

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П. Н. ЛЕБЕДЕВА

СТЕНОГРАММА
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.023.01

19 января 2015 года

*Защита диссертации
Никитиной Елены Борисовны
на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.02
(астрофизика и звездная астрономия)
“Структура магнитосферы радиопульсаров по данным об углах
между их магнитным моментом и осью вращения”*

Присутствовали члены диссертационного совета:

1. Кардашев Н.С., академик, 01.03.02, физ.-мат. науки, председатель
2. Новиков И.Д., член-корр., 01.03.02, физ.-мат. науки, зам.председателя
3. Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки, уч.секретарь
4. Бочкарев Н.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
5. Бурдюжа В.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
6. Дагкссаманский Р.Д., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
7. Дорошкевич А.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02 физ.-мат.науки
8. Каленский С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
9. Ковалев Ю.Ю., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
10. Комберг Б.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
11. Ларионов М.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
12. Малофеев В.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
13. Попов М.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
14. Рудницкий Г.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
15. Шишов В.И., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки

Председательствующим на данном заседании является доктор физико-математических наук, академик РАН, руководитель АКЦ ФИАН, председатель диссертационного совета Н.С. Кардашев.

Секретарь заседания — ученый секретарь диссертационного совета д.ф.-м.н. Ю.А. Ковалев.

Председатель:

Согласно явочному листу на заседании присутствуют 15 из 21 членов списочного состава диссертационного совета. Кворум (14 человек) имеется. Разрешите наше заседание считать открытым. Тема сегодняшнего заседания — защита диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия). Автор — Никитина Елена Борисовна. Официальные оппоненты — доктор физ.-мат. наук Чугай Николай Николаевич и кандидат физ.-мат. наук Бирюков Антон Владимирович. Ведущая организация — Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург.

Председатель:

Юрий Андреевич, пожалуйста.

Секретарь:

Кратко докладывает об основном содержании представленных соискателем ученой степени документов и их соответствии установленным требованиям.

Председатель:

Слово для доклада предоставляется соискателю.

Соискатель:

Выступает с докладом (распечатка демонстрируемых слайдов дана в Приложении к стенограмме (по 4 слайда на странице), номер слайда приведен в правом нижнем углу слайда; к электронному файлу стенограммы прикладывается электронный файл со слайдами — все в формате pdf).

Название моей диссертации и ее общая характеристика представлены по автореферату на первых девяти слайдах (показываются, зачитываются и комментируются слайды 1-9).

СЛАЙД 1 Представление работы

СЛАЙД 2 Актуальность темы

СЛАЙД 3 Цель и новизна

СЛАЙД 4 Достоверность результатов и практическая значимость

СЛАЙД 5-7 Публикации и личный вклад

СЛАЙД 8 Апробация работы

СЛАЙД 9 Структура и объем диссертации

Далее демонстрируются и комментируются слайды 10-37.

СЛАЙД 10 При проведении вычислений мы использовали стандартную модель полого конуса. В классической модели полого конуса полученная ширина профиля импульса пульсара определяется взаиморасположением (Рис. 1 и 2 Приложения): μ — направления вектора магнитного момента; ω — оси вращения пульсара; L — луча зрения наблюдателя; ψ — угла между лучом зрения и осью вращения; β — угла между направлением вектора магнитного момента (ось конуса излучения) и осью вращения пульсара; а также θ — угловым радиусом конуса открытых силовых линий. При

этом пси-бета – расстояние, на котором луч зрения наблюдателя проходит от центра конуса излучения.

СЛАЙД 11 Анализ структуры магнитосферы пульсаров проводился на основе оценок углов бета для выборок нормальных пульсаров с известными профилями импульсов и монотонным ходом позиционного угла. Мы взяли три однородных выборки. Первая выборка – пульсары, параметры которых измерены на длине волны 10 см, вторая выборка – на 20 см, и третья выборка – на 30 см. Данные взяты из статей, представленных на слайде. Вычисления проводились несколькими методами. В скобках указано количество пульсаров, использованных для вычисления угла бета первым методом.

СЛАЙД 12 Наиболее простым является случай прохождения луча зрения через центр конуса излучения (формула (1) Приложения). Связь между определяющими величинами в классической модели полого конуса задается уравнением (2) Приложения.

Мы можем построить зависимость $W_{10}(P)$ (см. Рис. 3 Приложения). По методу наименьших квадратов была проведена средняя линия и найдена нижняя граница для каждой выборки: на длинах волн 10 см, 20 см и 30 см. Здесь представлены уравнения нижних границ для каждой из выборок пульсаров (см. Рис. 3 Приложения).

С учетом приведенных выше соотношений (формулы (1) – (3) Приложения) для вычисления угла бета мы можем получить вот такое уравнение (формула (4) Приложения).

СЛАЙД 13 Углы, вычисленные таким способом углы, обозначили как угол бета1. Для полученных углов построены гистограммы распределения количества пульсаров по величине угла бета1 для 10 см, 20 см и 30 см соответственно (Рис. 4 Приложения). Здесь представлены средние значения $\langle \text{угол бета1} \rangle = 18$ для номера 1, $\langle \text{угол бета1} \rangle = 14$ для номера 2 и $\langle \text{угол бета1} \rangle = 27$ для номера 3. Они достаточно малы, так как мы говорим о нижней границе. Эти цифры соответствуют конкретной выборке для конкретной длины волны.

СЛАЙД 14 Второй метод. Далее мы отказываемся от предположения о том, что луч зрения проходит через центр конуса излучения и будем говорить об общем случае. Тут надо помнить о том, что может наблюдаться некоторое уширение диаграммы (вследствие ее приближения к полюсу вращения) и может наблюдаться также уменьшение ширины из-за того, что луч зрения проходит не по центру конуса излучения. Каков вклад каждого из этих эффектов мы заранее не знаем, поэтому считаем их равными. И нашу зависимость $W_{10}()$ мы можем определить средней линией, вписанной по методу наименьших квадратов. На предыдущем слайде эти линии были (см. Рис. 3 Приложения). Соответственно, уравнения для длин волн 10 см, 20 см и 30 см (формула (5) Приложения).

Мы предполагаем, что излучение формируется в той области, где нет эффектов искажения. Это делается для того, чтобы можно было использовать ход позиционного угла поляризации.

Зависимость позиционного угла ψ от долготы ϕ определяется этим соотношением (формула (6) Приложения). А максимальную производную позиционного угла можно найти из этого соотношения (формула (7) Приложения).

Далее, если мы введем некоторые обозначения (формулы (8) – (10) Приложения), то можем получить вот такие уравнения (формулы (11) – (13) Приложения) для нахождения угла бета. Уравнение имеет четвертую степень, поэтому они решались с помощью программы Maple.

СЛАЙД 15 Так как по одним наблюдениям главного импульса знак максимальной производной определить нельзя, уравнения решаются при $C > 0$ и $C < 0$. Средние значения углов, которые мы обозначили как β_2 , представлены для каждой выборки при $C > 0$ и $C < 0$. Здесь надо отметить, что, к сожалению, не для всех пульсаров можно получить решение уравнений. Во-первых, не для всех пульсаров известен параметр S . И, во-вторых, сам параметр C может быть недостаточно точно вычислен. Именно поэтому нет решения для всех пульсаров.

Как можно отметить, эти углы, в пределах ошибки, независимо от длины волны практически равны друг другу.

СЛАЙД 16 Третий способ вычисления углов. В этом способе мы использовали выборку пульсаров, параметры которых измерены на длине волны 30 см. Здесь мы отказываемся от всякой статистики. Были использованы только наблюдаемые максимальные значения позиционного угла и виды среднего профиля.

При этом исходные уравнения составляют замкнутую систему из трех уравнений для нахождения значений трех углов (θ , ψ и β , формула (14) Приложения).

Так как наблюдаемые профили пульсаров имеют различный вид, то в зависимости от вида профиля, коэффициент n , стоящий в третьем уравнении, будет иметь разное значение. Эти дискретные значения n взяты для иллюстрации этого метода. Эти значения позволяют нам вывести аналитические уравнения для нахождения углов. Эти уравнения выводились нами самостоятельно.

СЛАЙД 17 При $n = 2$, решение для $y = \cos(\text{угла } \psi)$ будет найдено из уравнения (15) Приложения. При $n = 3/2$ исходным будет уравнение (16) Приложения.

СЛАЙД 18 При $n = 5/4$ исходным будет уравнение (17) Приложения. При $n = 4$ исходным будет уравнение (18) Приложения. Тут следует помнить, что C может быть положительным и отрицательным, поэтому уравнения решаются

ются и при $C > 0$, и при $C < 0$. Полученные уравнения решаются численными методами в математических пакетах.

СЛАЙД 19 Углы, вычисленные этим способом, обозначим как углы бета3. Для полученных углов также построены гистограммы распределения количества пульсаров по величине угла бета3. На слайде представлены распределения углов бета3 для $C > 0$ и $C < 0$. Средние значения вычисленных углов представлены на слайде.

СЛАЙД 20 Теперь мы будем определять уровни генерации излучения. Здесь были использованы выборки пульсаров на 10 и 20 см. Минимальное угловое расстояние (пси - бета), на котором луч зрения проходит от центра конуса излучения для конкретного пульсара, остаётся одинаковым на всех частотах, а угловой радиус тета самого конуса увеличивается с удалением от поверхности нейтронной звезды (формула (19)). Поэтому с уменьшением частоты величина p должна возрастать. Из третьего уравнения системы (14) следует формула (20) Приложения. Если мы используем обычно применяемое при дипольном поле равенство (формула (21) Приложения), то получим выражение (22) Приложения для определения угла бета. Здесь r – расстояние, на котором генерируется данное излучение.

Статистические зависимости (формула (23) Приложения), которые были получены нами ранее, дают возможность определить среднее для всех пульсаров выборки отношение (формула (24) Приложения).

Из наших расчетов следует, что r_{20} / r_{10} может приближаться к 2. Для ряда пульсаров с точностью до ошибок $r_{20} / r_{10} = 1$. Однако эти объекты имеют достаточно короткие периоды и вполне возможно, что их излучение генерируется на всех частотах вблизи светового цилиндра с почти одинаковой шириной импульса на длинах волн 20 и 10 см.

СЛАЙД 21 Выражение (21) Приложения записано для соосного ротатора. В случае произвольного наклона оси диполя к оси вращения, угловой размер конуса излучения может быть другим. Форма полярной шапки принимается нами круговой. Форма полярной шапки остаётся до сих пор предметом дискуссий. В некоторых работах исследователи выявляют асимметрию полярной шапки, но форма её остаётся при этом близкой к круговой. Размеры конуса открытых силовых линий в случае произвольного наклона оси диполя к оси вращения можно оценить из следующего выражения (формула (25) Приложения).

Полученная формула с учётом уравнения силовой линии (формула (26) Приложения) позволяет записать выражение для угловой ширины тета конуса излучения при (формула (27) Приложения) в виде (формула (28) Приложения).

Функция $f(\text{бета})$ выглядит вот таким образом (формула (29) и Рис. 8 Приложения). При определении относительного расположения уровней ге-

нерации излучения на разных частотах множитель $f(\beta)$ выпадает. Однако для оценки абсолютного расстояния уровня от нейтронной звезды этот множитель может стать существенным. Так, для углов $\beta > 60$ градусов расстояние r при заданном θ будет в два раза больше, чем при $\beta = 0$ градусов.

СЛАЙД 22 Теперь будем оценивать абсолютные значения r_{20} и r_{10} . Существует две возможности. Одна из таких возможностей связана с использованием статистических зависимостей, которые приводились выше. Так, выражение для 10 см (формула (30) Приложения) с использованием формулы (28) Приложения позволяет вывести выражение (31) Приложения. При получении численного коэффициента полагалось, что радиус нейтронной звезды равен 10 км. Определив уровень генерации на одной из частот (1,5 или 3 ГГц), мы вычисляем уровень для второй частоты из соотношения (32) Приложения.

Другая возможность связана с предположением о том, что генерация излучения на данном уровне осуществляется на плазменной частоте (формула (33) Приложения) в результате развития двухпотоковой неустойчивости. Циклотронная неустойчивость может развиваться на больших расстояниях от поверхности, близко к световому цилиндру. Множитель 2 учитывает суммарную концентрацию электронов и позитронов.

СЛАЙД 23 Полагаем, что магнитное поле в области генерации имеет дипольную структуру, значительная часть энергии первичного пучка передается вторичной электрон-позитронной плазме (формула (34) Приложения). Плотность первичного пучка приравняем плотности Голдрайха-Джулиана (формула (35) Приложения).

При сделанных предположениях расстояние соответствующего уровня до центра нейтронной звезды определяется выражением (36) Приложения. Вводим стандартные обозначения, подставляем константы и получаем выражение (37) Приложения. Для оцененных выше уровней генерации получаем среднее отношение по выборке (формулы (38) и (39) Приложения).

СЛАЙД 24 Теперь переходим к пульсарам с интеримпульсами. В данный момент известно около 50 таких объектов, в которых наряду с главными импульсами наблюдаются интеримпульсы, расположенные в промежутке между главными импульсами. С классической точки зрения, если расстояние между главным импульсом и интеримпульсом равно 180 градусов (Рис. 9 Приложения) или очень близкому к этому числу значению, то мы видим ортогональный ротатор, т.е. видим оба полюса (Рис. 10 Приложения). Однако наблюдения показывают, что далеко не всегда оно равно 180 градусов. В этом случае можно говорить о том, что мы видим соосный ротатор, т.е. мы видим только один полюс.

Мы взяли выборку таких пульсаров и попробовали их классифицировать

на соосные и ортогональные.

СЛАЙД 25 Способы, о которых говорилось выше, здесь тоже применяются. Первый способ: луч зрения проходит через центр конуса излучения. Выражение (40) Приложения нам уже знакомо, оно приводилось в самом начале. Будем использовать при вычислениях полученное нами ранее в работе значение угла тета (формула (41) Приложения). Если подставить выражения (41) и (42) в (40), получим уравнение для определения угла бета.

СЛАЙД 26 Уравнение для определения угла бета имеет вид (формула (43) Приложения), где $\sin$ (угла тета) выражается через $f(\text{бета})$. Данные взяты из следующих работ.

СЛАЙД 27 Полученные углы мы обозначили как угол бета1. Их значения представлены в Таблице 1 Приложения. Таким образом, в нашей выборке 42 пульсара.

СЛАЙД 28 Второй способ, с использованием поляризационных данных. В рассмотренной нами модели зависимость позиционного угла кси линейной поляризации от долготы Фи-большое описывается формулой (44) Приложения. А максимальная производная позиционного угла достигается в центре профиля, и может быть найдена из формулы (45) Приложения. С учетом уравнения для $\sin$ (угла тета), для оценки угла бета мы сможем получить вот такое выражение (формула (46) Приложения).

Такие углы мы обозначили как угол бета2. Их значения представлены в Таблице 2 Приложения. Здесь ровно 21 пульсар, потому что С измерено, к сожалению, не для всех пульсаров.

СЛАЙД 29 Еще один метод. Есть у нас выражение (47) Приложения, исходное. Но уравнение одно, а неизвестных три: бета, пси и тета. В качестве двух других уравнений в данном случае предлагается взять соотношения (48) и (49) Приложения. Последнее может быть записано в ином виде. Таким образом, у нас три уравнения и три неизвестных. Решая эту систему относительно этих трех неизвестных тета, пси и бета, получим значения искомого угла бета3. Вычисления проводились как при $C > 0$, так и при $C < 0$. То, что получилось, приведено в Таблице 3 Приложения в столбцах <бета3>.

СЛАЙД 30 Еще один способ. Так как все-таки поляризационные измерения у нас есть, и они есть как в главном импульсе, так и в интеримпульсе, то мы можем вписать теоретическую кривую, модельную зависимость кси(Фи) (формула (50) Приложения) в массив наблюдаемых точек при разных значениях бета и пси по методу хи-квадрат и по наилучшему их согласию получить наиболее вероятную величину угла бета (Рис. 11 Приложения). Такие вписывания уже проводились, мы это делаем не первыми. Но для некоторых объектов мы сделали это впервые. Соответствующие значения угла бета4 приведены в Таблице 4 Приложения. Вычисленные нами значения угла

бета⁴ выделены жирным шрифтом. Внизу слайда приведены работы, в которых вписывания уже проводились. В Таблице 4 хорошо видно, что наши результаты вполне согласуются с тем, что сделали другие авторы.

СЛАЙД 31 Как уже отмечалось выше, основные поляризационные измерения приходятся на главный импульс. Поэтому некоторые авторы выполняли вписывание отдельно в главном импульсе и в интеримпульсе. Мы сделали то же для ряда пульсаров; в качестве примера на Рис. 12 Приложения показано вписывание для PSR B0823+26 в главном импульсе.

СЛАЙД 32 Если мы уже знаем угол бета, который оценили приведенными выше методами, то можно использовать дополнительные аргументы для классификации пульсаров. При ортогональности магнитного момента и оси вращения расстояние между МР и IP должно быть очень близко к 180 градусам, и оно не должно зависеть от частоты, а угол должен быть достаточно большим (от 60 до 90 градусов). В случае соосных пульсаров расстояние МР-IP может быть в принципе любым (в том числе и равным 180 градусам) и может зависеть от частоты. При этом угол у такого пульсара будет достаточно мал, меньше 30 градусов.

На основании таких оценок мы из нашей выборки выделили 19 соосных и 10 ортогональных пульсаров. Для 13 пульсаров расстояния МР-IP близки к 180 градусам, но для них нет надежных оценок угла бета. Тут требуются дополнительные исследования.

СЛАЙД 33 Наибольшие разногласия существуют относительно трех пульсаров: PSR B0950+08, PSR B1055-52 (Рис. 13 Приложения), PSR B1822-09. В литературе можно встретить и аргументы в пользу ортогональности, и аргументы в пользу соосности. Но согласно нашим исследованиям все эти три пульсара принадлежат к соосным ротаторам.

СЛАЙД 34 Было интересно провести оценку возраста объектов каждой из выделенных групп пульсаров, соосных и ортогональных. Для этого мы использовали характеристический возраст, расстояние пульсара от плоскости Галактики и светимость. Данные взяты из каталога, приведенного на слайде. То, что у нас получилось для соосных и ортогональных ротаторов – в формуле (51) Приложения. Медианные значения – в формуле (52) Приложения. И из этих значений легко заметить, что ортогональные пульсары в несколько раз моложе соосных.

СЛАЙД 35-36 Основные результаты, выносимые на защиту

СЛАЙД 37 Спасибо за вниманис.

Председатель:

Вопросы, пожалуйста.

Бурдюжа В.В.:

Скажите, пожалуйста, есть ли пульсары, у которых углы ноль градусов. Если есть, то почему, с Вашей точки зрения? Потому что, казалось бы, должны

быть большие углы, угловой момент, и так далее. Но есть ли связь между магнитным моментом пульсара и осью вращения?

Соискатель:

Это и есть соосные пульсары, т. е. пульсары, у которых углы имеют значение, близкое к нулю.

Бурдюжа В.В.:

И их много?

Соискатель:

У нас? Давайте я верну этот слайд. Вот они соосные. Из нашей выборки их 19. Достаточно много. У них значение углов достаточно малое. Из 42 таких 19.

Бурдюжа В.В.:

Малое - это сколько? 5? 10? 20?

Соискатель:

Давайте я покажу таблицу. Вот они, те, у которых углы до 30 градусов. У какого-то пульсара 5 градусов, у какого-то 9, у какого-то порядка 11 градусов.

Бурдюжа В.В.:

Есть ли связь с периодом вращения? Чем быстрее он вращается, тем этот угол должен быть какой-то другой?

Соискатель:

С периодом? Нет.

В.И. Шишов (реплика):

Для трех статистики нет.

Председатель:

Еще вопросы, пожалуйста.

Попов М.В.:

Вы сделали заключение, что более старые пульсары из вашей выборки пульсаров с интеримпульсами имеют меньшие углы, а молодые пульсары больше склонны к перпендикулярным осям. Здесь две соперничающие теории борются. Одна - это по мере эволюции ось конуса приближается к оси вращения, а другая, наоборот, о том, что они стремятся к перпендикулярности. У одной магнитодипольные потери, у другой, Василия Семеновича Бескина, токовые потери. Значит, ваша гипотеза подтверждает, что магнитодипольные потери. Вы не сказали, но я правильно понял?

Соискатель:

Да. С увеличением возраста пульсаров углы становятся меньше.

Согласнов В.А. (АКЦ ФИАН, кандидат физ.-мат.наук):

Магнитная ось приближается к оси вращения. А конкурирующая теория - наоборот. Можно я задам вопрос?

Председатель:

Конечно. Пожалуйста.

Согласнов В.А.:

2 вопроса. Первый вопрос. Два классических пульсара с интеримпульсами это Краб и миллисекундный 1937. Их у вас почему-то в списке нет. Это первый вопрос. А второй - вообще миллисекундные пульсары в ваших исследованиях участвуют или нет? И как с ними быть?

Соискатель:

Вот поэтому я начну со второго вопроса сразу. Миллисекундных пульсаров у нас нет. У нас только нормальные.

Согласнов В.А.:

Почему?

Соискатель:

Мы решили заняться сначала нормальными пульсарами, а миллисекундными мы будем заниматься потом.

Согласнов В.А.:

А они не нормальные? Ладно, хорошо. Тогда почему нет Краба?

Соискатель:

Краб тоже миллисекундный. У нас Краба нет.

Согласнов В.А.:

А почему? Он тоже не нормальный считается? Там все известно просто.

Соискатель:

Он миллисекундный.

Согласнов В.А.:

Как? Нет. У него период 33 мс.

Соискатель:

Да, 33 мс.

Согласнов В.А.:

Это нормальный пульсар. Он к классу нормальных пульсаров относится. Он не миллисекундный. Нормальный молодой пульсар.

Ковалев Ю.А. (реплика):

Значит, это пожелание на будущее.

Согласнов В.А.:

Нет, это не пожелание на будущее, это замечание. Потому что вот эта зависимость от возраста - это существенная точка, так сказать.

Председатель:

Так, еще вопросы, пожалуйста.

Комберг Б.В.:

Вот пульсары без интеримпульсов. Что Вы могли бы сказать про возрасты и про углы?

Соискатель:

У пульсаров без интеримпульсов такой зависимости не обнаружено. Мы то-

же пробовали делать подобные оценки возраста, этими же параметрами, но там ничего нет. Там коэффициент корреляции порядка 0.1, поэтому говорить о какой-либо зависимости не приходится.

Председатель:

Еще есть вопросы? Нет. Спасибо.

Председатель:

Слово предоставляется научному руководителю соискателя.

Научный руководитель:

Выступает. Отзыв прикладывается.

Председатель:

Хорошо. Спасибо. Есть ли вопросы к руководителю? Вопросов нет. Переходим к оглашению Заключения организации, где выполнялась диссертационная работа, Отзыва ведущей организации и других поступивших в диссертационный совет отзывов на диссертацию и автореферат. Юрий Андреевич, пожалуйста.

Секретарь:

Зачитывает положительные Заключение организации, где выполнялась работа, и Отзыв ведущей организации, а также Отзыв на автореферат от Барсукова Д.П., кандидата физ.-мат.наук, старшего научного сотрудника сектора теоретической астрофизики Физико-технического института им. А.Ф.Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург (отзыв положительный, замечаний нет).

Председатель (соискателю):

Хотите сейчас ответить на замечания или позже? Сейчас. Хорошо, пожалуйста.

Соискатель (ответ на замечания ведущей организации):

Демонстрируется слайд 38 Приложения. Я сразу хочу сказать, что с замечаниями по поводу оформления я согласна. В некоторых местах, действительно, стоило бы оформить по-другому. По поводу статьи, на которую бы следовало ссылаться, статья Weltevrede и Wright. На самом деле результаты этих авторов похожи на результаты статьи, которую они цитируют у себя в списке литературы. Это статья Wang et al. А он в свою очередь ссылается на вот эту статью (демонстрируется название второй статьи, представленной на слайде 38 Приложения). А вот эту статью мы не просто цитируем и подробно обсуждаем их результаты, мы использовали эти данные при проведении наших вычислений. Поэтому мы ссылаемся не на этих авторов, а буквально на первоисточник. Все.

Председатель:

Спасибо. Дальше оппоненты. Николай Николаевич?

Н.Н. Чугай (первый оппонент): Выступает, отзыв прилагается.

Председатель: Спасибо. Елена Борисовна, пожалуйста.

Соискатель (ответ на замечания первого оппонента).

Демонстрируется слайд 39 Приложения. Еще раз повторюсь, что с замечаниями по оформлению я целиком и полностью согласна. По поводу зависимости, которая совпадает с тем, что получено Weltevrede и Wright. Тут все дело в том, что эта зависимость делается для какой-то конкретной выборки пульсаров. Т.е. у них была другая выборка. У нас одна, у них - другая. И то, что получается у них, к нам никакого отношения не имеет. Это две разные выборки. По поводу того, что надо было сопоставить результаты с Rankin. В данном случае, да. Действительно, там, где мы обсуждаем уровни генерации, можно было бы сослаться. Хотя уровни генерации обычно у авторов приводятся от десятков до сотен, мы им не противоречим, мы попадаем в этот интервал. С этим все нормально. Но можно было сравнить. По поводу того, что мы не приводим сравнения наших результатов с результатами других авторов. Тут я не совсем соглашусь. Например, когда мы обсуждаем три спорных радиопульсара. Тут как раз идет подробное обсуждение того, что получено у других авторов, что получено у нас. И почему мы все-таки склоняемся к такому выводу, а они склоняются к другому выводу. Результаты вот этой статьи (демонстрируется название второй статьи на слайде 38 Приложения) тоже достаточно подробно обсуждаются. И когда мы строили зависимость параметра b от частоты ν . Мы в работе получили отличие зависимости. (Демонстрируется таблица на слайде 39 Приложения). Три нижние строки получены во время выполнения диссертации, а две верхние строки в диссертации не получены. Т.е. мы не только сравниваем результаты. Более того, мы их используем для построения зависимости $b(\nu)$. И когда идет речь о пульсарах с интеримпульсами, приводится таблица с результатами вписывания модельной кривой (см. Таблица 4 на слайде 30 Приложения). Таким образом, ссылки на другие работы действительно есть. Вот поэтому я не вполне согласна с замечанием. Но, возможно, действительно стоило сделать больше.

Н.Н. Чугай (первый оппонент):

Меня полностью устраивает ответ.

Председатель:

Следующий оппонент – Бирюков Антон Владимирович. Пожалуйста.

А.В. Бирюков (второй оппонент):

Выступает, отзыв прилагается.

Председатель:

Елена Борисовна, ваши ответы на замечания, пожалуйста.

Соискатель (отвечает на замечания второго оппонента).

Демонстрируются слайды 40 - 44 Приложения. По поводу формулы (демонстрируется слайд 40 Приложения). На самом деле это не то, чтобы ошибка, это опечатка, которая была допущена в первоисточнике. И то, что она потом закралась в работу, очень обидно и очень досадно. Обратите внимание. Вот

это неправильная (формула (1) на слайде 40 Приложения), а вот это правильная (формула (2) на слайде 40 Приложения) формула. Вот этот квадрат должен стоять за скобкой. Но так как это коэффициент стоит перед u в четвертой степени, он не настолько сильно влияет на результаты, как кажется на первый взгляд. Я успела пересчитать. В данном случае нас интересует β_2 . Здесь я привожу таблицу со средними значениями для положительной S и для отрицательной S (демонстрируется таблица на слайде 40 Приложения). Для положительных S ошибки очень-очень маленькие. Далее на трех слайдах – итоговая таблица, которая есть в приложении (демонстрируются слайды 41 - 43 Приложения). Мы говорим о том, что существует несколько методов для оценки углов бета в пульсарах. И очень важно использовать максимальное количество методов для оценки угла у какого-то конкретного пульсара. Если у вас есть возможность, используйте все методы, а потом берите среднее значение. Потому что у каждого метода есть свои плюсы и свои минусы. Очень важно брать именно среднее значение. На каждом слайде 4 колонки. β_{new} - это пересчитанные значения, а β_{old} - значения, посчитанные по формуле, где неправильно стоит квадрат. Синим цветом обозначены те пульсары, для которых практически ничего не изменилось, т. е. ошибка до 5° . И их не так много. Мы не претендуем на абсолютные значения углов, мы претендуем на оценки, и это очень важно. Красным обозначены те пульсары, у которых отличие более 5° . У нас 377 пульсаров, для которых вычислены углы бета, из них отличие порядка 10° только у 33 пульсаров. И то эти все отличия идут в меньшую сторону, т. е. если пульсар был близким к соосному, то он таким и остался, он не ушел в другую группу. Ортогональные остались ортогональными. На самом деле здесь мы получили уточнение. То же самое касается пульсаров с интеримпульсами (демонстрируется слайд 44 Приложения). Здесь тоже никто не ушел из своей группы. Если мы их определили в соосные, они там и остались, определили в ортогональные - они там тоже остались. Таким образом, вот эта ошибка на общий вывод об углах влияет не настолько сильно как кажется на первый взгляд. Еще раз повторюсь, что если у вас есть возможность взять максимальное количество методов для оценки углов, берите их все. В таком случае вы получите наиболее достоверное значение углов.

Ю.Ю. Ковалев (реплика):

Совсем не обязательно. Не хотел я на эту тему разговаривать, но так как вы подчеркнули...

Председатель:

Пожалуйста, подождите. Сначала выступит соискатель. Потом Вы.

Соискатель (продолжает отвечать на замечания второго оппонента).

Демонстрируются слайды 45 - 47 Приложения. По поводу третьего способа вычисления углов бета (демонстрируется слайд 45 Приложения). Этот спо-

соб, на мой взгляд, один из самых интересных. Но им надо пользоваться очень аккуратно. В диссертации указано, что вот эти дискретные значения n выбраны для иллюстрации работы метода. Вы можете взять любые другие значения. Но в данном случае эти дискретные значения позволили нам вывести аналитические уравнения. Если вы возьмете какие-нибудь другие дискретные значения, то вам придется решать эту систему уравнений численно. Если вы знаете точное значение n , то вы получите точное значение угла бета. Т.е. можно вот так подставлять, а можно получать n методом перебора. И мы так тоже делали, в диссертации об этом говорится о том, что можно n вычислять, а не просто давать значения по внешнему виду профиля. Поэтому метод на самом деле действительно хороший, но им пользоваться надо очень-очень аккуратно.

Далее по поводу того, что надо использовать другую ширину импульса (демонстрируется Рис.1 на слайде 46 Приложения). Это пример соосного пульсара. Мы его отнесли к соосным. При оценках в самом начале мы берем вот эту ширину импульса (левый импульс на Рис.1 слайда 46 Приложения). Если мы считаем угол по этой формуле (формула расположена под Рис.1 слайда 46 Приложения), то W_{10} стоит в знаменателе, тогда получаем значение угла бета. Получили малое значение угла. Если же теперь мы возьмем эту ширину больше (оба импульса на Рис. 1 слайда 46 Приложения), то угол будет еще меньше. А наша задача - классифицировать на соосные пульсары и ортогональные. Мы уже классифицировали - он соосный. Поэтому второй раз проделывать эту процедуру нет необходимости.

Как определялась C (демонстрируются Рис.2 и 3 на слайде 46 Приложения). C определялась глазомерным способом с помощью палетки. Имелись изображения хода позиционного угла. На Рис.2 представлен хороший ход позиционного угла, где C можно легко определить из наклона прямой. И на Рис.3 - пример, где производную вычислить очень сложно. Вот здесь ошибка будет намного больше, чем в предыдущем случае. Все оценки я проводила самостоятельно. Для того, чтобы удостовериться, что я посчитала правильно, я проделывала эту процедуру несколько раз для каждого пульсара.

Про ошибки в принципе (демонстрируются Рис.2 и 3 на слайде 46 Приложения). Мы берем данные из других статей. Там они уже что-то измерили, и ошибку для W_{10} мы знать не можем, потому что авторы их не приводят. И вот посмотрите, то ли дело, здесь мы ошибку определяем (демонстрируется Рис.1 на слайде 46 Приложения), то ли дело - здесь (демонстрируются Рис.2 и 3 на слайде 46 Приложения). Шумы тоже могут повлиять на эту ошибку. А еще можно пропустить рассеяние (демонстрируется Рис.3 на слайде 46 Приложения). Это пример пульсара с рассеянием, у него затянутый правый «хвост». Если вы это пропустили, то уже заведомо получается ошибка. Поэтому определить ошибку для всех пульсаров или для какой-то одной вы-

борки не представляется возможным, так как для каждого пульсара ошибка будет своя собственная.

И еще был вопрос по поводу возрастов (демонстрируется слайд 47 Приложения). Есть мнение о том, что пульсары рождаются с разными углами (Рис.1 на слайде 47 Приложения). Т.е. заранее мы не знаем, с какими углами они рождаются. Считаем, что есть равномерное распределение по этим углам. Проходит некоторое время, они эволюционируют (Рис2. На слайде 47 Приложения). Какой-то "отползает" в одну сторону, какой-то, возможно, в другую. Т.е. наблюдается некоторое смещение вдоль линии. А когда мы берем из всех проэволюционировавших какую-то конкретную выборку (на горизонтальной оси диапазон от 0 до 30 градусов, от 30 до 60, от 60 до 90 градусов), то тут уже есть проэволюционировавшие объекты. И этот возраст мы уже увидим. А вот в средней части (Рис.3 слайда 47 Приложения) достаточно сложно что-то предположить. Мы не стали приводить в диссертации эти все зависимости, которые не получаются, потому что коэффициент корреляции у них порядка 0,1. Там зависимостей нет. Обычно в литературе такие данные не приводят. Поэтому мы тоже решили не приводить.

Председатель:

Спасибо. Так, пожалуйста, кто хочет выступить?

Малофеев В.М.

Могу я?

Председатель:

Пожалуйста.

В.М.Малофеев:

Елена Борисовна к нам пришла не просто так. Она сама выбрала это направление. Она выбрала себе руководителя. И она целенаправленно занималась этой работой. Это очень важный момент, когда человек сам решает, чем он хочет заниматься. В этом смысле гораздо больше мотивация, интересы. И она за это время очень сильно выросла. Она училась у нас в магистратуре, потом в аспирантуре. И практически уложились в тот срок, который был отведен, чтобы закончить работу. Я хочу сказать, что эта тема очень интересная, очень важная. И – очень "скользящая". Дело в том, что она работает в области интерпретаций. Есть данные наблюдений, есть теории. А теперь надо попытаться их "сшить" и понять, теория действительно объясняет эти наблюдения или есть какие-то вопросы, которые остаются нерешенными? И мы видим, что здесь есть вопросы, которые надо решать. Есть разночтения у разных авторов. Примерно одинаковые методы используются, а углы получаются разные. Отсутствие, например, зависимости от возраста у пульсаров не соосных и не ортогональных говорит о том, что здесь что-то не так. Либо нет этой эволюции, либо определения углов не совсем правильные, либо действительно не хватило возраста. Если у таких пульсаров средний возраст,

то они еще не обозначили эту эволюцию, не видно еще изменения этого угла с возрастом. Мне очень понравилось, как оппоненты очень неформально подошли к тому, что сделано. Потому что это очень важно. Действительно, есть проблемы в этой работе.

Но я хочу сказать, что наблюдал работу соискателя, и могу подтвердить, что Лена очень самостоятельно ко многим вопросам подошла. Она, конечно, под руководством Игоря Федоровича все это делала, это его идеи, но и она внесла свое. Еще один метод они придумали. И как выяснилось, с одной стороны он самый точный, а с другой стороны он является спорным. И тем не менее, гораздо большее число пульсаров ей удалось обработать и получить эти углы. Это очень важный момент. Статистика должна играть роль, должны получаться какие-то зависимости. И эти работы уже используются, есть на них ссылки, хотя и другие авторы пытаются находить эти же параметры. Т.е. сделан новый шаг в том направлении, чтобы понять, какова структура магнитосферы, где эти области излучения, как они с частотой располагаются и т.д. Я хочу сказать, что, наблюдая ее работу, видно, как она действительно выросла в хорошего специалиста, она инициативна, может ставить себе уже некоторые задачи и решать их. И предлагаю поддерживать ее работу.

Председатель:

Юрий Юрьевич, Вы что-то хотели сказать.

Ковалев Ю.Ю.:

Несколько слов скажу. Первое – общее утверждение, методическое. Я хотел бы обратить внимание на следующее – если я, конечно, правильно понял высказанное положение. Я не могу согласиться с утверждением, что точность оценки того или иного параметра, который определяется разными методами и в рамках разных предположений, увеличивается в случае, если вы усредняете значения этого параметра, полученного разными методами. Конечно же, это не так. Точность увеличится в том случае, если вы на основании анализа разных методов выберете тот самый, который дает вам наиболее точную оценку. Речь идет о наиболее точной оценке, которая определяется в рамках сделанных предположений. Это такое утверждение, которое мне кажется надо сделать, потому что сегодня мне показалось, что прозвучало что-то другое. Что касается самой диссертации, то, наверное, хочется поблагодарить оппонентов сегодня, которые провели громадную работу и помогли, по крайней мере, членам диссовета, которые не являются специалистами в исследовании пульсаров, сделать соответствующие выводы. Спасибо! И мне кажется, что результаты работы, несомненно, заслуживают присуждения степени кандидата физико-математических наук. Мне кажутся наиболее интересными даже не сами полученные оценки, а рассмотрение разных методов с предложением новых, которые должны иметь интересные

выходы на будущее.

Председатель:

Пожалуйста.

Из зала:

У меня вопрос. Полувопрос, полузамечание. Даже не знаю, к кому обратиться. Первичная гипотеза о том, что поле квазидипольное. Мы же работаем в обсерваториях и есть версия, что поле может быть и не дипольное, а более сложной структуры. Как на этот счет? Куда это все сдвинет? Или эта неопределенность еще более неопределенные выводы дает?

Соискатель:

На самом деле мы действительно провели такие исследования. Мы попытались посмотреть влияние квадрупольной составляющей. И она оказывается достаточно мала. И говорить о более сложных полях нет смысла. Она на результаты не влияет.

Реплика (из зала):

Этого не может быть. Имеется в виду либо дипольная, либо квадрупольная. А если и та, и другая?

В.И.Шишов:

Речь идет о том, что квадрупольное поле не годится для наблюдения, для объяснения наблюдений. Вклад его очень мал. Оно с расстоянием сильно затухает. Другой вопрос, что может быть не дипольное поле, а просто искажения в силу разных причин. Диссертант не обсуждает это. Тут стандартная модель. Хорошо, что хоть это сделано.

Соискатель:

То, что углы на разных частотах равны в пределах ошибок, как раз и говорит о дипольности поля.

И.Ф.Малов:

Это и означает, что поле дипольно.

Председатель:

Немножко это оценивалось.

Соискатель:

В диссертации это обсуждается.

Реплика (из зала):

Это, конечно, сильное утверждение. Но – нормально.

Малофеев В.М.:

Узкий диапазон, но оценка все же есть.

Председатель:

Еще вопросы?

Чугай Н.Н. (оппонент):

У меня вопрос-замечание. Можст, кто ответит. Почему используется распределение по углам, а не используется распределение по косинусам углов? Если

мы говорим о сферичности или анизотропии, то используются косинусы.

И.Ф.Малов И.Ф.:

Это при распределении яркости, но не при распределении углов.

Чугай Н.Н.:

Нет, распределение углов тоже. Если мы говорим о случайном распределении на сфере, равномерном, то это означает равномерное распределение по косинусам, а не по углам. Когда приводится распределение равномерное по углам, это ни о чем не говорит. Является ли оно действительно изотропным или случайным на сфере? Но, возможно, так принято.

Председатель

Еще, пожалуйста. Нет. Пожалуйста, заключительно слово.

Соискатель:

Я хочу выразить благодарность диссертационному совету за то, что внимательно отнеслись к моей работе, за то, что выслушали. Особая благодарность моим оппонентам за внимательное прочтение, за замечания, за поправки, которые обязательно будут учтены при дальнейшей работе. Отдельное спасибо моему научному руководителю – прежде всего за терпение, которое он проявляет при работе со мной. Спасибо всем присутствующим. И отдельная благодарность моей семье и моим друзьям за поддержку. Спасибо большое!

Председатель:

Переходим к голосованию. (Предлагается состав счетной комиссии. Счетная комиссия утверждается в предложенном составе. Объявляется перерыв на проведение тайного голосования).

Председатель (после перерыва):

Слово председателю счетной комиссии.

Председатель счетной комиссии:

зачитывает протокол счетной комиссии по вопросу о присуждении ученой степени кандидата наук Никитиной Елене Борисовне.

Результаты голосования:

Состав совета — 21

Присутствовало — 15

Роздано бюллетеней — 15

Осталось нерозданных бюллетеней — 6

Оказалось в урне бюллетеней — 15

За — 14

Против — нет

Недействительных бюллетеней — 1.

Председатель:

Прошу проголосовать. Кто за утверждение протокола счетной комиссии? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Протокол счетной комиссии утверждается единогласно. Таким образом, совет принял положительное решение по вопросу присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук Никитиной Елене Борисовне (аплодисменты).

Председатель:

Приступаем к обсуждению Проекта заключения совета. Текст Проекта у членов совета имеется. Есть ли замечания, дополнения? (Текст обсуждается и редактируется). Кто за то, чтобы принять отредактированный текст заключения? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Принимается единогласно. (Текст заключения объявляется соискателю). Заседание совета объявляется закрытым.

Председатель совета
академик РАН



Н.С. Кардашев

Ученый секретарь совета
д.ф.-м.н.
26 января 2015 г.

Ю.А. Ковалев