

ОТЗЫВ официального оппонента  
на диссертацию Безногова Михаила Викторовича  
«Тепловая эволюция нейтронных звезд с аккреционными оболочками»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.02 – Астрофизика и звездная астрономия  
(отрасль наук: «физико-математические/технические»)

Темой диссертации является исследование тепловой эволюции нейтронных звезд и некоторых ключевых физических процессов, имеющих отношение к такой эволюции. Основные полученные результаты касаются свойств оболочек нейтронных звезд с разным химическим составом, свойств астрофизической плазмы (в первую очередь в приложении к компактным объектам), а также свойств популяций одиночных и двойных нейтронных звезд, для которых определены параметры, касающиеся их тепловой эволюции. Кроме того, некоторые полученные теоретические результаты использованы для анализа и описания свойств пульсара Вела.

Все полученные (и приведенные в диссертации) результаты представляют большой интерес, как для астрофизики, так и для физики плазмы. Уровень проделанной работы соответствует мировому.

Важным достоинством результатов гл. 5 (статистический анализ популяций) является одновременное использование данных и по одиночным остывающим, и по двойным аккрецирующим нейтронным звездам. Это позволяет провести более полный анализ условий в недрах компактных объектов.

Основные недостатки представленной диссертации, на мой взгляд, связаны с недоучетом некоторых эффектов или с недостаточно полным анализом. Однако в основном все соответствующие предположения, ограничения и упрощения аккуратно обсуждены самим автором диссертации, что демонстрирует хорошее понимание им проблематики данной области астрофизики. В первую очередь это касается необходимости использования количественных статистических критериев вместо «оценки на глаз» в используемом статистическом методе (гл. 5), а также необходимости учитывать эффекты селекции при анализе свойств популяций нейтронных звезд (гл. 5).

Небольшие замечания касаются отсутствия описаний и аргументации для ряда сделанных предположений. Так, например, утверждение о том, что группа транзиентных аккрецирующих нейтронных звезд, использованная в гл. 5, является «единой популяцией», нуждается в дополнительной аргументации. К примеру, темп средней аккреции в этих источниках меняется на три порядка (см., например, рис. 5.8). Насколько при этом популяцию можно считать единой следует обсудить в тексте или привести соответствующие ссылки, если таковое рассмотрение ранее приводилось в литературе.

Также вызывает вопрос использованное распределение по массам для аккрецирующих нейтронных звезд. Казалось бы, более естественным было бы или взять наблюдаемое распределение для компактных объектов в родственных системах, или взять нормальное начальное распределение нейтронных звезд и

добавить к нему нааккрецированную массу, которая также имела бы нормальное (гауссово) распределение. Как бы то ни было, причины сделанного выбора (лог-нормальное распределение) автором не поясняются и ссылок на аргументацию в пользу такого выбора не приводится.

Перечислим также несколько мелких замечаний, в основном касающихся изложения материала диссертации.

Хотелось бы увидеть авторские пояснения относительно выбора пар элементов при анализе свойств плазмы (бинарных смесей ионов). В первую очередь это касается пары кислород-селен (которая не прилагается собственно к оболочкам нейтронных звезд), но также хотелось бы увидеть пояснения относительно пары углерод-железо (которая уже используется в приложении к компактным объектам).

Некоторые термины, как мне кажется, не являются общеупотребимыми, и при первом упоминании следовало бы указать английский вариант написания. В первую очередь это относится к «окружному радиусу».

На стр. 82 автор делает утверждение, что «Вела – самая холодная изолированная звезда для своего возраста». Во-первых, следует уточнить, что речь идет об объектах с хорошо измеренными возрастами и температурами (есть источники со сравнимыми возрастами, но лишь с верхними пределами на температуру, и какие-то из них могут быть холоднее). Во-вторых, из приведенной автором таблицы следует, что PSR B1706-44 в пределах ошибок может быть холоднее Велы. Поэтому утверждение на стр. 82 кажется слишком жестким для того, чтобы быть абсолютно точным.

Небольшое терминологическое замечание касается термина «популяционный синтез». На самом деле, это весьма широкое понятие (см. обзор Попов, Прохоров, УФН, 177, 1179 2007 г.). Т.о., использованный статистический метод формально можно рассматривать как вариант популяционного синтеза, не противопоставляя эти подходы.

Чтению немного мешает то, что значок «солнца» (в первую очередь при обозначении масс) не сделан нижним индексом, как это обычно принято.

Наконец, в диссертации встречаются опечатки, некоторые из которых довольно забавны (например, «былые карлики» или «Ландау & Лифшиц»).

Сделанные замечания ни в коей мере не умаляют достоинств работы и не влияют на основные полученные результаты, их значимость и достоверность.

Результаты диссертации опубликованы в ведущих международных журналах, доложены на представительных конференциях, и, т.о., хорошо известны мировому научному сообществу. Некоторые работы, несмотря на то, что они были опубликованы лишь недавно, уже хорошо цитируются.

В диссертации автор продемонстрировал прекрасное понимание не только физики нейтронных звезд, но и ряда важных астрофизических проблем, встающих при изучении компактных объектов. Диссертантом показано владение различными методами теоретических исследований.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Подводя итог, можно с уверенностью констатировать, что диссертация Михаила Викторовича Безногова «Тепловая эволюция нейтронных звезд с аккреционными оболочками» соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а автор безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия.

Официальный оппонент

профессор РАН,  
доктор физико-математических наук  
ведущий научный сотрудник  
Государственного Астрономического  
Института им. П.К. Штернберга  
Московского Государственного  
Университета им. М.В. Ломоносова

Адрес: 119234, Москва, Университетский проспект 13  
эл. почта: [polar@sai.msu.ru](mailto:polar@sai.msu.ru)  
тел.: +7 495 9395006

С.Б. Попов

*Сергей Борисович Попов  
отдел Релятивистской  
астрофизики.*

Подпись в.н.с. ГАИШ МГУ С.Б. Попова заверяю

28 ноября 2016 года

Директор ГАИШ МГУ  
академик РАН, профессор

А.М.Черепашук