

## ОТЗЫВ

официального оппонента **А.Б. Струминского** на диссертацию **С.А. Стародубцева**

**«Флуктуации интенсивности космических лучей**

**в 11-летнем цикле солнечной активности»**

на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

по специальности 01.03.03 – Физика Солнца.

Природа флуктуаций интенсивности космических лучей является фундаментальной и нерешенной проблемой физики космических лучей (КЛ). До сих пор не разработана единая теория связи спектров КЛ со спектрами флуктуаций межпланетного магнитного поля (ММП), наблюдения флуктуаций КЛ еще не в полной мере используются для предсказания космической погоды.

Диссертация С.А. Стародубцева посвящена комплексному анализу наблюдений флуктуаций КЛ и ММП. Тему диссертационной работы нужно признать актуальной, а проведенные исследования считать своевременными.

Диссертация состоит из Введения, восьми Глав, Заключения и Списка Литературы. Сначала я коротко остановлюсь на содержании каждой из глав и моем их восприятии в контексте всей работы, далее сформулирую общие замечания по работе в целом.

**Глава 1** описывает современное состояние Якутского спектрографа космических лучей. Роль диссертанта в восстановлении и поддержании работы якутского спектрографа хорошо известна, результаты работы регулярно докладываются на всероссийских и международных конференциях, публикуются в реферируемых журналах. На материалах Главы 1 базируется **первое защищаемое положение** – создание модернизированного спектрографа КЛ, которое я полностью поддерживаю. На мой взгляд, Глава 1 могла бы быть обобщением всех экспериментальных данных, используемых в работе, если бы включила в себя описание спутниковых данных по КЛ и ММП.

**Главы 2** является обзором исследований интенсивности космических лучей, и не содержит положений, выдвигаемых на защиту. Под флуктуациями космических лучей автор подразумевает изменения их интенсивности с характерными временами менее нескольких часов. Этот материал мог быть частью Введения. К сожалению не все работы, проводящиеся в настоящее время, попали во внимание диссертанта, например, исследования, проводящиеся на мюонном годоскопе в МИФИ.

**Глава 3** представляет собой обсуждение методических вопросов исследования флуктуаций в КЛ. Отмечу, что диссертант практически не остановился на обсуждении таких важных, на мой взгляд, вопросов как неоднородность используемых временных рядов, различие собственного фона детекторов, флуктуации фона. Например, далее в параграфе 5.7 диссертантом сделан вывод о влиянии магнитосферы Земли на флуктуации КЛ с энергией  $<100$  МэВ по данным КА GOES. Однако детекторы GOES предназначены для патрульных измерений интенсивности солнечных космических лучей (СКЛ). Фон этих детекторов очень высокий и не имеет отношения к реальной интенсивности КЛ. Может быть, поэтому у данных GOES нет зависимости от фазы цикла солнечной активности?

**Глава 4** посвящена исследованиям природы флуктуаций КЛ. На мой взгляд, только раздел 4.4.2 базируется на достаточном статистическом материале, во всех остальных параграфах Главы 4 описаны результаты исследований отдельных событий, чей выбор выглядит достаточно случайным. Однако это не умаляет вывод диссертанта, что флуктуации интенсивности КЛ вызваны быстрыми магнитозвуковыми волнами (**второе защищаемое положение**).

**Глава 5 и Глава 6** – содержат главный результат диссертации, который заключается в том, что установлены изменения спектра флуктуаций КЛ в ходе цикла солнечной активности и предложено качественное объяснение этих наблюдений (**третье защищаемое положение**). Это новое, ранее не известное физическое явление, обнаруженное диссертантом.

В **Главе 7** исследуются изменения энергетических спектров Форбуш-понижений в ходе 11-летних циклов СА. Диссертантом обнаружено, что в 23-ем солнечном цикле спектры Форбуш-понижений жестче, чем в трех предыдущих (**четвертое защищаемое положение**). Вывод основывается на анализе данных 13 станций мировой сети нейтронных мониторов, однако эта сеть значительно шире. Возможно, выбор именно этих 13 станций обусловлен наличием данных для различных событий и их характеристиками, но этот вопрос в диссертации не обсуждается. Что будет, если количество станций будет больше или меньше?

В **Главе 8** описан метод предсказания космической погоды, предложенный автором (**пятое защищаемое положение**). Я не могу согласиться с тем, что автор предоставил в диссертации достаточные доказательства его работоспособности. Утверждается, что достоверность метода составляет 70%, однако в диссертации нет ни списка событий, ни результатов их прогноза. Автор утверждает, что первый эксперимент по прогнозу космической погоды по описанной методике проводился в декабре 2006 г. Однако анализ событий 2006 г. проведен слишком бегло, из материалов автора так и не ясно, что именно им было предсказано. Солнечные вспышки 5 и 14 декабря и их последствия вообще не обсуждаются! Я не могу полностью поддержать **пятое защищаемое положение**.

Обращает на себя внимание огромный объем проделанной работы по анализу данных различных космических и наземных экспериментов. Однако это несомненное достоинство диссертации является и ее недостатком, т.к. большой объем рассматриваемого материала затрудняет целое и общее восприятие работы.

**Мои общие замечания по тексту диссертации и автореферата следующие:**

- 1) Структура диссертации и разбивка материала по главам не соответствует общепринятой для наблюдательной работы. На мой взгляд, восприятие работы значительно облегчилось бы, если порядок был таким – введение, постановка задачи, описание экспериментальных данных, методы их обработки, обсуждение результатов и выводы. В этом случае количество глав диссертации сократилось бы до 4-5.
- 2) Диссертация во многом представляет собой цикл работ диссертанта, объединенных общей идеологией, который публиковался 20 лет. К сожалению, не все работы были продолжены, во многих случаях отсутствуют подтверждения выводов диссертанта, основанные на данных последних циклов солнечной активности.
- 3) Во многих местах диссертант подчеркивает, что наблюдения и сделанные на их основе выводы соответствуют точкам вблизи Земли. Однако Земля не является выделенной точкой, и выводы должны носить более общий характер. Диссертация бы выиграла, если бы было обсуждено, в каких областях гелиосферы справедливы сделанные выводы.

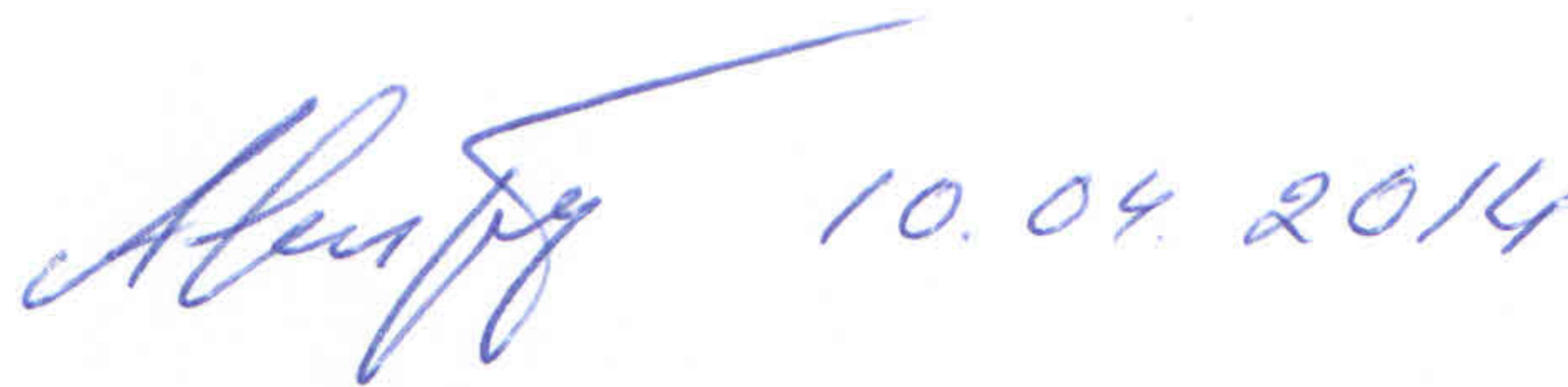
4) При чтении текста диссертации было достаточно неудобно пользоваться ссылками в виде порядковых номеров. Указание первого автора и года публикации позволило бы легче выстроить хронологию работ. Непонятно зачем в списке литературы после номера статьи указывается ее первый автор, а в конце - полный список авторов.

Несмотря на сделанные замечания, считаю, что диссертационная работа С.А. Стародубцева заслуживает высокой оценки. Автореферат полно и правильно отражает содержание и основные результаты диссертации. Исследования, обобщенные в диссертации, хорошо известны научной общественности и получили широкое признание. Они опубликованы в ведущих научных изданиях и неоднократно докладывались на Всероссийских и международных конференциях.

Проведенные диссертантом аналитические исследования позволили перевести на новый уровень обобщение наблюдательных фактов. Они могут служить основой для постановки задач будущих космических и наземных экспериментов. Совокупность положений, разработанных диссертантом, можно квалифицировать как новое крупное научное достижение. На основании вышеизложенного, считаю, что диссертация А.С. Стародубцева удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук,  
доцент,  
ведущий научный сотрудник ИКИ РАН,

А.Б. Струминский



*А.Б. Струминский* 10.04.2014

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт космических исследований РАН,  
ул. Профсоюзная 88/32, Москва, 117810  
телефон: +7(495) 333-52-12  
факс +7(495) 333-12-48  
e-mail: [astrum@iki.rssi.ru](mailto:astrum@iki.rssi.ru); [astruminsky@gmail.com](mailto:astruminsky@gmail.com)

Подпись А.Б. Струминского заверяю

Ученый секретарь ИКИ РАН,  
д.ф.-м.н.



А.В. Захаров