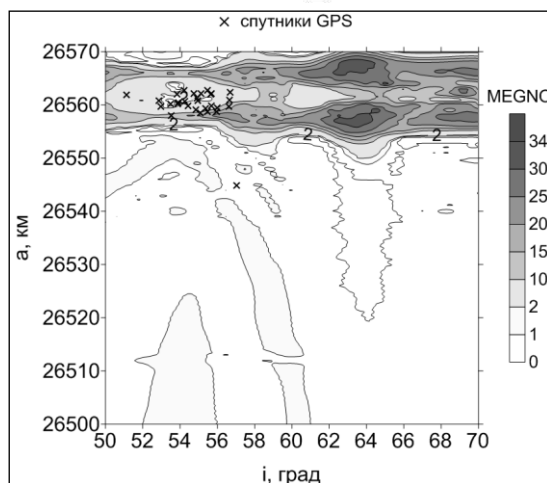


рис.1. MEGNO-карта области группировки GPS. Крестиками изображены положения спутников группировки GPS.

Данные приведенные на рис. 1 показывают, что большинство объектов системы GPS находятся в зоне хаотического движения, причем степень хаотизации различна у разных объектов, как это и показано в [1]. Отметим также, что в этой области имеются зоны еще более интенсивной хаотизации, которые появляются при наклонениях больших 62 градусов. Все они лежат в областях пересечения орбитального резонанса 1:2 со скоростью вращения Земли и различными типами вековых апсидально-нодальных резонансов, список которых приведен в табл.2.

Таблица 1. Типы апсидально-нодальных резонансов низких порядков, действующих в области МЕО.

| № | Тип резонансного соотношения | № | Тип резонансного соотношения | № | Тип резонансного соотношения |
|---|---|---|--|---|--|
| 1 | $(\Omega - \Omega'_z) - \dot{\omega} + \dot{\omega}'_z$ | 3 | $(\Omega - \Omega'_z) - \dot{\omega}$ | 5 | $(\Omega - \Omega'_z) - 2\dot{\omega}$ |
| 2 | $(\Omega - \Omega'_{s,z}) + \dot{\omega}$ | 4 | $(\Omega - \Omega'_{s,z}) + 2\dot{\omega}$ | 6 | $\dot{\omega}$ |

Что касается более низких орбит области МЕО, то для них характерно регулярное движение вплоть до больших полуосей 25000 км. Движение этих объектов подвержено действию устойчивого векового резонанса Лидова-Козаи (№ 6 в табл.1)

Список публикаций:

[1] Томилова И.В., Бордовицына Т.В. // Изв. вузов. Физика, 2017, Т. 60. № 4, С. 119–125.

[2] Cincotta P.M., Girdano C.M., Simo C. Physica D 2003.V. 182. P. 151–178.

[3] Бордовицына Т.В., Томилова И.В., Чувашиов И.Н. // Астрон. вестник, 2012, Т. 46, № 5, С. 356–368.

[4] Александрова А.Г., Томилова И.В., Бордовицына Т.В. // Изв. вузов. Физика. 2014. Т. 57. № 10/2. С.95–102

Статистическое исследование новых переменных звезд в Кассиопее

Крюкова Екатерина Андреевна¹

Назаров Сергей Валентинович²

Сибирский государственный университет науки и технологий

им. академика М. Ф. Решетнева¹

Крымская астрофизическая обсерватория РАН²

Назаров Сергей Валентинович

kate-13-kr@yandex.ru

С сентября по октябрь 2016 года в обсерватории Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева проводились наблюдения площадки в созвездии Кассиопее с центром кадра $\alpha = 00^{\text{h}}20^{\text{m}}17^{\text{s}}$ и $\delta = +59^{\circ}18'14''$. Использовался широкоугольный телескоп системы Гамильтона, с диаметром 400 мм и фокусом 915 мм [1]. Приемником служила камера FLI ML9000, с разрешением 3056×3056 пикселей при размере пикселя 12 мкм. Общее количество снимков составило 5000 с экспозицией по 30 сек и полем $2,3 \times 2,3$ градуса.

Для обработки материала использовался Vast [2] - специализированное программное обеспечение для поиска переменных звезд. Программа фотометрирует все звезды в поле и строит график распределения среднеквадратичного отклонения блеска от звездной величины. Кандидаты в переменные звезды имеют значительно большее значение среднеквадратичного отклонения блеска, чем постоянные звезды.

Для определения типа новой переменной звезды использовалось программное обеспечения WinEff В. П. Горанского. В сумме на исследуемом участке было выявлено 135 переменных звезд. Это затменно-переменные звезды типа E, EA, EB и EW, пульсирующие звезды типа DSCT, L, RR, SR, вращающиеся типа BY, эруптивные типа UV, SODR и их подтипы (79 затменно-переменных, 51 пульсирующая, 4 эруптивные и 3 вращающиеся переменные звезды). Для них определены периоды, максимумы и минимумы изменения блеска, начальные эпохи.

В обсерватории Сибирского государственного университета науки и технологий было открыто 135 новых переменных звезд, среди них 77 затменно-переменных звезд, 45 пульсирующих, 3 вращающихся и 4 эруптивных переменных звезд. В каталоге VSX на исследуемом участке ранее было открыто 72 переменные звезды. Мы определили количество каждого типа переменных звезд по данным из каталогов VSX [3] и ОКПЗ [4]. Сравнение процентного отношения звезд каждого типа по всем данным укладывается в общую статистику и только по нашей площадке показывает значительную разницу: процентное соотношение количества затменно-переменных и пульсирующих звезд к общему количеству открытых переменных звезд, значительно больше.

Так же было определено какие типы переменных звезд относятся к гигантам и красным карликам, а какие к молодым и старым звездам. Сравнив полученные нами данные с данным из каталога ОКПЗ мы выявили, что по нашей площадке количество открытых нами старых звезд в два раза больше, а количество молодых звезд в пять раз превышает аналогичный показатель по всем данным из каталогов VSX и ОКПЗ. Предположительно, это связано с тем, что наблюдаемая площадка находится в плоскости нашей Галактики, где существует избыток молодых звезд, связанный с областями звездообразования в спиральных рукавах.

Список публикаций:

[1] <http://sky.sibsau.ru/index.php/oborudovanie>

[2] Sokolovsky K. V., Gavras P., Karampelas A. Comparative performance of selected variability detection techniques in photometric time series data // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. — 2014. — Vol. 464. — P. 274–292.

[3] <https://www.aavso.org/vsx/>

[4] <http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search.htm>

Результаты исследований сейфертовской галактики 3С390.3 в КрАО

Назаров Сергей Валентинович

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

astrotourist@gmail.com

Объект 3С 390.3 является прототипом интересного типа активных ядер галактик (АЯГ) с очень широкими (до 20000 км/с) и двугорбыми профилями эмиссионных линий малого потенциала ионизации. Два пика в профилях широких бальмеровских линий (BLR), смещенные в синюю и в красную сторону, были обнаружены еще в 1966г и с тех пор наблюдаются регулярно. [1]. Двугорбость профилей линий может означать, что они формируются во внешних частях аккреционного диска вокруг сверхмассивной черной дыры. Однако существуют альтернативные гипотезы образования таких форм.

Нами представлены результаты исследования долговременной переменности потоков эмиссионных линий и континуума в ядре этой галактик за более чем 20-летний период наблюдений в КрАО на 2.6-м Зеркальном телескопе академика Шайна (спектры) и на 70-см телескопе АЗТ-8 (фотометрия). Данная работа, продолжающая систематические исследования 3С 390.3 [2,3], уникальна беспрецедентно длинными и однородными рядами данных [4], что позволило уточнить старые и получить совершенно новые данные о структуре ближайших к сверхмассивной черной дыре областей.

Результаты:

- Подтверждена переменность потока узкой линии [OIII] λ 5007. Впервые обнаружена переменность узких бальмеровских линий и линии [OI] λ 6300.
- Оценен размер BLR-области: 88.6 ± 8.4 , 161 ± 15 и 113 ± 14 св. дней для линий H β , H α и H γ соответственно.
- По измерениям в линиях H β и H α найдена масса центральной черной дыры $(1.87 \pm 0.26) \times 10^9$ и $(2.81 \pm 0.38) \times 10^9$ масс Солнца соответственно.
- Показано, что метод эхо-картирования может распространяться на весь период наблюдений только после удаления долговременного тренда.
- Отклики широких эмиссионных линий H α , H β и H γ на изменения в оптическом континууме являются нелинейными. В соответствии с рассмотренной моделью кеплеровского диска, показатель степени a степенного закона равен 0.77 и 0.54 для линий H β и H α , соответственно.
- Определено, что ядро 3С 390.3 значительно выделяется своим положением в фундаментальной зависимости «масса-светимость». Его эддингтоновское отношение светимостей наименьшее среди всех известных $E_{bol} / E_{Edd} = 0.0037$

Список публикаций:

[5] Sandage 1966: *ApJ*, 145, 1

[6] Sergeev et. al. 2002, *ApJ* V.576, P.660

[7] Sergeev et al. 2011, *MNRAS* V.410, P.1877

[8] Sergeev S.G., Nazarov S.V., Borman G.A. "Spectral variability of the 3C 390.3 nucleus for more than 20 yr - I. Variability of the broad and narrow emission line fluxes" // *MNRAS*. - 2017. - V.465 - P.1898-1909

Наблюдение блазара СТА 102 и объяснение его переменности

Назаров Сергей Валентинович

Крымская астрофизическая обсерватория

astrotourist@gmail.com

Блазары - это активные ядра галактик, которые являются мощными источниками излучения. В суммарном излучении блазара доминирует нетепловое излучение струи, которая движется с релятивистской скоростью по направлению к наблюдателю и поэтому подвергается доплеровскому усилению. Оно вызывает увеличение потока и сокращение периодов переменности блеска, поэтому большинство таких объектов характеризуются быстрыми изменениями яркости на всех частотах с заметной амплитудой. Механизм, создающий эту переменность является предметом дискуссий, предлагаемые механизмы включают в себя ускорение и охлаждение частиц с возможным вкладом ударных волн или турбулентности. В качестве объяснения вспышек и некоторых свойств излучения, таких как внутриночная переменность, квазипериодичность и задержка изменений радиоизлучения относительно оптического, предлагается изменение

угла, под которым наблюдаются узлы или участки струй. Однако такая геометрическая интерпретация не является общепринятой, поскольку существуют альтернативные объяснения спектрального поведения блазаров, основанные на изменениях физических условий, таких как размер и скорость излучающей зоны, магнитное поле, количество излучающих частиц и их распределение энергии.

Мы представляем результаты мониторинга в оптическом и радиодиапазонах блазара СТА 102 и показываем, что наблюдаемое долговременное изменение потока и его спектральная переменность лучше всего объясняются неоднородной криволинейной струей, меняющей свою пространственную ориентацию. Мы предполагаем, что магнитогидродинамические неустойчивости или вращение скрученной струи приводят к тому, что разные области струй меняют свою ориентацию, а значит свои доплеровские факторы. В частности, экстремальная оптическая вспышка 2016-2017 гг. (с повышением яркости на шесть звездных величин) произошла когда соответствующая излучающая область наблюдалась под малым углом.

Список публикаций:

[1] Raiteri, C. M. et al // *Blazar spectral variability as explained by a twisted inhomogeneous jet Nature, Volume 552, Issue 7685, pp. 374-377 (2017)*

[2] Blandford, R. D. & Königl, A // *Relativistic jets as compact radio sources. Astrophys. J. 232, 34-48 (1979).*

[3] Ghisellini, G., Celotti, A. & Costamante, L // *Low power BL Lacertae objects and the blazar sequence. Clues on the particle acceleration process. Astron. Astrophys. 386, 833-842 (2002).*

Сравнение параметров пыли в специфических галактиках

Смирнова Ксения Ильдаровна

Вибе Дмитрий Зигфридович

Уральский федеральный университет

Arashu@rambler.ru

Это исследование мы начали с галактик с полярными кольцами — интересных объектов, в которых помимо диска имеется еще кольцо, вращающееся относительно центра галактики в другой плоскости. С точки зрения звездообразования (ЗО) эти объекты интересны тем, что сценарии их формирования могут приводить к разному возрасту диска и кольца. То есть в кольце могут наблюдаться более молодые области ЗО, чем в диске. Для нашего исследования мы выбрали галактику с полярным кольцом NGC 660, выделив в ней области ЗО в кольце и в диске. Подробно с результатами исследования галактики NGC 660 можно ознакомиться в работе [2]. Потоки излучения в различных диапазонах по имеющимся для этой галактики наблюдательным данным, мы сопоставили с различными корреляциями параметров пыли, молекулярного и атомарного водорода в обычных галактиках, исследованных нами в работе [1]. Далее нами был проведен поиск галактик, которые бы демонстрировали эмиссионные потоки, подобные потокам в NGC 660, поскольку одного объекта явно недостаточно, чтобы собрать статистику и сделать обоснованные выводы. Нам нужны были другие объекты, в которых присутствуют области ЗО различных возрастов. Подходящими кандидатами оказались галактики со смещенными барами, в которых наблюдается смещение бара относительно фотометрического и/или кинематического центров диска, которое может быть вызвано сильным приливным воздействием или столкновением двух галактик с последующим слиянием. Всё это как раз и может приводить к новой волне ЗО и соответственно появлению зарождающихся областей, которые, как мы считаем, могут быть неяркими в инфракрасном (ИК) диапазоне, но богатыми нейтральным водородом, как показывает исследование областей кольца NGC 660. Подходящие кандидаты для исследования были выбраны в работе [3]. Оказалось, что данные для всех нужных нам диапазонов есть только для трёх галактик: NGC 4618, NGC 4631, NGC 5457.

Также для исследования мы привлекли взаимодействующие галактики NGC 1512 и NGC 4395. В них тоже существуют условия, способные вызвать волны звездообразования и благодаря этому получить звездное население различных возрастов. Для этих галактик также имеются данные в дальнем ИК диапазоне, которых нет ни для полярных колец, ни для рассматриваемых галактик со смещенным баром.

В ходе работы мы выяснили, что галактика NGC 4631 близка к результатам характерным для высокометаллических галактик из работы [1], а вот потоки на 8 и 24 мкм в галактике NGC 4618 (рис. 1), характерных как для высокометаллических галактик, так и для областей кольца галактики NGC 660. В галактике NGC 5457 большинство областей принадлежат областям высокометаллических галактик, но в ней также содержатся области с невысокими потоками в ИК-диапазоне, что характерно для областей ЗО кольца.

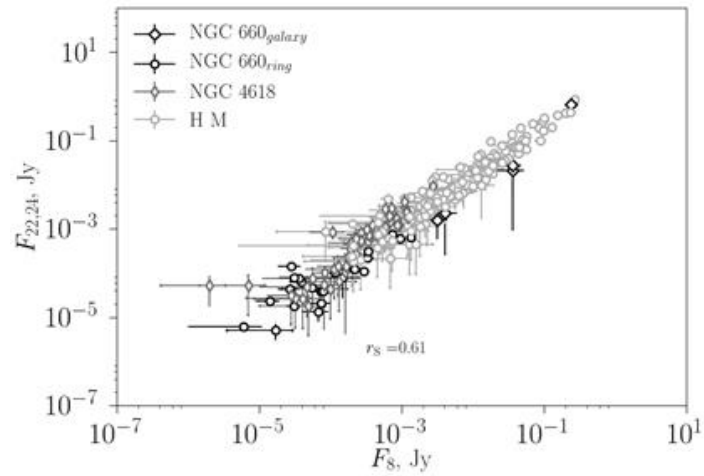


рис.1. Корреляция потока излучения на 8 мкм и потока на 24 мкм (22 мкм для NGC 660). Буквами НМ отмечена корреляция, демонстрируемая высокометаллическими галактиками из статьи [1]. Внизу по центру представлен коэффициент Спирмена (r_s).

Список публикаций:

- [1] Smirnova K. I., Murga M. S., Wiebe D. S. // *Astronomy Reports* 2017. Vol. 61. № 8. p. 646-662.
- [2] Smirnova K. I., Wiebe D. S., Moiseev A. V. // *Open Astronomy* 2017. Vol.26 p.88-92.
- [3] Kruk S. J. et al. // *MNRAS* 2017. Vol. 469. № 3. p. 3363-3373