

## ОТЗЫВ

официального оппонента В.Б. Иванова на диссертацию А.В. Тащилина «Формирование крупномасштабной структуры ионосферы в спокойных и возмущенных условиях», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы

Диссертационная работа А.В. Тащилина посвящена теоретическому исследованию и математическому моделированию процессов формирования крупномасштабной структуры плазменного компонента околоземного космического пространства средних и высоких широт. Основная цель работы заключается в физической интерпретации и оценочном количественном описании основных наблюдаемых особенностей крупномасштабных неоднородностей ионосферы и плазмосферы. Главный инструмент исследований – разработанная соискателем математическая (компьютерная) модель динамики и энергетики системы ионосфера – плазмосфера.

Актуальность работы обусловлена насущной необходимостью понимания качественной картины формирования плазменной оболочки Земли и описания ее основных количественных характеристик. Научная актуальность очевидна автоматически. Практическая актуальность обусловлена, в частности, информационным обеспечением задач радиосвязи, радионавигации.

Важным обстоятельством, которое необходимо учитывать при анализе работы, является то, что большая часть результатов, представленных в диссертации, получена достаточно давно – в 70-х – 90-х годах прошлого века. В этой связи многие положения работы выглядят в настоящее время общеизвестными и общепринятыми. Однако надо помнить, что положения эти разработаны автором (в большинстве своем в соавторстве с профессором И.А. Кринбергом). Таким образом, новизна результатов исследований,

представленных в диссертации, относительно в том смысле, что результаты эти были новыми в свое время.

Достоверность и обоснованность основных положений работы основывается на качественном и количественном подтверждении теоретических и полученных из модельных расчетов результатов экспериментальными данными. Кроме того, представленные выводы прошли, что называется, проверку временем. Адекватность математической модели основывается на детальном анализе устойчивости применяемых расчетных схем.

Структуру диссертации составляют Введение, шесть глав, Заключение, список литературных источников и раздел приложений.

Введение содержит формулировку основных задач, решаемых в диссертации и формальные пункты по актуальности, практической значимости и пр.

В первой части Главы 1 описаны морфологические особенности крупномасштабной структуры среднеширотной и высокоширотной ионосферы и плазмосферы, которые являются объектами дальнейших исследований и количественного описания. Во второй части на основе весьма упрощенного математического описания формулируется главный тезис диссертационной работы – необходимость учета процессов взаимодействия ионосферно-плазмосферного резервуара с магнитосферой в процессах опустошения и заполнения магнитных силовых трубок для правильного понимания формирования крупномасштабной структуры ионосферы.

В Главе 2 дано детальное описание разработанной автором математической модели системы ионосфера-плазмосфера. Модель призвана описывать пространственно-временное поведение материального (электронно-ионный газ) и энергетического (тепловая плазма, фотоэлектроны) компонента.

Объектом исследований, представленных в Главе 3, является регулярная среднеширотная ионосфера. Представлены результаты

моделирования пространственно-временных вариаций плотности и температуры электронно-ионного газа в различных условиях. Показано, что разработанная модель успешно описывает морфологию среднеширотной ионосферы и плазмосферы.

Глава 4 посвящена описанию, в основном на основе разработанной модели, высокоширотной ионосферы в спокойных (невозмущенных) геогеофизических условиях. Здесь дано физическое и количественное описание таких объектов, как главный ионосферный провал, полярная полость и других относительно регулярных крупномасштабных структур.

В Главе 5 описана реакция ионосферы и плазмосферы средних и высоких широт на умеренные и сильные геомагнитные возмущения (магнитные бури). Здесь наиболее отчетливо продемонстрирована важность основного тезиса диссертации – необходимость учета процессов опустошения и заполнения магнитных силовых трубок.

Заключительная Глава 6 демонстрирует возможности метода математического моделирования для описания воздействия на систему ионосфера-плазмосфера относительно кратковременных воздействий типа атмосферных возмущений, солнечных затмений и солнечных вспышек.

Заключение содержит перечень основных результатов работы, состоящий из 11 пунктов.

Список литературных источников содержит 358 наименований, что свидетельствует о безусловной компетенции автора в соответствующей области знаний. Однако имеется некоторое замечание – см. далее.

В разделе Приложений представлены константы химических реакций, частоты столкновений частиц, сечения взаимодействия и прочая численная информация, использованная при разработке и реализации модели.

Наряду с констатацией факта достаточно правильного количественного описания характеристик ионосферы представленной моделью, в диссертации представлены новые (для своего времени – приходится вновь это подчеркивать) механизмы формирования ряда явлений и процессов.

Сформулируем ряд замечаний, появившихся после анализа диссертации:

1. Может возникнуть ощущение о том, что изложенные в работе материалы являются абсолютными приоритетами А.В. Тащилина и соавторов. Это не совсем так. Подобными проблемами интенсивно и успешно, причем параллельно во времени, занимался ряд других ученых. Так, моделированием ионосферы и плазмосферы, включая их энергетический баланс, занимались М.А Коев, Г.В. Хазанов. Ссылки на их работы в диссертации практически отсутствуют. В этой связи хотелось бы, по крайней мере, на защите, услышать от соискателя конкретный перечень положений, которые он считает безусловно своими приоритетами.
2. Обоснованность применения гидродинамического описания плазмы в плазмосфере сомнительна. Условие того, что длина свободного пробега частиц должна быть много меньше характерных масштабов, для плазмосферы, вообще говоря, не выполняется. Тем более, не вполне обоснованным является диффузионное приближение. В плазмосфере электронно-ионный газ не является малой примесью к нейтральному компоненту. В тексте диссертации отмечается, что для определенных условий необходим учет инерции ионов, но в уравнениях модели инерционный член отсутствует. Кроме того, без всяких комментариев исключено из рассмотрения нелинейное ускорение  $(\nabla \nabla) V$ , присутствующее в исходном уравнении (1.23).
3. При рассмотрении задачи с верхним краевым условием странным выглядит задание этого условия нулем концентрации «нескольких радиусов Земли» (цитата из текста работы). Что значит несколько радиусов? Не имеет значение сколько? То есть, по сути, верхнее условие вообще произвольно?

4. Не очень понятно назначение раздела 3.2. Здесь представлены варианты аналитических решений упрощенных уравнений. Такой анализ был проведен ранее, в частности, в ряде работ профессора В.М. Полякова, причем на более строгом уровне. При этом, например, автором используется совершенно не реалистическое предположение об отсутствии поглощения ионизирующего излучения – стр. 127.
5. Содержание защищаемых положений 1 и 3 на наш взгляд одинаково так, что это пункты следовало бы объединить в один.
6. Отметим также некоторые оплошности и несоответствия, обнаруженные в тексте диссертации. В двух местах работы анонсируется рассмотрение искусственных (антропогенных) воздействий на ионосферу, однако такого рассмотрения нет. Не увенчались успехом поиски в тексте формулы 2.10, на которую есть ссылка. При описании фотохимии ионосферы автор ссылается на достаточно новые работы, которые отнюдь не являются базовыми по этой тематике. Целесообразно было бы, например, достойно отметить работы «классика» отечественной фотохимии ионосферы А.Д. Данилова.

Указанные замечания требуют комментариев соискателя, но не влияют на положительную оценку работы в целом, поскольку не затрагивают основных концептуальных положений диссертации.

Материалы диссертации хорошо представлены большим количеством публикаций в серьезных изданиях (в том числе, в монографиях) и достаточно известны специалистам, будучи широко представленными на различных научных мероприятиях. Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы.

Направление исследований, представленных в диссертации, безусловно, соответствует специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Изложение материала дано четко и ясно. Претензий к оформлению нет.

В целом можно констатировать то, что А.В. Тащиным решена в фактически завершенном виде важная научно-практическая задача. Главным достоинством работы на наш взгляд является создание инструмента исследования системы ионосфера-плазмосфера – ее математическую модель, и применение этого инструмента для описания и интерпретации ряда гео-гелиофизических явлений в околоземном космическом пространстве.

Диссертационная работа А.В. Тащилина «Формирование крупномасштабной структуры ионосферы в спокойных и возмущенных условиях» соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (пункты 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор Анатолий Васильевич Тащилин заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.29 – физика атмосферы и гидросферы.

Доктор физико-математических наук, профессор

В.Б. Иванов/

14.05.2014

Иванов Всеволод Борисович. 664042, г. Иркутск, Депутатская 10, 123. Т. (8 395 2) 29 35 42, e-mail [ivb@ivb.baikal.ru](mailto:ivb@ivb.baikal.ru). Профессор кафедры радиофизики и радиоэлектроники ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет».

Подпись В.Б. Иванова удостоверяю,  
ученый секретарь ФГБОУ ВПО  
«Иркутский государственный университет»

/Н.Г. Кузьмина/

