



**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образование «Московский  
государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Географический факультет**

Москва, 119991, ГСП-1, Главное здание, Географический факультет

**ОТЗЫВ**

**На автореферат Исаева Эркина Кубанычевича «Гидродинамическое  
моделирование атмосферных процессов над территорией со сложной  
орографией»**

Данная работа относится к исследованиям с выраженным прикладным характером, о чем, в частности, свидетельствует внедрение разработанной технологии (подобранной оптимальной конфигурации модели WRF-ARW) в оперативную практику метеорологической службы Киргизии. Квалификация соискателя, а также практическая польза от проделанного исследования не вызывает сомнения. Автореферат написан хорошим научным языком. Впечатляет и обзор проблемы, хотя следует отметить то, что кроме Р. Бари в старом издании (1984) автор не ссылается на более поздние и весьма известные зарубежные работы по горной метеорологии (в частности монографии [Markowsky...2010, Orlemans, 2011]).

Тем не менее, к работе имеется ряд замечаний. По большей части они связаны с тем, что соискатель поставил задачу слишком широко, что в данном случае не является достоинством. В самом деле, формулировка «Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов» подразумевает полный анализ результатов численного решения уравнений Новье-Стокса. Здесь и циркуляции разных масштабов (по Орланскому, как минимум от «бетта» до «гамма»), и гравитационные волны, и волновое сопротивление...Одновременно с этим, анализ полей температуры, осадков...Проблемы с радиационным переносом. Еще и проблема усвоения данных! Не слишком ли это много для одной работы? Ведь только лишь одна из заявленных задач (например, моделирование осадков, или усвоение данных) выглядит уже очень серьезно. Соискателю следовало бы ограничить круг поставленных задач. Этого сделано не было, и в результате выглядит достаточно сумбурно.

1. Смысловые замечания.

1.1 Автор достаточно серьезно подошел к изучению популярной модели WRF-ARW...Однако выбор параметров расчетной области во многом непонятен. Во-первых, как правило такого рода прогностические системы строятся по схеме «вложенных сеток». Для такого сложного района, как Киргизия, представляется разумным выбрать «материнскую область» (Средняя Азия) с пространственным шагом 15 км, «дочернюю первого порядка» 5 км, и внутреннюю, охватывающую область интересов гидрометслужбы Киргизии порядка 1 км. Судя по автореферату «нестинг» соискателем не применялся вовсе. И только лишь при оценке влияния параметризации погранслоя реализовывались эксперименты с шагом до 1.25 км., однако без вложенных сеток. Причем не совсем понятно, как с начальных данных разрешением 1 градус (NCEP/NCAR) автор «перепрыгивает» на 1.25 км...? Это некорректно. В целом использование одной расчетной области с разрешением 10 км на современном уровне развития мезомасштабного моделирования выглядит несколько архаично. В наши дни в оперативной практике некоторых метеорологических центров запущены ГЛОБАЛЬНЫЕ модели с разрешением 20 и даже 15 км. В такой ситуации смысл мезомасштабного моделирования теряется.

1.2. Весьма странно выглядят некоторые методические аспекты оценки погрешностей. В первую очередь АБСОЛЮТНЫХ ОШИБОК ОСАДКОВ. Ведь, по существу величина ошибки 4.2 мм (табл. 1) ни о чем не говорит! На фоне суточной суммы осадков 80 мм это прекрасный результат прогноза (на уровне 5%), в то время, как на фоне суммы 10 мм безобразный (40%). При этом соискатель зачем-то использует оценки ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОШИБКИ ТЕМПЕРАТУРЫ. В то время, как для верификации полей температуры как раз логично использовать абсолютные ошибки. Наивно выглядят результаты прогноза и оценок скорости ветра на уровне 1-2 м/с. Ветер измеряется приблизительно с такой точностью на наблюдательной сети! Да и рекомендуемые допуски по прогнозу ветра, согласно инструкциям Росгидромета, составляют по модулю 5 м/с.

1.3. В 4 главе, в описании методики оценки чувствительности результатов расчетов к параметризации ППС совершенно не раскрыт физический смысл эмпирического коэффициента  $C_k$ ... Без этого проведенные в главе оценки приобретают черты «подгонки».

1.4. Оценивая точность температуры, автор столкнулся с проблемой разности между высотой метеостанции, в точки которой выполнялась оценка, и ячейки WRF-ARW, что вполне закономерно и естественно. Однако на каком основании приведение температуры осуществляется по градиенту 0.8°/100 м? Градиент «стандартной атмосферы» составляет 0.65°/100 м. Такой ли он в горах Киргизии? И на основании каких данных он устанавливается? Более того, брать «стандартным» градиент можно в СРЕДНЕМ для месяца или сезона. Для конкретного дня это странно – он может быть любым – вплоть до инверсионного распределения температуры. Есть ли данные ближайшего зонда? Или реанализа высокого разрешения? Об этом ничего не написано.

1.5. На стр. 5, в разделе «Научная новизна» соискатель пишет о том, что для территории Киргизии прогностическая система «...может быть применена для моделирования процессов в других областях со сложным рельефом». Это утверждение крайне смелое, и, строго говоря, не обоснованное. Как, например, поведут себя коэффициенты ППС, строго говоря, «подогнанные» под условия Тянь-Шаня, на Кавказе? Совершенно не обязательно они должны быть такими же! Кроме того, не факт, что оптимальный для Киргизии набор параметризаций, обязательно сработает в той же конфигурации в другой горной стране (особенно это касается параметризации ППС).

## 2. Редакционные замечания

2.1. Неудачно сформулированы защищаемые положения. «Методология...», «Результаты»..., «Модифицированная схема» - все это не положения, выносимые на защиту, а результаты работы!

2.2. Таблица 5. крайне неудачна – информация, сведенная в ней, воспринимается тяжело. Очень плохо читается рис. 4 – подписи осей и смысловую часть приведенных карт приходится рассматривать в лупу даже при условии хорошего зрения!

2.3. В автореферате есть опечатки, повторы слов. И, что самое главное, нестрогих формулировок и понятий. Что такое «противоградиентный член» (стр.17)? «Перенос турбулентных величин» (стр.13). Почему свободная и термическая конвекция разделены (стр. 10)? Также встречаются сленговые формулировки: например, «...сталкиваются крупномасштабные и местные потоки» (стр.20), «получается нефизическая картина» (стр. 15), и т. д.

**Несмотря на серьезные замечания, рассматриваемую работу считаю полезной. На мой взгляд соискатель заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.**

Торопов Павел Алексеевич, кандидат географических наук,  
доцент кафедры метеорологии и климатологии  
Географического факультета МГУ,  
e-mail: [tormet@inbox.ru](mailto:tormet@inbox.ru)  
тел: +74959392942

Подпись руки

Завещаю зав. канцелярии

до 11.2017





1.2. Весьма странно выглядят некоторые методические аспекты оценки погрешностей. В первую очередь АБСОЛЮТНЫХ ОШИБОК ОСАДКОВ. Ведь, по существу величина ошибки 4.2 мм (табл. 1) ни о чем не говорит! На фоне суточной суммы осадков 80 мм это прекрасный результат прогноза (на уровне 5%), в то время, как на фоне суммы 10 мм безобразный (40%). При этом соискатель зачем-то использует оценки ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОШИБКИ ТЕМПЕРАТУРЫ. В то время, как для верификации полей температуры как раз логично использовать абсолютные ошибки. Наивно выглядят результаты прогноза и оценок скорости ветра на уровне 1-2 м/с. Ветер измеряется приблизительно с такой точностью на наблюдательной сети! Да и рекомендуемые допуски по прогнозу ветра, согласно инструкциям Росгидромета, составляют по модулю 5 м/с.

1.3. В 4 главе, в описании методики оценки чувствительности результатов расчетов к параметризации ППС совершенно не раскрыт физический смысл эмпирического коэффициента  $C_k$ ... Без этого проведенные в главе оценки приобретают черты «подгонки».

1.4. Оценивая точность температуры, автор столкнулся с проблемой разности между высотой метеостанции, в точки которой выполнялась оценка, и ячейки WRF-ARW, что вполне закономерно и естественно. Однако на каком основании приведение температуры осуществляется по градиенту 0.8°/100 м? Градиент «стандартной атмосферы» составляет 0.65°/100 м. Такой ли он в горах Киргизии? И на основании каких данных он устанавливается? Более того, брать «стандартным» градиент можно в СРЕДНЕМ для месяца или сезона. Для конкретного дня это странно – он может быть любым – вплоть до инверсионного распределения температуры. Есть ли данные ближайшего зонда? Или реанализа высокого разрешения? Об этом ничего не написано.

1.5. На стр. 5, в разделе «Научная новизна» соискатель пишет о том, что для территории Киргизии прогностическая система «...может быть применена для моделирования процессов в других областях со сложным рельефом». Это утверждение крайне смелое, и, строго говоря, не обоснованное. Как, например, поведут себя коэффициенты ППС, строго говоря, «подогнанные» под условия Тянь-Шаня, на Кавказе? Совершенно не обязательно они должны быть такими же! Кроме того, не факт, что оптимальный для Киргизии набор параметризаций, обязательно сработает в той же конфигурации в другой горной стране (особенно это касается параметризации ППС).

## 2. Редакционные замечания

2.1. Неудачно сформулированы защищаемые положения. «Методология...», «Результаты»..., «Модифицированная схема» - все это не положения, выносимые на защиту, а результаты работы!

2.2. Таблица 5. крайне неудачна – информация, сведенная в ней, воспринимается тяжело. Очень плохо читается рис. 4 – подписи осей и смысловую часть приведенных карт приходится рассматривать в лупу даже при условии хорошего зрения!

2.3. В автореферате есть опечатки, повторы слов. И, что самое главное, нестрогих формулировок и понятий. Что такое «противоградиентный член» (стр.17)? «Перенос турбулентных величин» (стр.13). Почему свободная и термическая конвекция разделены (стр. 10)? Также встречаются сленговые формулировки: например, «...сталкиваются крупномасштабные и местные потоки» (стр.20), «получается нефизическая картина» (стр. 15), и т. д.

**Несмотря на серьезные замечания, рассматриваемую работу считаю полезной. На мой взгляд соискатель заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.**

Торопов Павел Алексеевич, кандидат географических наук,  
доцент кафедры метеорологии и климатологии  
Географического факультета МГУ,  
e-mail: [tormet@inbox.ru](mailto:tormet@inbox.ru)  
тел: +74959392942

Подпись руки

Заверяю зав. канцелярии

до 11.2017

