

# ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Мингалев Игоря Викторовича

**«Численное моделирование общей циркуляции атмосфер Земли, Венеры и Титана, а также процессов образования циклонов в атмосфере Земли», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Диссертационная работа И.В. Мингалев посвящена решению одной из актуальных задач астрофизики, геофизики и прикладной математики - численному исследованию циркуляции атмосфер Венеры, Титана и Земли. В работе разработаны модели общей циркуляции атмосфер этих планет, основанные на численном интегрировании полных уравнений газовой динамики на пространственной сетке с высоким разрешением и максимально использующие возможности современных массивно-параллельных компьютеров. Данные модели являются хорошим шагом вперед по решению важнейшей и актуальнейшей фундаментальной задачи изучения динамических процессов в атмосферах планет. Нарботки автора использовались и для рассмотрения более практической задачи, связанной с моделированием процессов формирования циклонических вихрей в тропосфере Земли в приэкваториальной области. В целом, в диссертационной работе с использованием методов численного моделирования были решены несколько новых задач и получен ряд важных результатов.

В диссертационной работе И.В. Мингалев преследуются следующие основные цели:

1) Разработка методики построения моделей общей циркуляции планетных атмосфер и новых вариантов явной гибридной разностной схемы для численного решения системы уравнений газовой динамики на регулярных 3-мерных пространственных сетках в декартовых и в сферических координатах с учетом и без учета источниковых членов, содержащих ускорение внешних массовых сил.

Эта схема обеспечивает 2-й порядок точности и отсутствие нефизического разогрева или выхолаживания атмосферы при проведении расчетов на длительных интервалах, что важно при изучении динамики атмосфер планет.

2) Построение системы уравнений динамики смеси воздуха, водяного пара и аэрозолей из микрокапель воды и микрочастиц льда с учетом фазовых переходов между различными агрегатными состояниями воды. Для решения этой системы уравнений использовалась предложенная явная гибридная разностная схема.

3) Построение модели общей циркуляции атмосферы Венеры, в которой учитывается рельеф поверхности.

В частности, в рамках этой модели впервые удалось получить одновременно такие наблюдаемые особенности общей циркуляции атмосферы Венеры, как зональную суперротацию на высотах менее 80 км, переход на высотах 80–95 км от зональной суперротации к циркуляции с преобладанием переноса атмосферного газа из центра дневной стороны на центр ночной стороны, а также наличие вблизи полюсов нисходящих воронкообразных течений на высотах 60–80 км.

4) Создание модели общей циркуляции атмосферы Титана. Использование этой модели позволило рассмотреть процесс изменения общей циркуляции атмосферы Титана при смене сезонов от весеннего равноденствия до середины лета в северном полушарии.

5) Исследование процесса развития неустойчивости сдвигового течения внутритропической зоны конвергенции при наличии возмущений в виде искривленных участков этого течения. Автор рассматривает распад этого сдвигового течения как один из возможных физических механизмов образования крупномасштабных циклонических вихрей в тропосфере Земли и предлагает методику прогноза их образования.

Все результаты, содержащиеся в диссертации И.В. Мингалева, представляются весьма важными и актуальными. Полученные в работе результаты отличаются новизной и имеют большое научное и практическое значение. Достоверность и обоснованность результатов, полученных в диссертации, подтверждается согласием с наблюдательными данными и выводами других авторов.

Диссертация написана ясным языком и хорошо иллюстрирована. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, вполне достоверны и надежны. Достоверность результатов обеспечивается также сравнением, где это возможно, полученных результатов с результатами экспериментов и теоретических исследований. Все положения, выносимые на защиту, надежно обоснованы.

К сожалению, диссертационная работа не свободна от недостатков:

1) Функции нагрева используются в приближенном виде даже для задач, где они известны с высокой точностью – например, для атмосферы Земли. Поскольку функции нагрева являются одним из основных параметров разработанных и используемых моделей, хотелось бы видеть оценки вносимой в решение погрешности, вызванной использованием приближенного вида функций нагрева.

2) Автор позиционирует представленные в диссертации модели как полные и описывающие общую циркуляцию рассмотренных атмосфер, однако, очевидно, есть еще ряд важных физических процессов (например облака), которые должны учитываться при

рассмотрении динамики атмосфер. Представляется целесообразным дать оценки возможного изменения решения при учете дополнительных физических процессов.

3) Одним из наиболее интересных результатов работы является предположение о том, что циклоны вызываются неустойчивостью сдвиговых течений. К сожалению, автор изучил данный механизм только в модели с искусственно заданным начальным возмущением. Очевидно, что убедить коллег в справедливости гипотезы можно только получением вихрей в самосогласованной модели. В представленных расчетах полной модели вихри не образуются, что автор объясняет недостаточной пространственной точностью. Проверить так ли это достаточно легко, используя, например, вложенные сетки, поэтому вызывает недоумение почему автор это не сделал. Ведь в случае успешного численного эксперимента, данная гипотеза получит право на жизнь, и не исключено, что существенно изменит наши представления о циклонической активности атмосфер.

Указанные недостатки несколько не снижают общего высокого научного уровня работы и ее практической значимости.

Диссертация И.В.Мингалева является законченной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно. Она отражает важные новые результаты в интереснейших областях науки – астрофизике, геофизике и прикладной математике. Основные результаты опубликованы в 21 статье, соответствующих перечню ВАК для диссертаций на соискание ученой степени доктора наук.

Совокупность полученных результатов позволяет квалифицировать их как крупное научное достижение. Результаты имеет большое научное и практическое значение.


Приложение полученных результатов целесообразно для исследования общей циркуляции атмосфер планет в ПГИ РАН, а также в Институте астрономии РАН, ИКИ РАН, и других организациях, занимающихся решением фундаментальных и прикладных проблем циркуляции атмосфер Земли и планет. Методологические результаты имеют большую практическую значимость для применения в численном моделировании атмосфер планет.

Считаю, что диссертационная работа Мингалева Игоря Викторовича «Численное моделирование общей циркуляции атмосфер Земли, Венеры и Титана, а также процессов образования циклонов в атмосфере Земли», удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор И.В. Мингалева, безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук. Результаты работы представляют интерес для специалистов в

областях астрофизики, геофизики и прикладной математики, имеют большое практическое значение для целого ряда других областей (например космические исследования) при решении задач исследования атмосфер планет. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

24 февраля 2015 г.

Официальный оппонент, доктор физ.-мат.наук,  
член-корр. РАН

 Д.В. Бисикало

Подпись Д.В. Бисикало удостоверяю  
Зам. директора Института  
астрономии РАН



М.Е. Сачков