

## ОТЗЫВ

официального оппонента Андрея Михайловича Соболева – кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника, и.о. директора, заведующего отделом астрофизики и физики Солнца астрономической обсерватории УрФУ - о диссертации Баяндиной Ольги Сергеевны "СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЯРНОГО МАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГАЗО-ПЫЛЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ МЛЕЧНОГО ПУТИ", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия).

Исследование процессов образования звезд и планет является одной из важнейших задач современной астрофизики. Рассматриваемое в диссертации излучение на мазерных переходах формируется в областях формирования звезд и планет. За последние годы интерес к этим объектам возрос многократно в связи с вводом в строй новых наблюдательных средств (ALMA, NOEMA и др.), модернизацией инструментов (e-MERLIN, EVLA и др.), проведением обзоров неба в инфракрасной области (MSX, Spitzer, HERSCHEL, WISE и др.) и появлением новых методов наблюдений, включая интерферометрию с космическим плечом (VSOP, РадиоАстрон). Проводятся многочисленные обзоры мазерных источников (MMB, HOPS, MALT-45 и др.) и связанных с ними объектов.

Таким образом, выносимые на защиту результаты

- 1) модифицированный каталог метанольных мазеров I класса и его новая электронная версия, доступная в режиме online,
- 2) оценки параметров магнитных полей по наблюдениям в мазерных линиях гидроксила (OH),

3) результаты обзора метанольных мазерных источников, ассоциирующихся с инфракрасными «протяженными зелеными объектами» (EGO) в линии OH на 1720 мГц, и

4) обзор 24-х EGOs в мазерной линии H<sub>2</sub>O на волне 1.35 см на РТ-22

Пушинской радиоастрономической обсерватории, безусловно, актуальны.

Диссертация состоит из Введения, четырех глав и Заключения. Во Введении представлено краткое описание диссертации, включающее актуальность темы работы и анализ современного состояния исследований, цели и задачи, отмечена научная новизна и практическая ценность работы, перечислены основные результаты диссертации, отмечены личный вклад автора в получение результатов, апробация, перечислены публикации по теме диссертации, ее структура, объем.

Глава I посвящена новой версии каталога метанольных мазерных источников I класса в областях звездообразования. Существенным преимуществом новой версии каталога является наличие информации о связанных с мазерными источниками объектах инфракрасного излучения, взятых из каталогов, полученных по результатам космических проектов MSX и Spitzer.

В диссертации сообщается о том, что каталог посвящен областям звездообразования и содержит не все известные в данный момент метанольные мазерные источники I класса, поскольку авторы сознательно не включили в рассмотрение результаты обзора метанольных мазеров на 95 гГц в направлении на «протяженные зеленые объекты» (EGO), опубликованного в работе Chen et al. (2011). Это представляется не совсем верным, поскольку многие новые обнаружения из этого каталога имеют прямое отношение к областям звездообразования. Кроме этого, на странице 19 делается неверное утверждение: «Заметим, что даже слепые систематические обзоры Галактической плоскости (англ. «blind-survey») с целью поиска сИММ никогда не проводились». В действительности, слепой обзор метанольных мазеров I класса на частоте 44 гГц проведен в области размером 5 квадратных

градусов и опубликован в работе Jordan et al. (2015). Поэтому созданный в работе каталог не является полным и однородным. Тем не менее, этот каталог может быть использован для целеуказания, что с успехом было проделано в других частях работы.

Глава II посвящена определению параметров магнитного поля в окрестностях метанольных мазерных источников. Эти параметры были с успехом определены для 7 источников, содержащих в окрестностях метанольные мазеры различных классов. Параллельно получены выводы о возможной ассоциации мазеров гидроксила и метанола.

Глава III посвящена наблюдениям радиолинии OH с частотой 1720 мГц на одиночном 70-м телескопе в Евпатории (18 источников, связанных с EGO) и интерферометре VLA в США (100 источников). На VLA совместно с линией OH на 1720 мГц наблюдались еще 4 линии: 3 линии OH на 1612, 1665 и 1667 мГц и линия HI. В работе анализируются данные интерферометрических наблюдений для 20 объектов, связанных с EGO. Эмиссия в линиях гидроксила обнаружена в 10 объектах. При этом линия на 1720 мГц зарегистрирована только в одном источнике, что контрастирует с результатами наблюдений на 70-м телескопе, где линия была зарегистрирована в большинстве источников. Важным результатом этой работы являются относительные положения мазеров гидроксила, метанола, воды и точечных инфракрасных источников. Сделан вывод о том, что метанольные мазеры I класса расположены дальше от источника возбуждающего излучения, чем скопления мазеров OH и мазеров метанола II класса. Данный вывод согласуется с современной теорией.

Глава IV посвящена наблюдениям водяных мазеров в направлениях на метанольные мазерные источники I класса на однозеркальном телескопе РТ-22 в Пушино (22 источника) и комплексах радиотелескопов, наблюдавших объект IC 1396 N в рамках космического проекта РадиоАстрон. В ходе наблюдений в Пушино было зарегистрировано мазерное излучение в линии воды в направлении 11 источников, связанных с EGO, приведены описания характеристик зарегистрированных источников.

Проведены обработка и анализ наблюдательных данных, полученных в ходе РСДБ наблюдений IC 1396 N на наземных базах. К сожалению, на данный момент не удалось зарегистрировать источник на наземно-космических базах.

В Заключении воспроизведен пункт автореферата, описывающий результаты, выносимые на защиту.

Диссертационная работа Баяндиной поражает своим масштабом: данные получены как на однозеркальных инструментах крупного и среднего размера, так и на крупных интерферометрах, включая космический проект РадиоАстрон, получены и обработаны данные по огромному количеству источников, при этом применялись различные способы получения данных (обзоры и мониторинг на однозеркальных инструментах, наблюдения на фазированном интерферометре и методом РСДБ) и обработки данных, проведены обзоры данных по объектам наблюдений и создана версия каталога. Обработка проведена аккуратно и качество полученных данных очень высокое. Существует несомненная уверенность, что Ольга Сергеевна Баяндина является чрезвычайно ценным и опытным специалистом в области наблюдательной радиоастрономии.

Примечательно, что работа была проведена как на инструментах, расположенных на территории Российской Федерации (70-м телескопе в Евпатории и 22-м телескопе Пушинской обсерватории), так и на ведущих зарубежных инструментах (VLA). Важным представляется участие автора в российском космическом проекте «РадиоАстрон». При помощи всех использованных инструментов получены значимые научные результаты.

При положительной оценке работы в целом считаю необходимым отметить ряд существенных недостатков. Они, прежде всего, относятся к небрежному отношению к тексту и вольному обращению с терминами и формулировками.

Название работы "СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЯРНОГО МАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГАЗО-ПЫЛЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ МЛЕЧНОГО ПУТИ" плохо отражает суть работы и содержит термин «газо-пылевые комплексы», имеющий отличный от общепринятого смысл. В тексте автореферата этот

термин никак не поясняется, но из текста диссертации становится ясным, что речь идет об объектах с размерами порядка 0.01 - 1 парсек, в то время как под газо-пылевыми комплексами Млечного Пути обычно понимаются гигантские молекулярные облака - объекты с характерными размерами в десятки и сотни парсек.

На странице 3 автореферата приведена трактовка данных обзоров по молекулярным облакам, содержащая непонятные фразы (например, «Случайными первичными возмущениями осуществляются пробы эволюции, которые изначально приводят к возникновению неоднородностей среды.»), неверные перевод английских терминов («скопления (англ. clumps)») и неверные утверждения («наблюдаются как темные туманности, в радиодиапазоне их можно зафиксировать только в линии молекулы CO (J=1-0) на волне 2.6 мм»).

На странице 19 автореферата приведено неверное утверждение «Отклик от источника был обнаружен на проекциях баз >2.3 диаметров Земли». Неверность этого утверждения ясна специалисту из следующей части предложения: «...что указывает на нижний предел на размер мазера...». Эта ошибка исправлена в тексте диссертации.

В описаниях механизмов накачки присутствуют неопределенности и ошибки. Приведем ряд несоответствий, присутствующих на страницах автореферата: .....1. На странице 4 делается утверждение о том что механизм накачки метанольных мазеров II класса является радиативно-столкновительным: Это утверждение противоречит современной теории, не обсуждается и не подкреплено ссылками.

2. В наименованиях механизмов накачки отсутствует согласованность: если для механизма накачки метанольных мазеров II класса используется идентификация по источнику и стоку энергии («радиативно-столкновительная накачка», стр.4), то механизм накачки метанольных мазеров I класса называется «чисто столкновительным» (стр.23-24), т.е. без указания природы стока энергии.

На странице 25 приведен термин «межзвездный аккреционный диск», что по смыслу значительно контрастирует с общепринятым русскоязычным термином «околозвездный аккреционный диск».

Чрезвычайно желательно, чтобы культура использования терминов, названий, формулировок понятий и явлений соответствовала высокой культуре проведения наблюдательных исследований, проявленной в данной диссертации.

Перечисленные замечания не имеют принципиального характера и не меняют положительной оценки работы. Диссертационная работа Баяндиной Ольги Сергеевны "СВОЙСТВА МОЛЕКУЛЯРНОГО МАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГАЗО-ПЫЛЕВЫХ КОМПЛЕКСАХ МЛЕЧНОГО ПУТИ" удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия, а ее автор Баяндина Ольга Сергеевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области исследований межзвездной среды и объектов звездообразования, радиоастрономии и могут быть использованы в АКЦ ФИАН, УрФУ, ГАИШ МГУ, ИНАСАН, ИПФ РАН, ВолГУ, ЧелГУ и др. Результаты исследований опубликованы в журналах, перечень которых утвержден ВАК; автореферат соответствует содержанию диссертации.

Исполняющий обязанности директора,  
заведующий отделом астрофизики и физики Солнца  
Астрономической обсерватории УрФУ,  
к.ф.-м.н., с.н.с. А.М. Соболев  
03 мая 2016 года