

11 - Астрофизика, физика космоса

Винокуров Николай Александрович, 4 курс
Якутск, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К.Аммосова, физико-технический институт
Описание сигнатуры межпланетного магнитного поля
Крымский Гермоген Филиппович, д.ф.-м.н.
e-mail: nickvnr@gmail.com стр. 283

Волков Константин Валерьевич, 4 курс
Екатеринбург, Уральский федеральный университет, институт естественных наук и математики, физический
Определение параметров переменных звезд в созвездии Кассиопеи
e-mail: KVVolkov19@gmail.com стр. 283

Горбан Алёна Сергеевна, 3 курс
Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет, физический
Эволюция подсистемы двойных в звёздных скоплениях
Рябова Марина Владимировна, к.ф.-м.н.
e-mail: grbanalj@rambler.ru стр. 284

Дурнева Елена Юрьевна, 3 курс
Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, физический
Определение интервалов нахождения в тени двух космических аппаратов на разных высотах в северной и южной полярных зонах во время одновременных наблюдений ионосферы в течение одного календарного года
Баньщикова Мария Александровна, к.ф.-м.н.
e-mail: elena_durneva96@mail.ru стр. 285

Красавин Дмитрий Сергеевич, магистрант 2 года обучения
Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет, физический
Исследование орбитальной динамики искусственных спутников Земли Эталон-1 и Эталон -2
Бордовицына Татьяна Валентиновна, д.ф.-м.н.
e-mail: iosfixed@gmail.com стр. 287

Крюкова Екатерина Андреевна, 4 курс
Красноярск, Сибирский государственный аэрокосмический университет им. Академика М.Ф.Решетнева, космических исследований и высоких технологий
Поиск и исследование переменных звезд по ПЗС-наблюдениям в области Млечного Пути
Границкий Лев Васильевич, к.ф.-м.н.
e-mail: kate-13-kr@yandex.ru стр. 287

Лапухин Евгений Геннадьевич, аспирант
Красноярск, Сибирский государственный аэрокосмический университет им. Академика М.Ф.Решетнева, космических исследований и высоких технологий
Оптическая система лазерного спутникового дальномера
Владимиров Валерий Михайлович, д.т.н.
e-mail: slovoktk@mail.ru стр. 288

Лыкосова Анисия Андреевна, 9 класс
Екатеринбург, гимназия №19, физический
Методика проведения базисных наблюдений гетерогенных объектов в околоземном пространстве
Кругликов Николай Александрович, к.ф.-м.н.
e-mail: anisia03.11.01@mail.ru стр. 290

Назаров Сергей Валентинович, м.н.с.
Научный, Крымская астрофизическая обсерватория, -
Определение массы сверхмассивных черных дыр в пяти активных ядрах галактик
Поиск переменных звезд в полях активных ядер галактик
e-mail: astrotourist@gmail.com стр. 291-292

Панькив Алексей Петрович, 4 курс
Екатеринбург, Уральский федеральный университет, физико-технологический институт
Разработка облачного сервиса болидной сети
Кругликов Николай Александрович, к.ф.-м.н.
e-mail: ops-op@yandex.ru стр. 292

Смирнова Ксения Ильдаровна, аспирант 4 года обучения
Екатеринбург, Уральский федеральный университет, институт естественных наук и математики, физический
Выделение и анализ областей звездообразования в галактиках различных типов
e-mail: Arashu@rambler.ru стр. 293

Описание сигнатуры межпланетного магнитного поля

Винокуров Николай Александрович

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

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

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].

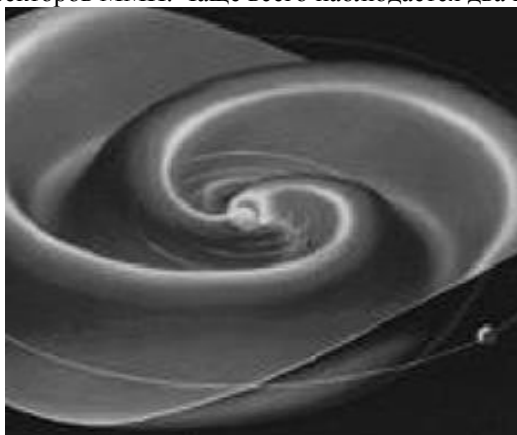


рис.1. Токовый слой в солнечном ветре. Показано Солнце и орбиты планет солнечной системы. При движении по своей орбите Земля несколько раз за время одного солнечного оборота пересекает токовый слой. Каждое пересечение слоя сопровождается сменой направления ММП на противоположное.

В данной работе предложено модельное поле, которое предполагается разделенным на две полушеры с разными знаками поля, граница между которыми деформирована. В рамках модели произведена настройка параметров модели по данным наблюдений. Параметры модели представили, как точку в 4-мерном пространстве. Применяя метод градиентного спуска к 4-мерному пространству находим параметры модели. Проводится сравнение модели с наблюдательными данными.

Список публикаций:

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

Определение параметров переменных звезд в созвездии Кассиопеи

Волков Константин Валерьевич¹

Попов Александр Андреевич²

¹Уральский федеральный университет

²Коуровская астрономическая обсерватория

KVVolkov19@gmail.com

Исследование переменных звезд различных типов важно для понимания деталей эволюции звезд, их внутреннего строения и также дает возможность оценить расстояния как внутри нашей Галактики, так и в других галактиках тоже. Достигнутый за последние несколько десятилетий прогресс в технике позволил проводить высокоточные астрономические наблюдения даже на среднеразмерных телескопах земного

базирования. Одним из таких телескопов является телескоп МАСТЕР-II-УРАЛ [1], расположенный на территории Коуровской астрономической обсерватории. Уже несколько лет на телескопе МАСТЕР реализуется проект по поиску транзитных экзопланет Kourovka Planet Search (KPS) [2].

В данной работе мы представляем переменные звезды, найденные в результате поиска экзопланет производившегося в созвездии Кассиопеи на протяжении 2013-2014 г. Эти переменные звезды были отобраны среди 15000 звезд на кадре на основе RoMS критерия [3], а их кривые блеска визуально отсмотрены на предмет периодического сигнала. После чего для всех переменных звезд были построены периодограммы, и звезды были распределены на группы: короткопериодичные, долгопериодичные и звезды с иррегулярными изменениями блеска. В дальнейшем была произведена процедура определения спектрального класса звезды по показателям цвета. И Среди исследуемых переменных звезд найдено 18 звезд спектрального класса A0-A7, 21 – класса F0-F8, 8 – класса G5-G8 и 5 – звезд класса K0-K4.

В результате первичной классификации из 150 звезд кандидатов для 57 определены типы переменности: 49 принадлежат к затменно-переменным звездам, 9 - к короткопериодичным пульсирующим звездам, еще 13 звезд показывают иррегулярные изменения блеска. После классификации нами была найдена 71 ранее неизвестная переменная звезда, что составляет $\approx 1\%$ всех звезд присутствующих на кадре, и по процентному соотношению сопоставимо с другими известными мировыми проектами по поиску переменных звезд.

Список публикаций:

- [1] Kornilov, V. G., Lipunov, V. M., Gorbovskoy, E. S., et al. 2012, *Experimental Astronomy*, 33, 173
[2] Бурданов А. Ю. *Результаты поиска кандидатов в транзитные экзопланеты на телескопе МАСТЕР-II-Урал Коуровской астрономической обсерватории*: дис. . . . канд. физ.-мат. наук / Главная астрономическая обсерватория Российской академии наук. — Санкт-Петербург, 2015. —116 с.
[3] Rose, M. B., & Hintz, E. G. 2007, *Astronomical Journal* 134, 2067

Эволюция подсистемы двойных в звездных скоплениях

Горбан Алёна Сергеевна

Южный федеральный университет

Рябова Марина Владимировна, к.ф.-м.н.

grbanalj@rambler.ru

В настоящей работе представлены результаты моделирования динамической эволюции звёздных скоплений с числом частиц $N=10^4$, начальным распределением плотности Пламмера и радиусом на половине массы $r_h = 1$ пк. Звездная эволюция не учитывалась, поэтому использовалась Солпитеровская НФМ, включающая долгоживущие звезды в интервале масс $0.08M_{\odot} < M < 0.8M_{\odot}$. Расчёт проводился с помощью численного кода Nbody6 [1]. Основной акцент анализа результатов сделан на исследовании эволюции и динамики образования двойных систем в зависимости от их первоначальной доли. Кроме того, в рамках настоящей работы рассматривались численные модели с включением чёрной дыры (ЧД) в центре скопления, масса которой составляла 2% от полной массы системы, были проведены численные расчёты по влиянию среднемассивной чёрной дыры на динамическую эволюцию двойных систем.

В результате работы обнаружено, что при отсутствии ЧД в центре скопления в моделях без первичных двойных звезд наблюдается коллапс ядра, который заканчивается с образованием первых двойных систем, при наличии ЧД коллапс ядра отсутствует, двойные звезды не образуются. Наличие ЧД в скоплении предотвращает образование двойных звезд, за исключением только одной пары, состоящей из самой ЧД и орбитальной звезды, которая время от времени может меняться.

При наличии 1% первичных двойных в звездном скоплении их число слабо меняется со временем независимо от наличия или отсутствия ЧД. Тем не менее, наличие ЧД оказывает существенное влияние на функции распределения двойных систем по энергиям (*рис. 1*) и по расстоянию до центра скопления.

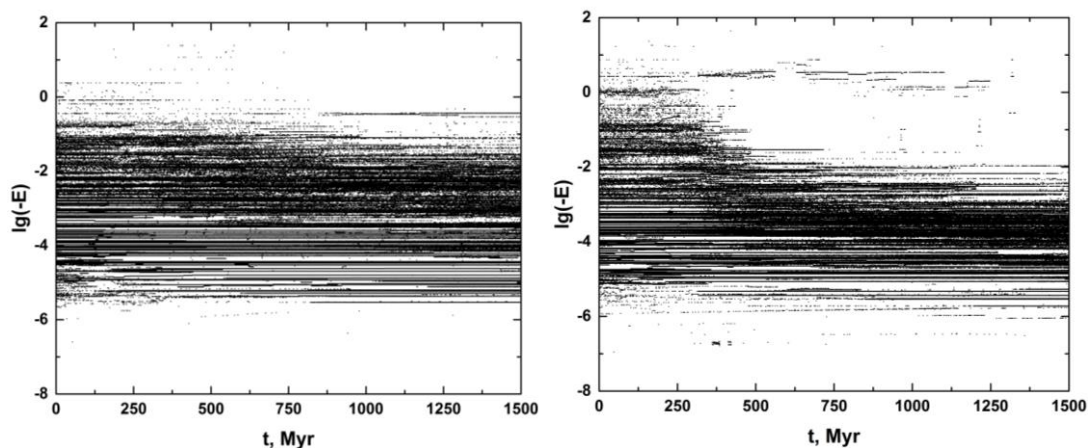


рис.1 Зависимость энергии связи двойных систем от времени для двух моделей скоплений: без ЧД (слева), а также с ЧД (справа). Величина энергии E задана в безразмерных единицах, в которых полная энергия скопления равна -0.25 . Присутствие ЧД способствует тому, что тесно связанные двойные системы становятся рыхлыми.

Список публикаций:

[1] <https://www.ast.cam.ac.uk/~sverre/web/pages/nbody.htm>

Определение интервалов нахождения в тени двух космических аппаратов на разных высотах в северной и южной полярных зонах во время одновременных наблюдений ионосферы в течение одного календарного года

*Дурнева Елена Юрьевна
Попандопуло Никита Андреевич*

*Томский государственный университет
Баньщикова Мария Александровна, к.ф.-м.н.
elena_durneva96@mail.ru*

В настоящее время совместно с ИКИ РАН, ЦАО, ТГУ и др. готовится космический эксперимент (запуск согласно ФКП в 2025 г.), связанный с одновременным запуском космических аппаратов (КА) Метеор-МП и Зонд (программа Геофизика). Предполагаются одновременные наблюдения одних и тех же областей ионосферы имаджерами Летиция (с орбиты КА Зонд) и Авровизор-ВИС/МП (с орбиты КА Метеор-МП) (таблица 1) с учетом углов полей зрения приборов в северной и южной полярных зонах. Требуется прогнозирование ситуаций пролетов каждого из КА над наземной фотометрической сетью авроральных имаджеров в окрестности г. Апатиты [1] (~150 км) и пересечения полей зрения орбитальных имаджеров и наземных изображающих камер (поле зрения ~18°), направленных в зенит, на высоте 100 км.

Целью данной работы является моделирование орбит КА Метеор-МП и Зонда на основе предварительных начальных данных и определение интервалов нахождения их в тени в северной и южной полярных зонах с целью одновременных наблюдений эмиссий ионосферы в течение одного календарного года (с 01.01.2025 г. по 31.12.2025 г.).

Орбитальные элементы, близкие к характеристикам проектируемых спутников Метеор-МП и Зонд, приведены в таблице 1. Следует заметить, что орбиты КА почти круговые, а высота над поверхностью Земли составляет примерно 650 км (Зонд), 820 км (Метеор-МП).

Таблица 1 — Кеплеровы элементы орбит КА, $t_0 = 21.12.2024$

Элементы орбиты	Метеор-МП	Зонд
Большая полуось, км	7372.686	7030.0
Период обращения, мин.	105	100
Эксцентриситет	0.001835	0.000001
Наклонение, град	99.333	98.0
Аргумент перицентра, град	0	0
Долгота восходящего узла, град	0	0
Средняя аномалия, град	0	0

В данной работе мы рассматриваем простую модель движения космических аппаратов, где спутники движутся по круговым орбитам. Прямоугольные орбитальные координаты ξ, θ, ζ вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned}\xi &= r \cos v = a(\cos E - e), \\ \theta &= r \sin v = a\sqrt{1-e^2} \sin E, \\ \zeta &= 0,\end{aligned}\tag{1}$$

где r – расстояние от центра притяжения (центр масс Земли) до КА, v – истинная аномалия, a – большая полуось, e – эксцентриситет, E – эксцентрическая аномалия. Значение r определяется по формуле:

$$r = a(1 - e^2)/(1 + e \cos v).$$

Формулы, связывающие истинную и эксцентрическую аномалии, имеют следующий вид:

$$\sin v = \frac{\sqrt{1-e^2} \sin E}{1 - e \cos E}, \quad \cos v = \frac{\cos E - e}{1 - e \cos E}.$$

Таким образом, положение на орбите задается только значением эксцентрической аномалии. Найти E можно из уравнения Кеплера (2), решая его методом простых итераций.

$$E - e \sin E = M = M_0 + n(t - t_0),\tag{2}$$

где $n = \sqrt{\mu/a^3}$ – среднее движение, t – момент времени, на который определяются координаты КА.

Система (1) описывает движение спутника в орбитальной плоскости. Для пространственного представления движения спутников в экваториальной системе координат нужно осуществить переход от прямоугольных орбитальных координат $\{\xi, \theta, \zeta\}^T$ к геоцентрическим координатам $\{x, y, z\}^T$ при помощи матриц поворота по следующей формуле:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Omega & -\sin \Omega & 0 \\ \sin \Omega & \cos \Omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos i & -\sin i \\ 0 & \sin i & \cos i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega & 0 \\ \sin \omega & \cos \omega & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \xi \\ \theta \\ \zeta \end{pmatrix},$$

где i, ω, Ω – углы фиксированы и зависят от конфигурации спутниковой орбиты.

Для учета вхождения КА в тень Земли использовалась, так называемая, функция тени Φ (3), на рисунке 1 представлена ее геометрическая интерпретация.

$$\Phi = \begin{cases} 1, & r > r_E + r_S \\ 0, & r \leq r_E + r_S \end{cases},\tag{3}$$

где r – это угол, образованный между Солнцем, объектом и Землей; r_E, r_S – угловые размеры Земли и Солнца, соответственно, видимые с исследуемого объекта.

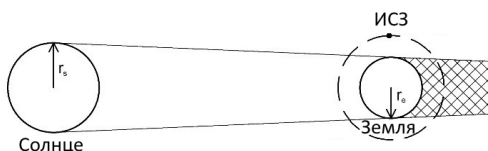


рис. 1. Геометрическая интерпретация функции тени Φ

Таблица 2 — Пересечение зон видимости имаджеров на КА Метеор-МП и на КА Зонд

Процент пересечения площадей зон видимости	всего	в северном полушарии		в южном полушарии	
		в области аврорального овала от -70 до -80 град.	в области полярной шапки от -80 до -90 град.	в области аврорального овала от -70 до -80 град.	в области полярной шапки от -80 до -90 град.
До 10%	18	0	0	8	2
10-25%	15	0	0	3	1
25-50%	25	0	0	3	3
50-80%	18	0	0	3	1
80-100%	23	0	0	5	0

Результаты исследования представлены в таблице 2. Как видно из таблицы при данной конфигурации орбит в течение 2025 г. выявлены пересечения зон видимости имаджеров на КА Метеор-МП и Зонд только в южном полушарии. Пролеты спутников над зоной радиуса 150 км над географической точкой г. Апатиты на высоте 100 км происходят в лучшем случае на одном суточном витке из 15.

Список публикаций:

[1] Баньщикова М.А., Чувашов И.Н., Кузьмин А.К. // Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. №10/2. С.174-180.

Исследование орбитальной динамики искусственных спутников Земли

Эталон-1 и Эталон-2

Красавин Дмитрий Сергеевич

Чувашов Иван Николаевич

Национальный исследовательский Томский государственный университет

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

iosfixed@gmail.com

В докладе представлены результаты анализа долговременной орбитальной эволюции ИСЗ Эталон-1 и Эталон-2, запущенных в 1991 г на орбиты спутников системы ГЛОНАСС. Спутники покрыты уголковыми отражателями и предназначены для лазерных наблюдений. За время их существования накопились достаточно большие ряды наблюдений, которые позволяют выполнить некоторые исследования по орбитальной эволюции на наблюдательном материале. В работе [1] по данному наблюдательному материалу были получены оценки изменения эксцентриситетов орбит объектов, которые показали, что за 20 лет эксцентриситеты спутников выросли в два раза. В настоящей работе представлены результаты, которые объясняют эту и ряд других особенностей орбитальной эволюции спутников на интервале времени 500 лет. Численное моделирование орбитальной эволюции спутников и исследование хаотичности их движения выполнялось с помощью программных комплексов «Численное моделирование в среде параллельных вычислений движения больших совокупностей искусственных спутников Земли» [2] и «Программа для исследования хаотичности движения околоземных объектов» [3], реализованных в среде параллельного программирования на суперкомпьютере СКИФ Cyberia Томского университета. Условия возникновения резонансов определялись аналитически.

Показано, что в первой и второй половинах 500-летнего интервала орбитальная эволюция спутников различна. Движения объектов являются регулярными на интервале времени 200 лет, усредненный параметр. Действие векового резонанса Лидова–Козаи приводит к значительному возрастанию эксцентриситетов орбит спутников. После достижения эксцентриситетами объектов значений, больших 0,5, характер движения объектов существенно меняется. В эволюции основных элементов орбиты появляются долгопериодические колебания с большими амплитудами. В этот период на движения объектов помимо векового резонанса Лидова–Козаи действуют еще два кусочно-устойчивых апсидально-нодальных резонанса. К концу периода наблюдается небольшая хаотизация движения.

Список публикаций:

[1] Бордовицына Т.В., Томилова И.В., Чувашов И.Н. Влияние вековых резонансов на долговременную орбитальную эволюцию объектов спутниковых радионавигационных систем в области МЕО // *Астрон. вестн.* 2012. Т. 46, № 5. С. 356

[2] Бордовицына Т.В., Авдюшев В.А., Чувашов И.Н., Александрова А.Г., Томилова И.В. Численное моделирование движения систем ИСЗ в среде параллельных вычислений // *Изв. вузов. Физика.* 2009. № 10/2. С. 5 – 11.

[3] Бордовицына Т.В., Александрова А.Г., Чувашов И.Н. Комплекс алгоритмов и программ для исследования хаотичности в динамике искусственных спутников Земли // *Изв. вузов. Физика.* 2010. № 8/2. С. 14 – 21.

Поиск и исследование переменных звезд по ПЗС-наблюдениям

в области Млечного Пути

Крюкова Екатерина Андреевна

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М. Ф. Решетнева

Границкий Лев Васильевич д.ф.-м.н.

kate-13-kr@yandex.ru

В работе используется метод поиска переменных звезд по ПЗС-наблюдениям. Предварительно все звезды на полученных снимках фотометрируются. Для звезд строится распределение среднеквадратичного отклонения блеска от звездной величины. Если звезда с течением времени изменяет свою звездную величину, то, следовательно, звезда будет иметь большее значение среднеквадратичного отклонения блеска. Такие звезды будут находиться выше основного распределения. Это самый значительный повод считать звезду кандидатом в переменные звезды. Полученные фотометрические ряды кандидатов в переменные звезды исследуются на переменность. Если кандидаты ранее не были известными, то проводится определение типа переменности звезды, находится период для периодических звезд, эпоха минимума и максимума блеска и их значения.

Наблюдения области в Ящерице (с центром $22^{\circ}50' 54^{\circ}00'$) были проведены в обсерватории Сибирского аэрокосмического университета на телескопе системы Гамильтон, фокусное расстояние которого составляет 915 мм, а диаметр 400 мм. Телескоп оснащен камерой FLI ML9000 CCD, которая позволяет получить изображение 3056×3056 пикселей при размере пикселя 12 мкм.

Были получены нефилтрованные наблюдения ПЗС, в количестве 3400 снимков, в течение интервала времени с августа по октябрь 2014 года. Время экспозиции было установлено 30 секунд для каждого кадра. Размер поля составляет $2,3 \times 2,3$ градуса.

Для обработки материала использовался VAST программное обеспечение для поиска переменных звезд. А для определения периода было использовано программное обеспечения WinEfk В. П. Горанского.

На исследуемом участке было выявлено более ста кандидатов в переменные звезды. Тридцать из них являются новыми открытыми переменными звездами. Это затменно-переменные звезды типа EA, EB и EW, а так же пульсирующие звезды типа DSCT, L, RR, SR и их подтипы. Для них определены периоды, максимумы и минимумы изменения блеска, начальные эпохи и типы переменности.

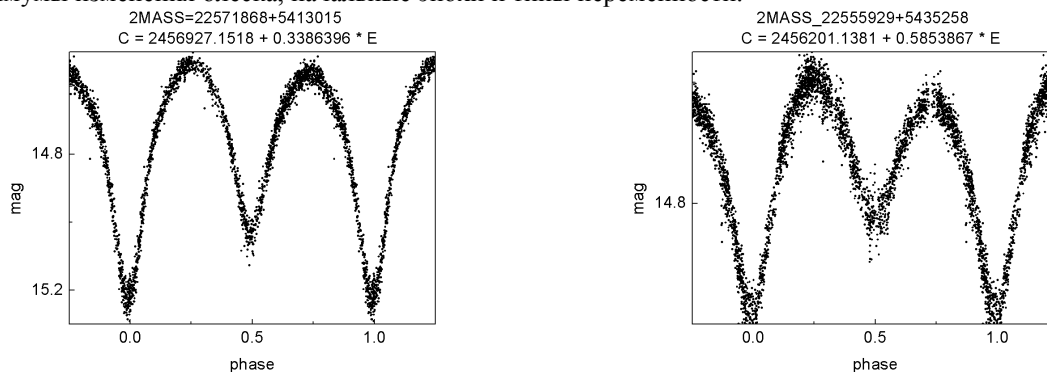


рис. 1 – Кривые блеска затменно-переменных звезд типа EW Большой Медведицы, приведенные к одному периоду

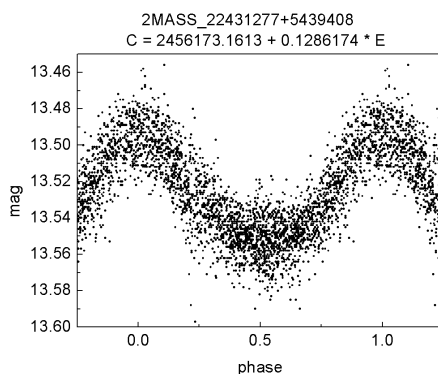


рис. 2 – Кривая блеска пульсирующей переменной звезды типа DSCT, приведенная к одному периоду

Оптическая система лазерного спутникового дальномера

Лапухин Евгений Геннадьевич

Сибирский государственный аэрокосмический университет им. академика М.Ф. Решетнева

Владимиров Валерий Михайлович, д.т.н.

lapukhineg@mail.sibsau.ru

Оптическая составляющая спутниковых лазерных дальномеров выполняет следующие задачи: а) расширяет и коллимирует лазерный пучок, б) принимает лазерные импульсы, отраженные от спутника и в) позволяет осуществлять визуальное сопровождение спутника.

Для решения этих задач целесообразно использовать в спутниковом лазерном дальномере комбинированную оптическую схему (рис. 1), включающую в себя расширитель лазерного пучка (1), интерференционный фильтр (2) детектор эхо-сигнала с фокусирующей линзой (3) и объектив камеры контроля и сопровождения (4) в оптическом диапазоне.

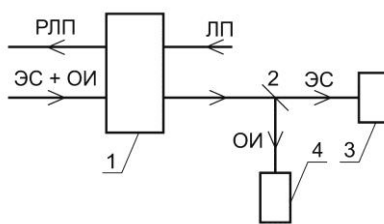


рис. 1 Структурная схема комбинированной оптической системы спутникового лазерного дальномера (1 – расширитель лазерного пучка, 2 – интерференционный фильтр, 3 – детектор эхо-сигнала, 4 – объектив камеры сопровождения, ЛП – лазерный пучок, РЛП – расширенный ЛП, ЭС – эхо-сигнал, ОИ – оптическое излучение)

Рассчитанный нами расширитель лазерного пучка позволяет одновременно коллимировать оптическое излучение для длин волн оптического и ближнего инфракрасного диапазона (435–2098 нм) без дополнительной перефокусировки. Анализ расходимости пучка показал, что данная схема расширителя является дифракционно ограниченной. Рассчитанная схема расширителя позволяет осуществлять сканирование лучом лазера в пределах $\pm 0,2^\circ$ путем «качания» лазерного источника, при этом сама оптическая система остается неподвижной.

Расширитель лазерного пучка в обратном ходе лучей выполняет функцию питающей оптики для блока контроля наведения (сопровождения) цели и для блока фокусировки эхо сигнала (рис. 2). Соответственно расчет объектива и фокусирующих линз проводился совместно с расширителем, для исправления aberrаций оптической системы в обратном ходе лучей.

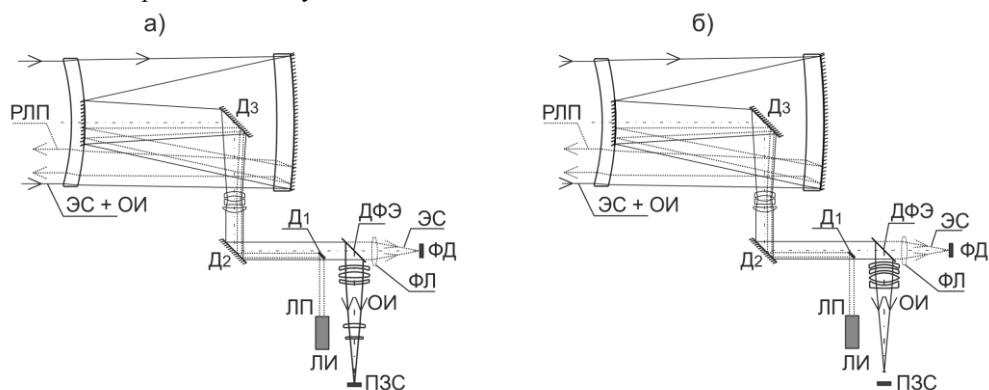


рис. 2 Оптическая составляющая лазерного спутникового дальномера: а – вариант №1 с 5-линзовым фокусирующим блоком, б – вариант №2 с 4-линзовым фокусирующим блоком (ЛИ – лазерный излучатель, ЛП – лазерный пучок, РЛП – расширенный лазерный пучок, Д1, Д2, Д3 – плоские зеркала, ДФЭ – диагональный фильтрующий элемент, прозрачный для эхосигнала (ЭС), ФЛ – фокусирующая линза, Ф – фотодетектор, ПЗС – прибор с зарядовой связью, ОИ – оптическое излучение)

В обратном ходе лучей расширитель лазерного пучка и введенный дополнительно фокусирующий блок позволяет контролировать наведение и сопровождение цели в оптическом диапазоне (480-644 нм) во время локации путем визуального отображения на экранах монитора. Данный блок рассчитан в двух вариантах: с обычными оптическими стеклами (рис. 2-а) и с оптическими стеклами имеющими особый ход дисперсии (рис. 2-б).

В данной системе за счет плоских зеркал используется фокус Куде, который позволяет использовать стационарно установленную аппаратуру на станине дальномера, т.е. для нее нет жестких ограничений по весу и габаритам.

Рассчитанная система позволяет коллимировать лазерный пучок в диапазоне от 435 до 2098 нм без дополнительной перефокусировки. Благодаря этому, возможно использование двулучевой (или многоцветной) локации космических аппаратов, что позволяет определить поправку в определении среднего коэффициента преломления атмосферы дисперсионным методом, т.е. улучшить точностные характеристики лазерного спутникового дальномера.

Упрощению и удешевлению процесса изготовления оптических компонентов объектива способствует: отсутствие асферических поверхностей; наиболее употребительные радиусы кривизны для сферических поверхностей из списка ГОСТ 1807 75; марки оптического стекла для линз, которые выбраны из каталога отечественного производителя.

Методика проведения базисных наблюдений гетерогенных объектов в околоземном пространстве

Лыкосова Анисия Андреевна

Финоменов Всеволод Антонович, Нелаев Константин Анатольевич,

Уймин Андрей Иванович, Овчинникова Анастасия Алексеевна, Панькив Алексей Петрович

*Уральский федеральный университет, Институт физики металлов УрО РАН,
Специализированный учебно-научный центр Уральского федерального университета,
СОШ №146 с углубленным изучением математики, физики и информатики (Пермь),*

«Гимназия №19» (Миасс)

Кругликов Николай Александрович, к.ф.-м.н.

anisia03.11.01@mail.ru

Организация болидной сети – сети фото и видео камер, регистрирующих события в атмосфере Земли, является актуальной задачей, как для метеорной астрономии (регистрация метеорных явлений) [1], так и для метеоритики (определение траекторий болидов и областей выпадения метеоритов) [2]. Кроме того, такая сеть может регистрировать объекты техногенного характера – летательные аппараты, низкоорбитальные спутники, космический мусор. В настоящий момент началось развитие такой сети в России, но пока можно говорить лишь об ее отдельных сегментах. Кроме того, ранее был создан облачный сервис, позволяющий накапливать поступающие данные, фильтровать их и выделять полезный сигнал. Болидные сети уже достаточно давно используются для регистрации болидов и для поиска метеоритов [2,3]. Данная работа направлена на развитие методики обнаружения, регистрации и обработки информации о метеороидах дециметрового диапазона, попадающих в земную атмосферу посредством развития методических аспектов работы локальной болидной сети с малым базисом (расстояние между камерами 200 м) на базе ОЦ «Сириус» в феврале 2017 года.

На территории ОЦ «Сириус» были установлены четыре камеры: Prosilica GC 1380 (вариофокальный объектив с максимальным углом обзора 120 градусов и матрицей ПЗС), Chameleon3 CM3-U3-50S5M (объектив типа «рыбий глаз» с углом обзора 187 градусов, матрица КМОП), Canon 1000D (угол обзора до 55 градусов, его матрица CMOS, обладает самым высоким разрешением, но работает камера только в ручном режиме, что неудобно с точки зрения автоматизации процесса наблюдений), обычная USB веб-камера. Для определения погрешности методов и получения данных о реальных положениях и скоростях самолетов были использованы данные сервиса flightradar24, для идентификации спутников использовалась база данных NORAD и программа HEAVENSAT. Для определения высоты и координат камер использовалась геодезическая система на основе GPS датчиков. Для обработки снимков была разработана программа на языке Python v.3.3, которая позволяет выделить снимки с движущимися объектами в серии из нескольких фотографий. Это дает возможность автоматически находить треки метеороидов, космического мусора и различных летательных аппаратов. Для работы программы использовались специализированные библиотеки: numpy, pyfits, matplotlib, scipy, PIL, shutil, warnings и ftplib.

Программа использует следующий алгоритм:

1. Обращается в папку, куда камера сохраняет изображения в формате fits. Из этой папки извлекает фотографию и сравнивает ее с предыдущей, предварительно выровняв оба изображения по яркости и наложив на них медианный и гаусов фильтры (за время, которое прошло между экспозициями, звездное небо не будет меняться).
2. Если область, которая отличается между двумя фотографиями, удовлетворяет определенным требованиям по яркости и размеру, то программа переводит фотографию из формата fits в формат jpg, посылает в облачный сервис [4] через FTP соединение и удаляет ненужное изображение.

Математическое описание, необходимое для решения задачи целенаправленного поиска вещества метеоритов и определения их траектории по данным фото- и видеосъемки (рис.1а), было предложено и адаптировано для траекторий самолетов, приземляющихся на восточную взлетно-посадочную полосу аэропорта «Адлер». Обозначим на карте две точки, в которых находятся камеры, найдем базис. Построим два треугольника (рис. 1б) Необходимые для вычисления азимуты определяются за счет привязки объектов местности, попадающих в кадр при съемке по геометрическому построению (рис. 1б). Для автоматизации вычислений была написана специальная процедура на языке Python с использованием полученных формул. Кроме того, была реализована и отлажена серверная часть работы по ftp протоколу, что позволило автоматически отправлять фотографии в облачный сервис. Программы были отлажены для работы с камерами Allied vision Prosilica и PointGray. В результате наблюдений, которые проводились преимущественно в ночное время, удалось зафиксировать перемещение порядка 30 объектов и определить параметры траекторий нескольких из них. Таким образом, были составлены типовые алгоритмы и получены ключевые формулы, которые могут быть использованы в дальнейшем для оснащения узлов болидной сети.

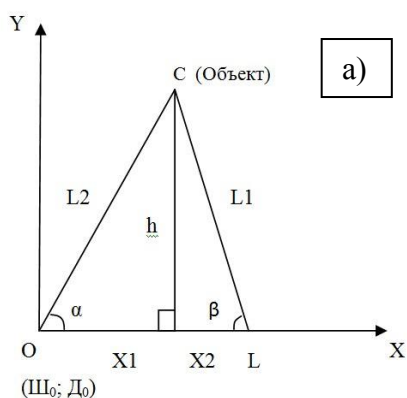


рис.1.а) Плоская система координат, введенная для определения скорости объекта (самолета) и изменения его координат. Точка С – положение объекта, h – расстояние до объекта, точки О,С положения камер. б) Геометрическое построение для определения параметров траектории самолетов, наложенное на спутниковый снимок.

Авторы выражают признательность Прокиной Галине Михайловне (СУНЦ УрФУ) за помощь в осуществлении наблюдений в ручном режиме с использованием личной камеры, Крушинскому Вадиму Владимировичу (КАО УрФУ) за помощь при разработке программного обеспечения и ценные замечания, руководству ОЦ «Сириус» за помощь и поддержку в осуществлении проекта, фонду «Галант и успех» и Коуровской астрономической обсерватории за предоставленное оборудование и материалы. Работа частично выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Деформация», №01201463327) и проекта УрО РАН №15-17-2-11.

Список публикаций:

- [1] Бабаджанов П.Б. Метеоры и их наблюдения. -М.:Наука, 1987
- [2] Gritsevich M., et al. First meteorite recovery based on observations by Finish Fireball Network. *Proceedings of IMC, Giron, 2014*, 162-169.
- [3] Кругликов Н.А., Крушинский В.В., Гроховский В.И., Грицевич М.И., Кругликов Н.Н. Создание болидной сети и первые результаты ее работы. *Материалы IV международной конференции молодых ученых «Метеориты, астероиды, кометы», Екатеринбург, 2016*, 81-85.
- [4] Панькив А. П., Кругликов Н. А. Разработка облачного сервиса болидной сети // *Труды 46-й Международной студенческой научной конференции (Екатеринбург, 30 января - 3 февраля 2017 г.) «ФИЗИКА КОСМОСА», 2017* С. 188.

Определение массы сверхмассивных черных дыр в пяти активных ядрах галактик

Назаров Сергей Валентинович

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

astrotourist@gmail.com

В течение первой половины 2014го года Крымская астрофизическая обсерватория принимала участие в интенсивном международном мониторинге «AGN14»: на нескольких обсерваториях почти каждую ночь наблюдались активные галактики MCG +08-11-011, NGC 2617, NGC 4051, 3C 382, и Mrk 374. Наблюдения велись как спектрально, так и фотометрически, в нескольких диапазонах, с акцентом на полосе V (в системе Джонсона).

Целью мониторинга являлось эхо-картирование внутренних областей активных ядер галактик. Этот метод позволяет измерять массы сверхмассивных черных дыр (СМЧД) в ядрах галактик, используя собственную переменность блеска активного ядра. Для его реализации определяется временная задержка между увеличениями яркости континуума, который создается в аккреционном диске в непосредственной близости от СМЧД, и последующими увеличениями яркости широких линий (ОШЛ), которые вызваны переизлучением энергии от континуума. Зная скорость света, мы можем рассчитать расстояние от области широких линий (ОШЛ) до СМЧД. Далее в спектральных данных по ширине линий бальмеровской серии водорода выясняется скорость ОШЛ и по формуле (1) вычисляется масса СМЧД.

$$M = f \frac{\sigma_L^2 c r}{G}, \quad (1)$$

Галактики отбирались из малоисследованных (за исключением NGC 4051), относительно близких, с умеренной светимостью и малой ожидаемой величиной задержки между «событиями» в континууме и в ОШЛ. Объект NGC 2617 представляет особый интерес, поскольку в период между 2003 и 2013гг она значительно изменила вид ОШЛ, как по ширине, так и по интенсивности линий.

В результате анализа полученных данных удалось оценить массы центральных черных дыр, основываясь на задержке излучения в линии H β относительно континуума. Во всех случаях их величина составляет порядка 10^8 масс Солнца. Для четырех объектов массы также определялись по линиям H γ и HeII. Результаты, полученные при помощи разных широких линий, соответствуют друг-другу в пределах ошибок. Время реакции всех линий, относящихся к ОШЛ, находится в хорошем согласии с фотоионизационной моделью.

Список публикаций:

I.M.M. Fausnaugh, et al. «Reverberation mapping of optical emission lines in five active galaxies» // The Astrophysical Journal

Поиск переменных звезд в полях активных ядер галактик

Назаров Сергей Валентинович

Кутков О.Е.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН

astrotourist@gmail.com

В 2001м году в КрАО на телескопе азт-8 [1] стартовал проект мониторинга избранного ряда активных галактик. Наблюдения ведутся фотометрически, в нескольких диапазонах, с акцентом на полосах V и R (в системе Джонсона).

На сегодняшний день база данных проекта содержит более 470000 снимков в формате fits в пяти фильтрах нескольких десятков площадок размером 15x15'. Исследование архива представляет большой интерес с точки зрения поиска новых объектов: переменных звезд, сверхновых, новых, движущихся звезд, транзиентов и экзопланет. Мы представляем описание и первые результаты поиска переменных звезд в этой базе данных с использованием пакета Vast [2] и собственного программного обеспечения.

Список публикаций:

1.Sergeev S. G., Klimanov S .A., Okhmat S. S. Upgrading and automating the AZT-8 70-cm telescope // Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory. — 2010. — Vol. 106. — P. 92–98.

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.

Особенности организации облачного сервиса болидной сети и первый опыт его работы

Панькив Алексей Петрович

Кругликов Николай Александрович, к.ф.-м.н.

Уральский федеральный университет имени первого президента Б.Н. Ельцина,

Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН

ops-op@vandex.ru

В настоящее время актуальной является задача по сбору, хранению и обработке данных, поступающих с фото- и видеокамер расположенных в астрономических обсерваториях и используемых астрономами-любителями для наблюдения объектов, перемещающихся в атмосфере Земли и в околоземном пространстве [1]. Из большого массива фото- и видео материалов может быть получена информация о болидах, метеоритах и искусственных спутниках Земли. Таким образом, целью данной работы является создание сервиса, который с минимальными человеческими усилиями может выполнять все необходимые операции в автоматическом режиме.

Вкратце организации сервиса может быть описан следующим утверждениями:

Сервис является облачным и создан по технологии SaaS [2]. Веб-интерфейс сервиса разработан с использованием PHP framework Yii2[3]. В настоящее время сервис развернут на одном виртуальном сервере, который обладает следующими характеристиками:

1. CPU: 1 vCores x2.4 Ghz
2. RAM: 2 GB RAM
3. DISK: 10 GB SSD
4. NETWORK: 102 Mbps Bandwidth

Данная конфигурация может наращиваться в случае необходимости.

В настоящий момент проведено тестирование сервиса в составе небольших болидных сетей, состоящих из 3-4 камер разного качества и разнесенных на расстояния до 3000 км. Сервис был испытан в течение полугода с октября по март 2017 года. Основной камерой, поставляющей данные, являлась погодная камера всего неба, установленная на территории Коуровской астрономической обсерватории и работающая в непрерывном режиме. В феврале 2017 года сервис был использован для проведения наблюдений самолетов и искусственных спутников Земли на базе ОЦ «Сириус» с малым базисным расстоянием (200 м).

В настоящий момент сервис позволяет создавать профили обсерваторий, подключать к ним камеры с возможностью автоматического получения фотографий с web-сервера камеры или по протоколу ftp. Кроме того, реализован вспомогательный функционал для добавления, удаления и просмотра фотографий в ручном режиме. Имеется возможность сортировать изображения по дате и времени, обсерватории, камере.

На данный момент ведется работа над созданием модуля, который автоматически анализирует полученные фотографии. Сравнения два последних снимка, алгоритм ищет на них треки движущихся объектов. Модуль уже работает и выполняет поставленную задачу. Скорость работы на данной конфигурации не высока, поэтому, ведется оптимизация данного модуля и поиск наименее затратного алгоритма.

В настоящий момент алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Для сравнения берутся две последние фотографии камеры.
2. Каждая фотография делится на одинаковое количество фрагментов, с разрешением 100x100 пикселей (обработка малых фрагментов менее затратна).
3. Затем, выбираются последовательно одинаковые фрагменты с разных снимков.
4. Для каждого выравнивается яркость, а также убираются шумы.
5. Фрагменты накладываются друг на друга, и вычисляется разность между этими фрагментами (количество точек имеющих отличие).
6. Сравнивая полученную разность, а также учитывая шум фрагментов, можно судить о том, есть ли на этом фрагменте что-то необычное или нет.

Таким образом, с помощью созданного сервиса мы решаем задачу, которая состоит в том, чтобы накапливать информацию, поступающую из разных пунктов, которые могут быть удалены на различное расстояние. Подобная информация, при обнаружении новых тел, сможет помочь определять их траектории, а в случае выпадения на землю - области поиска с максимально возможной точностью.

Список публикаций:

[1] <http://urfu.ru/ru/news/news/17754/>

[2] <https://ru.wikipedia.org/wiki/SaaS>

[3] <http://www.yiiframework.com/>

Выделение и анализ областей звездообразования в галактиках различных типов

Смирнова Ксения Ильдаровна¹

Вибе Дмитрий Зигфридович²

¹ *Уральский Федеральный Университет,*

² *Институт Астрономии Российской Академии Наук*

Соболев Андрей Михайлович

Arashu@rambler.ru

Эффективность звездообразования (ЗО) во многом зависит от компонентов межзвездной среды, преимущественно от молекулярного и атомарного водорода и пыли, именно они принимают в ЗО активное участие. Однако до сих пор остается не достаточно точным определения содержания газа и пыли в комплексах ЗО. Первоначально мы определили параметры межзвездной среды (МЗС) в комплексах НII с помощью наблюдательных данных в инфракрасном (ИК-) (космические телескопы Spitzer и Herschel) и радио-диапазонах (IRAM и VLA), а также сопоставили полученные параметры между собой. Для исследования отобрано несколько сотен внегалактических комплексов НII в одиннадцати галактиках, принадлежащим различным морфологическим типам. Отобранные галактики одновременно принадлежат выборкам обзоров THINGS (линия HI), KINGFISH и SINGS (длинноволновая и ближняя/средняя ИК- области, соответственно) и HERACLES (линии CO). На основе данных, взятых из архивов указанных обзоров, проведена апертурная фотометрия комплексов НII, для некоторых галактик была проведена апертурная фотометрия с увеличенными диаметрами областей, для более точной оценки параметров CO и HI [1]. Так же для некоторых исследуемых объектов с помощью модели Дрейна и Ли [2] были получены первоначальные оценки ряда параметров:

массовая доля ПАУ, масса пыли, средняя интенсивность поля излучения, доля областей фотодиссоциации, масса молекулярного и атомарного водорода. Была примерно оценена металличность для каждой области. Была исследована корреляция параметров пыли, а также корреляция параметров пыли и молекулярного газа.

Мы решили применить выше описанную методику к редкому типу галактик – галактикам с полярными кольцами. Галактика с полярным кольцом представляет собой систему двух ортогонально вращающихся объектов: центральной галактики и кольца. Звездообразование в таких системах рассмотреть было бы особенно интересно. Проблемой выделения областей для фотометрии в таких объектах является тот факт, что почти все они будут выделены в кольце. Это может быть связано с протяженностью кольца, а так же с тем, что оно хорошо ориентировано к наблюдателю, в отличие от центральной галактики. Для анализа была взята галактика NGC 660. Методом «на глаз» мы сумели выделить 54 области [3]. Для галактики не удалось найти данные в далекой ИК-области, поэтому оценить параметры пыли по модели Дрейна и Ли, как в предыдущей работе не представляется возможным, так же нет данных в CO. Поэтому, для полноты картины мы проверим соответствие получившихся результатов по имеющимся данным в УФ (GALEX) и с H α (БТА)

Список публикаций:

[1] Смирнова К. И., Мурга М. С., Виле Д. З. // *Известия Высших Учебных заведений. Физика*. 2015. Т. 58, № 7/2. С. 63-67

[2] Draine B. T., Li Aigen // *The Astrophysical Journal*. 2007, March 10. № 657. С.810-837.

[3] Смирнова К. И., Парфенов С. Ю., Виле Д. З. // *Труды 46-й Международ. студ. науч. конф. Екатеринбург, 30 янв-3 февр. 2017 г. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та. 2017. С.221.*