

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на диссертацию Артема Андреевича Сысоева
"Исследование физических механизмов инициации молниевых разрядов и распространения ступенчатого отрицательного лидера молнии",
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа А.А. Сысоева объединила результаты исследований, начатые соискателем ещё в студенческие годы и завершённые им в период обучения в аспирантуре Института прикладной физики РАН, куда А.А. Сысоев был принят в 2016 году после окончания с красным дипломом магистратуры факультета «Высшая школа общей и прикладной физики» ННГУ им. Н.И. Лобачевского по направлению подготовки 03.04.02 «физика». Благодаря целеустремлённости и высокой работоспособности соискателя представленная работа охватывает результаты глубокого изучения двух наиболее трудных вопросов атмосферного электричества: проблемы инициации атмосферного пробоя и распространения ступенчатого отрицательного лидера молнии. Надо отметить, что обе эти задачи открывают список десяти наиболее важных нерешённых проблем атмосферного электричества. В последние десятилетия в России и за рубежом интенсивно развиваются экспериментальные и теоретические исследования в области атмосферного электричества вообще и искрового разряда в частности, расширяется сеть наземных и спутниковых измерительных комплексов. Однако, несмотря на длительную и плодотворную историю экспериментальных и теоретических исследований искровых и молниевых разрядов, физические механизмы, отвечающие за инициацию атмосферного пробоя и ступенчатое распространение отрицательных лидеров, до сих пор не найдены. Важно подчеркнуть, что трудность задачи не испугала молодого исследователя, а, наоборот, послужила мотивацией активной работы соискателя. Среди важнейших результатов диссертации, выполненной А.А. Сысоевым в рамках специальности 25.00.29 «физика атмосферы и гидросферы» я бы особо отметил следующие:

Показано, что учёт отлипания электронов от отрицательных ионов заметно понижает пороговое поле пробоя воздуха, причём влияние данного эффекта усиливается с увеличением высоты над уровнем моря. Предложен сценарий, согласно которому процесс инициации молнии представляет собой ряд последовательных переходов разрядной активности на всё большие пространственно-временные масштабы: сначала происходит переход от мелкомасштабных коронных разрядов, возникающих при столкновениях (сближениях) гидрометеоров, к метровым стримерным разрядам, после чего коллективное взаимодействие биполярных стримерных систем приводит к формированию лидерного канала длиной в десятки метров. При этом промежуточным звеном при переходе от электронных лавин к стримерам являются дециметровые области повышенной ионной проводимости, повсеместно возникающие в объёме грозового облака как конечный результат развития и взаимодействия центров ионизации, представленных коронными разрядами на сближающихся гидрометеорах.

Показано, что для инициации молнии в грозовом облаке необходимо выполнение двух основных условий: (1) пространственно-временная частота столкновений (сближений) гидрометеоров, приводящих к образованию коронных разрядов, должна превышать порог, равный $0.1 \text{ м}^{-3}\text{с}^{-1}$; (2) разность потенциалов между границами активной зоны облака, ориентированными перпендикулярно внешнему электрическому полю, должна быть не меньше, чем 3 МВ. Поскольку предлагаемый в работе механизм инициации молнии не требует выполнения каких-либо экстремальных для типичного грозового облака условий, он является более предпочтительным по сравнению с другими гипотезами.

В диссертационной работе детально воспроизведён полный цикл формирования ступени отрицательного лидера молнии с учётом возникновения на границе его

стримерной короны пространственных стемов – специфических плазменных образований – и трансформации части из них в пространственные лидеры. Показано, что ступенчатый характер развития отрицательного лидера обусловлен асимметрией пороговых полей распространения положительных и отрицательных стримеров. Исследовано формирование пространственных стемов, которое происходит на периферии стримерной зоны отрицательного лидера.

При работе над диссертацией А.А. Сысоеву помогли его разносторонние знания в области физики плазмы, динамики сложных систем и стохастической геометрии. Полученные в диссертации результаты и разработанные пакеты прикладных программ, касающиеся развития различных типов молниевых разрядов открывают широкие перспективы для дальнейших исследований в области атмосферного электричества, параметризации активной атмосферы и совершенствования методов описания сложных геофизических систем.

Материалы диссертации А.А. Сысоева опубликованы в наиболее престижных рецензируемых журналах по направлению исследований, неоднократно представлялись на международных и всероссийских конференциях и получили заслуженное признание научной общественности. За годы работы над диссертацией А.А. Сысоев проявил себя как талантливый и разносторонний исследователь, стал опытным и квалифицированным специалистом способным к плодотворной самостоятельной работе в области физики атмосферы. Журналы уровня Q1 по атмосферной тематике приглашают А.А. Сысоева в качестве рецензента, что свидетельствует о его авторитете и высоком экспертном уровне в данной предметной области. На мой взгляд, А.А. Сысоев несомненно заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 - физика атмосферы и гидросферы.

доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник ИПФ РАН

Д.И. Иудин

06.10.2020

603950, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46
e-mail: iudin@ipfran.ru
тел. (831) 432 91 09

Подпись Д.И. Иудина удостоверяю
Учёный секретарь ИПФ РАН
кандидат физико-математических наук



И.В. Корюкин