

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Глянцева Анатолия Владимировича «Исследование радиоисточников и крупномасштабной структуры солнечного ветра по наблюдениям межпланетных мерцаний вблизи минимума и на и на фазе роста 23/24 цикла солнечной активности»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Регистрируемые наземными радиотелескопами мерцания радиоизлучения от космических объектов несут в себе информацию как о некоторых характеристиках излучателя, так и о некоторых свойствах среды (земной ионосферы, а также межпланетной и межзвёздной плазмы), в которой радиосигнал распространяется от передатчика к приёмнику. В случае межпланетных мерцаний при сферической симметрии и не зависящих от гелиоцентрического расстояния скорости и параметрах турбулентности солнечного ветра временной спектр мощности мерцаний зависит от четырёх параметров. Это – абсолютный уровень, спектральный индекс турбулентности и скорость солнечного ветра, а ещё – угловой размер источника радиоизлучения. Первые три параметра относятся к солнечному ветру, четвёртый – к источнику мерцающего на неоднородностях межпланетной плазмы радиоизлучения. Оценки этих параметров по данным наблюдений межпланетных мерцаний дополняют другие существующие научные методы исследования солнечного ветра и угловых размеров космических радиоисточников, что расширяет инструментарий таких исследований, а расширение инструментария всегда актуально. Таким образом, актуальность темы, предложенной А.В. Глянцеву в качестве диссертационной, сомнений не вызывает.

Традиционные характеристики мерцаний (спектр и его интеграл по частоте – индекс) могут с удовлетворительной точностью быть получены лишь для достаточно сильных источников, у которых мерцания сигнала существенно превышают шумы радиотелескопа. Таких источников на небе не много. По большей части наблюдаемые источники – слабые, а их угловые размеры (от которых зависят характеристики мерцаний) для большинства таких источников неизвестны. В ПРАО АКЦ ФИАН при исследовании солнечного ветра эти проблемы обходят, оценивая средние параметры предполагающегося статистически однородным ансамбля слабых источников – участка неба фиксированной относительно Солнца площади. Если площади таких участков достаточно велики, то перемещение источников из одного участка в другой (из-за суточного вращения Солнца) не меняют свойства статистического ансамбля источников в каждом участке, так что мерцания радиоизлучения участка определяются только параметрами солнечного ветра. Для подавления зависимости таких мерцаний от чувствительности радиотелескопа используется усреднение мерцаний участка за достаточно длинный промежуток времени. В случае сферически симметричного солнечного ветра основной вклад в индекс мерцаний вносит область вблизи прицельной точки – ближайшей к Солнцу точки луча зрения (приближение фазового экрана). В свою очередь положение прицельной точки определяется элонгацией участка, и это позволяет радиозондировать солнечный ветер на разных гелиоцентрических расстояниях. А.В. Глянецев провёл наблюдения

на 16-лучевой неподвижной относительно Земли диаграмме направленности радиотелескопа БСА ФИАН, обозревая в каждый момент времени участок неба в 8° по склонению и 7^m по прямому восхождению. Один стандартный участок обозревался за 32 минуты, а за сутки просматривалось 45 стандартных участков. Усреднение индекса мерцаний участка за достаточно длинный (примерно месяц) промежуток времени минимизировало вклад в индекс корональных выбросов массы и позволило диссертанту получить зависимость индекса от гелиоцентрического расстояния. Интерпретировать полученную зависимость автору удалось лишь на качественном уровне, признав отсутствие сферической симметрии солнечного ветра в годы минимума солнечной активности, то есть допустив существенный вклад в индекс мерцаний не только окрестностей прицельной точки, но и участков повышенной плотности солнечного ветра ассоциируемых с межпланетным токовым слоем.

Впервые в мире автором обнаружен локальный максимум уровня мерцаний в направлениях, близких к антисолнечному. По мысли автора это может быть проявлением турбулентности плазмы хвоста магнитосферы либо повышением вклада ионосферных мерцаний на секундных временных масштабах.

Мониторинг мерцаний участков неба позволяет (в принципе) детектировать корональные выбросы массы. Антенна БСА ФИАН – меридианный инструмент, поэтому для регистрации увеличения индекса необходимо мониторить много участков на разных элонгациях. Для каждого участка строится эталонная зависимость индекса от элонгации (наблюдения занимают от нескольких месяцев до полугода). Если текущая оценка индекса существенно превышает эталонную, то считается, что зарегистрирован корональный выброс массы. Движущийся к Земле корональный выброс массы образует на g -карте ($g=m/m_E$, где m – текущий индекс, m_E – эталонный индекс) довольно узкие кольца и дуги. Диссертант для детектирования корональных выбросов массы сравнивал текущий индекс с индексом предыдущих суток, считая выброс зарегистрированным, если не менее чем на пяти участках отношение текущего значения индекса к его предыдущему значению превышало полтора. Годичная серия наблюдений (с июля 2011 г. по июнь 2012 г.) позволила ему заключить, что мерцания участков неба позволяют отслеживать 75% корональных выбросов массы. Оценки скорости движения выброса (по интервалу времени между моментом регистрации связанной с выбросом рентгеновской вспышки и моментом времени регистрации повышения индекса на участке неба с известной элонгацией) послужили основанием для вывода автора о том, что оценка скорости выброса, полученная по наблюдениям мерцаний, отличается от оценки скорости выброса, полученной по времени запаздывания геомагнитного возмущения по отношению к рентгеновской вспышке, не более, чем на 16%.

Радиоволны, приходящие от удалённого радиоисточника, испытывают рефракцию и дифракцию на неоднородностях солнечного ветра. В режиме слабых мерцаний основной вклад вносит дифракция на неоднородностях порядка френелевского масштаба, тогда как в режиме насыщенных мерцаний работают оба процесса; с приближением к Солнцу дифракционный масштаб уменьшается, а рефракционный - увеличивается. С ростом элонгации для источников ненулевого углового размера индекс в этом режиме увеличивается, достигает максимума

(величина которого связана с угловым размером источника при известной из независимых наблюдений скорости солнечного ветра) в переходной зоне между режимами насыщенных и слабых мерцаний, а затем в режиме слабых мерцаний уменьшается. А.В. Глянец впервые применил основанный на связи величины этого максимума и углового размера источника метод оценки последнего. Для используемого в качестве калибровочного при VLA-наблюдениях источника В0531+194 оценка А.В. Глянцева согласуется с оценками углового размера этого источника, полученными с помощью других методов, несмотря на то обстоятельство, что источник В0531+194 по прямому восхождению близок к источнику в Крабовидной туманности 3С144 – одному из самых сильных радиоисточников небесной сферы, который даёт вклад в интегральную плотность потока источника В0531+194 в боковых лепестках антенны.

Все вышеперечисленные результаты диссертанта являются оригинальными, а некоторые получены впервые в мире.

Представленные в диссертации результаты получены с использованием апробированных методов регистрации межпланетных мерцаний радиотелескопом БСА ФИАН. При обработке данных наблюдений использовался комплекс стандартных методов статистической обработки, включая фильтрацию и спектральный анализ. Оценки угловых размеров источников, полученные с помощью разработанного диссертантом метода, согласуются с оценками других авторов. Восстановленные диссертантом с помощью радиоастрономических методов скорости движения корональных выбросов массы во внутренней гелиосфере соответствуют значениям скоростей движения этих выбросов, полученных другими методами. Это обеспечивает достоверность результатов диссертации.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в том, что они будут использованы при разработке радиоастрономических методов мониторинга крупномасштабных возмущений солнечного ветра в межпланетном пространстве между орбитами Меркурия и Венеры, что внесёт вклад в разработку новых методов диагноза и прогноза космической погоды.

Остановимся на некоторых недостатках работы.

В главе 2 (Рис. 5) приведены данные для уровня мерцаний, полученные за по наблюдениям в феврале 2007-2011 гг. Здесь же (Рис. 6) приведены данные за август – сентябрь 2007-2008 г. и за сентябрь - октябрь 2009 и 2010 г. Следовало бы объяснить, по какой причине на Рис.6 (в отличие от Рис.5) не совпадают интервалы наблюдений для различных лет, а также почему отсутствуют данные за 2011 г.

В гл. 5 (Рис. 18) приведена линейная зависимость скорости выбросов между короной и областью усиления мерцаний от средней скорости между короной и орбитой Земли. В работе следовало бы отметить, что существенными отклонениями от линейной зависимости, которые наблюдаются только при больших значениях скорости во внутренних областях, можно объяснить возбуждение магнитной бури при взаимодействии магнитосферы с фланговой частью выброса.

Перечисленные недостатки ни в коей мере не снижают общей положительной оценки диссертации, в которой решена актуальная задача исследования радиоисточников и крупномасштабной структуры солнечного ветра

по наблюдениям межпланетных мерцаний вблизи минимума и на и на фазе роста 23/24 цикла солнечной активности. Новые научные результаты, полученные автором, вносят вклад в развитие представлений о крупномасштабной структуре и динамике внутренней гелиосферы. Результаты диссертации можно рекомендовать для опробования в ПРАО АКЦ ФИАН и в ИПГ при диагностике состояния межпланетной среды между орбитами Меркурия и Венеры.

Результаты диссертации автор опубликовал в 17 печатных работах (7 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК) и докладывал на всероссийских и международных научных конференциях.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, отвечающую требованиям положения ВАК о порядке присуждения научным работникам учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Глянец Анатолий Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звёздная астрономия.

Заведующий лабораторией магнитосферы
ФГБУ «ИПГ»
д.ф.-м.н.

Ю.В. Писанко

Подпись Ю.В. Писанко заверяю

Учёный секретарь ФГБУ «ИПГ»
к.ф.-м.н.

Е.Н. Хотенко