

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сысоева Артема Андреевича «Исследование физических механизмов инициации молниевых разрядов и распространения ступенчатого отрицательного лидера молнии», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Начиная отзыв об этой диссертации, хочется специально остановиться на возможности различного понимания ее **актуальности**, хотя сама по себе актуальность очевидна и сомнений не вызывает. Безусловно, молния – опасное явление природы, так что желание разобраться в его природе и по мере сил препятствовать его негативным последствиям имеет очевидную актуальность. Об этом справедливо написано в диссертации. Мне бы, однако, хотелось остановиться на другом аспекте актуальности данной проблемы. Актуальность часто бывает связана не только с узко понимаемыми прагматическими интересами, но и с внутренним развитием общества. В этом смысле для моего поколения был очень важен роман Даниила Гранина «Иду на грозу», построенный на той же научной проблематике, что и диссертация. Конечно, за ней стояло обсуждение важных общественных вопросов, однако сама проблема осталась обозначенной как далекая от разрешения тайна природы, пути понимания которой еще предстоит найти в каком-то неопределенном будущем. Приятно констатировать, что в оппонируемой диссертации это будущее наступило, многое из загадочного и неясного в проблеме образования молний стало понятным. Этот факт хочется сопоставить с известным местом из замечательных лекций Фейнмана, где после описания впечатляющих успехов электродинамики напоминает, что все дело началось с вопроса об электризации палочки из янтаря и об искрах в шкуре кошки, а про это современная наука не говорит почти ничего нового. Видно, что не все так пессимистично, так что наука постепенно разъясняет и извечные тайны. Наличие такого очевидного достижения, конечно, очень хорошо характеризует диссертацию и по существу решает положительно вопрос о присуждении искомой степени.

Перейдем к более детальной оценке работы.

В качестве конкретной **цели своей работы** автор избирает (если от-

влечься от деталей) решение вопроса о том, как может образоваться молния, т.е. электрический разряд между облаком и поверхностью Земли, хотя имеющееся максимальная напряженность электрического поля внутри грозового облака существенно ниже диэлектрической прочности воздуха. Предлагаемое решение этой проблемы очень современно и **интересно** методологически. Традиционная теоретическая физика предлагает в подобных случаях сравнительно простые схемы, включающие какое-нибудь одно явление. **Новизна** предлагаемого подхода состоит в том, что разрешение избранной проблемы предлагается в виде достаточно сложной цепочки взаимосвязанных явлений, каждое из которых по отдельности недостаточно для понимания сути дела. Это, конечно, очень современная точка зрения. Говоря в общем, предлагается, что необходимая энергия набирается не в одном акте взаимодействия определенного типа, а в цепочке разнородных (хотя и связанных друг с другом) актов взаимодействия. Подобный подход интересен, конечно, совсем не только для данной работы, но и может **применяться** для решения различных задач электродинамики сплошных сред. В этом же русле, например, лежат некоторые современные идеи о природе вспышек на Солнце. Нет сомнения, что подобные идеи, приходящие из различных областей науки, будут взаимно обогащаться и дополнять друг друга.

Конечно, такая фундаментальная новизна подхода не может быть достигнута и в полной мере реализована на уровне кандидатской работы. Диссертант справедливо указывает, что генеральная идея принадлежит научному руководителю. Однако между общим пониманием подхода и его конкретной реализацией лежит, как известно, большое расстояние, которое, как не оставляет сомнения текст диссертации, пройдено самим диссертантом или, в каких-то деталях, при его самом активном участии. Совершенно очевидно, что решение подобных проблем одним исследователем сейчас нереально. Однако приведенные работы разумным образом расставляют акценты в плане приоритета. Есть работы, в которых диссертант является первым автором. Среди них есть и работа в очень престижном журнале. Есть и работа, написанная лишь диссертантом. Итак, **личный вклад** диссертанта хорошо выделен в работе и представляется убедительным.

Сформулированные автором защищаемые положения убедительны и ясны, что обеспечивает их **обоснованность и достоверность**.

Перечислю некоторые конкретные результаты, которые кажутся мне наиболее выигрышными.

Во-первых, мне кажется очень правильным сочетание подробно разработанной на поле теоретической физики физической модели и дополнение ее численной моделью, подтверждающей сформулированные идеи на уровне вычислительной физики. Это, безусловно, очень современный и выигрышный подход.

Очень красиво выглядит схема процесса инициации молнии как ряда последовательных переходов на все большие пространственно-временные масштабы. Этот переход описан подробно и тщательно.

Сформулированы два условия, необходимые для инициации молнии в грозовом облаке, а именно, достаточно высокая пространственно-временная частота сближений гидрометеоров и, конечно, определенные требования к разности потенциалов. Важно, что эти требования не являются какими-либо экстремальными и выглядят выполнимыми в стандартных грозовых облаках. Надо сказать, что как только что-то сформулировано ясно и убедительно, то возникает желание усилить эту формулировку. В данном случае немедленно хочется спросить, являются ли эти необходимые условия и достаточными и в каком смысле (молния возникает немедленно по разумным временным масштабам по их выполнении или это вероятностный процесс, который занимает некоторое более-менее протяженное время, которое можно рассматривать как случайное).

Очень убедительно детальное описание полного цикла формирования ступени отрицательного лидера молнии, а также утверждение о природе ступенчатого характера развития отрицательного лидера из-за асимметрии пороговых полей распространения положительных и отрицательных стримеров.

Отмечу, что диссертация написана хорошим русским языком. Ее приятно и легко читать, хотя она рассказывает об очень непростых явлениях.

Остановлюсь на части работы, посвященной математическому моделированию. Отмечу прежде всего, что если смотреть на работу с точки зрения выделения математического моделирования, то один из параграфов первой главы лучше было бы перенести во вторую главу. Однако само по себе математическое моделирование проведено в лучших традициях

подобных работ. Автор хорошо и ясно объясняет, что и как он моделирует и в чем смысл рассматриваемых моделей. За деталями численного подхода не тонет, как это, к сожалению, часто бывает, физический смысл проводимых расчетов.

Результаты диссертации прекрасно опубликованы в ведущих международных журналах.

Мне кажется, что в работах, которые, подобно данному исследованию, представляют целостную концепцию ранее непонятого явления, довольно бессодержательно формулировать отдельные предложения по возможному развитию или уточнению каких-то деталей – просто потому, что такая работа представляет интерес прежде всего как целое. Поэтому, формулируя замечания, я сосредоточусь на **недостатках** представления. Такие недостатки есть и, как это часто бывает, они являются продолжением ее достоинств. Диссертация написана очень свободно, ориентируясь на доступность текста для читателя. Поэтому читать диссертацию легко, но зато она несколько отклоняется от стандартов написания кандидатских диссертаций, а именно:

1. В диссертации 2 главы. Они сгруппированы в интересах читателя – первая глава – формулировка развернутого сценария, вторая – его подтверждение данными моделирования. Это логично, но диссертации принято писать так, чтобы их структура хотя бы в нулевом приближении соответствовали опубликованным работам, а это предполагает, что в диссертации должно быть 3 – 4 главы. Ничего не стоит немного перекomпоновать этот текст так, чтобы удовлетворить этому формальному требованию, но автор пренебрегает этим.

2. Понятно, что текст диссертации построен на основе обратного перевода английского текста. При этом лучше не только перевести сам текст, но и приспособить представление к стандартам отечественного книгопечатания – писать слова типа рис. и табл. с маленькой буквы, если, конечно, они не стоят в начале фразы. Этого не сделано.

Это, конечно, мелочи, но, продвигая свою концепцию в широкие круги исследователей, лучше позаботиться и о мелочах.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация А.А. Сысоева отвечает всем требованиям, предъявляемым

к кандидатским диссертациям по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы, а ее автор, А.А. Сысоев, несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
доктор физико-математических наук
по специальности 01.01.03 -
математическая физика,
профессор
кафедры математики
физического факультета
Московского государственного
университета имени М. В. Ломоносова

Д. Д. Соколов

17.11.2020

Контактная информация:

Соколов Дмитрий Дмитриевич,
доктор физико-математических наук,
профессор
физический факультет

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1
тел.: +7(495)4254526, e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

Подпись доктора физ.-мат. наук, профессора Д. Д. Соколова заверяю

Декан
физического факультета
Московского государственного
университета имени М. В. Ломоносова
профессор



Н. Н. Сысоев

18.11.2020