

Отзыв

Официального оппонента на диссертацию

Исаева Эркина Кубанычевича

«Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов над
территорией со сложной орографией»,

подготовленную на соискание учёной степени кандидата физико-
математических наук по специальности

25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология.

Актуальность темы

Прогноз погоды был и остаётся одной из самых сложных и важных метеорологических проблем в мировой метеорологии и особенно для гидрометеорологических служб стран, расположенных в горных районах, где частые и не предсказываемые опасные метеорологические явления оказывают существенное влияние на экономику и создают постоянные угрозы жизни населения. В последние годы надежды на улучшение качества прогноза осадков в таких районах связаны с совершенствованием гидродинамических компьютерных моделей атмосферы. В работе Исаева Э.К. представлены результаты автора по разработке и внедрению методики прогноза погоды на основе гидродинамической модели для территории Тянь-Шаня. Это позволяет считать диссертационную работу Исаева Э.К. актуальной.

Анализ содержания работы

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Во введении указывается основная цель работы – это создание на основе мезомасштабной гидродинамической модели WRF гидродинамической системы моделирования, позволяющей повысить качество кратко- и среднесрочных прогнозов осадков в Киргизской республике. Это очень достойная цель, тем более, что большая часть территории страны занимают горы Памира и Тянь-Шаня, а до работы автора прогнозисты Гидрометслужбы Киргизии пользовались прогнозами зарубежных центров, плохо описывающими

сложный рельеф территории. Создать гидродинамическую модель одному «с нуля» сегодня невозможно. Даже если над созданием модели работает целый коллектив, то процесс очень сложен, длителен и не всегда гарантирован хороший результат. Поэтому сегодня метеорологические службы стран, где отсутствуют давние наработки по гидродинамическому моделированию атмосферных процессов, вступают в метеорологические консорциумы или адаптируют, находящиеся в открытом доступе гидродинамические модели. В настоящее время модель WRF (Weather Research and Forecasting model) является, вероятно, наиболее популярной из свободно распространяемых. Эта система численного прогноза погоды, создана весьма квалифицированными исследователями NCAR, NOAA, NCEP. У модели WRF имеется большой набор возможных конфигураций для настройки пользователем, обширное сообщество зарегистрированных пользователей и постоянно действующая техническая поддержка. Это делает модель удобной для применения по всему миру и обеспечивает сравнимость результатов различных исследований. Однако адаптация WRF к новым регионам всегда является серьёзной научно-практической проблемой. Именно эта проблема и решена Исаевым Э.К. и описана им в рассматриваемой диссертационной.

В первом разделе диссертации, состоящем из четырёх параграфов, последовательно приведены краткие обзоры достижений в области влияния гор на метеорологические поля, уровня современных численных прогнозов для горных областей, характеристик мезомасштабной модели WRF, принятой за базовую в исследовании, а также дано краткое описание физико-географических и климатических особенностей территории.

Второй раздел, самый большой по объёму, посвящён описанию методики и результатов проведения экспериментов по настройке модели WRF к заданной территории. Описаны детали настройки модели на регион, набор из 31 станции, данные которых привлекались для ассимиляции и оценки прогнозов, методика изучения чувствительности модели к заданию геофизических характеристик территории. В этом разделе рассмотрены

вопросы а) влияния пространственного шага задания геофизических данных на результаты прогнозов с разными шагами по пространству; б) на основе сравнения результатов прогноза по температуре, давлению, скорости ветра и осадкам для четырёх выделенных автором климатических районов Киргизии, выбраны наилучшие параметризации конвекции и микрофизических процессов для рабочего варианта модели.

В третьем разделе приведены результаты численных экспериментов по выбору наилучшего набора параметризаций для эксплуатации модели прогноза. Это необходимо, поскольку в условиях нелинейных взаимодействий описываемых процессов не обязательно возможно снижение точности прогноза при несовместимости отдельных способов параметризации. Здесь применён оригинальный метод сравнения значений переменных в узлах с наиболее подходящими по коэффициенту корреляции ближайшими узлами. Кроме того, указан способ корректировки результатов расчёта с учётом разности высот в узле и на станции. Обнаружено любопытное явление завышения расчётной температуры в узле при выпадении осадков, а также показано, что в мезомасштабной модели следует учитывать влияние затенения солнца рельефом в отдельных узлах.

В четвёртом разделе уточняется и адаптируется к местным условиям параметризация пограничного слоя Бужо-Лакаре, поскольку, по мнению автора диссертации, именно это необходимо для улучшения прогноза приземной температуры в ряде точек. Для этого путём проведения численных экспериментов с оценкой изменения точности прогноза выбраны оптимальные для местных условий параметры в зависимостях диссипации и коэффициента турбулентности от энергии и масштаба турбулентности.

Пятый раздел описывает результаты автора по усвоению в методике гидродинамического прогноза приземных метеорологических данных с 31 станции Киргизии, которые не входят в систему международного обмена. Для этого автор использовал методику трёхмерной ассимиляции данных. Показано, что ассимиляция данных целесообразна для прогнозов на 24 часа,

Таким образом содержание диссертации позволяет понять, что автор создал полную программно-технологическую линию для численного мезомасштабного прогноза погоды по территории Киргизии. Это очень большое достижение и свидетельство высокой квалификации автора в области прикладного математического и программного обеспечения метеорологического прогнозирования.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Конкретное личное участие автора в получении результатов диссертации

Все приведённые в диссертации результаты получены либо лично автором, либо выполнены в соавторстве, причём диссертант являлся основным исполнителем в творческом коллективе. Следует признать работу Исаева Э.К. самостоятельным исследованием.

Степень достоверности результатов проведённых исследований

Работа опирается на многократно проверенную в различных условиях компьютерную модель численного прогноза WRF. Все коррективы к модели вносились в допустимых разработчиками пределах. Все оценки результатов экспериментов проведены с применением статистических методов и расчётов, на базе аргументированных исходных положений и корректного использования математического аппарата. На этом основании можно считать их достоверными.

Оценка новизны и практической значимости

В качестве новых научно-практических результатов можно отметить следующие положения:

1. Автором создана и внедрена в оперативную практику методика мезомасштабного гидродинамического прогноза по территории Киргизии. На основании этой методики достигнута оправдываемость прогнозов температуры, скорости ветра и осадков на 1-3 сутки, превышающая 90%.
2. Разработана и внедрена автоматизированная методика верификации результатов гидродинамических прогнозов в Киргизии.

3. Разработана и внедрена система усвоения дополнительных метеорологических данных, получаемых на территории Киргизии и не входящих в основной поток данных, используемых на входе в WRF.

4. Проведена адаптация модели WRF для наиболее успешной эксплуатации на территории Киргизии. Для чего проведены численные эксперименты по сравнению прогнозов с различными наборами параметризаций подсеточных процессов и отбору наиболее успешных наборов.

5. В ходе работы выявлены важные региональные особенности взаимодействия крупномасштабных атмосферных потоков с горным массивом и горно-долинными циркуляциями. Определён способ корректировки прогнозов в сторону улучшения за счёт разности высот узлов сетки и пунктов, для которых ведётся оценка прогноза.

Замечания по диссертационной работе

Не смотря на общую положительную оценку работы, следует высказать ряд замечаний.

1. “Геофизические” параметры, задаваемые в WRF по данным Геологической службы США следовало бы показать на карте и оценить их приемлемость по сравнению с имеющимися данными Гидрометеорологической службы Киргизии.

2. Оставляет в недоумении описание пространственной дискретизации исходных данных, параметров и модели. На стр. 35. Указано, что начальные данные берутся с шагом 1 градус. Геофизические параметры, как указано на стр 37, взяты с шагом 30 секунд. Выбранный шаг сетки модели – 5 км, т.е больше пяти минут. При этом указано, что эксперименты делались без телескопизации, т.е. исходные данные были проинтерполированы на секту с шагом 5 км, а геофизические данные, которые не полностью представимы на выбранной сетке, должны были вызывать возникновение подсеточных шумов, приводить к наложению частот. По мнению автора отзыва, в этом направлении нужно проводить дополнительные оценки. Возможно, следовало бы ограничиться в

модели шаг 18 км и использовать соответствующие представления геофизических параметров с шагом 10 угловых минут. Это позволило бы провести и телескопизацию исходных данных с 1 градуса на 0.5 градуса и 10 минут, что более соответствует рекомендациям по эксплуатации WRF.

3. Для демонстрации качества результатов расчётов в работе широко использованы таблицы оценок. Однако при сравнении оценок оказывается, что различия между ними в значительном числе случаев малы. При этом не даётся никаких характеристик статистической значимости этих различий.

4. Некоторые двумерные компьютерные изображения результатов не дают достаточно хорошей иллюстрации к сделанным по ним выводам. Например, рис. 2.12 должен продемонстрировать вывод о том, что трехкратная телескопизация на сетку 5 км и расчёт сразу на сетку с шагом 5 км приводит к незначительным различиям в прогнозе основных величин. Но, на взгляд автора отзыва, рисунок демонстрирует различия, а степень их «существенности» следовало бы оценить количественно. Тем более, что возможность телескопизации является сильной стороной WRF, а прямая интерполяция начальных данных на мелкую сетку обычно не естественно сильно сглаживает поля.

5. Применение больших таблиц оценок делает крайне неудобным сравнение роли параметризаций. Например, ошибки прогноза при лучшей и худшей параметризации даны в таблицах 3.2 и 3.3. Поточечное сравнение этих таблиц затруднительно. Следовало бы привести, по крайней мере, разности клеток, или дать другие обобщающие оценки.

6. С удивлением воспринимается тот факт, что среди уравнений, описывающих параметризацию пограничного слоя Бужо-Лакаре, принятую автором диссертацию за лучшую для своих условий, нет замыкающего систему уравнения для масштаба энергии турбулентности.

7. В пятом разделе при определении минимизируемого функционала (5.1) использован не определённый далее «оператор наблюдений» H .

8. Попадают орфографические ошибки.

Заключение

Работа является законченной и выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Проведённые научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные разработки, обеспечивающие решение важной прикладной задачи: создание технологического комплекса гидродинамического прогноза погоды для Киргизии. Представленные в работе исследования представляются достоверными, а приводимые рекомендации – обоснованными.

Диссертационная работа написана технически квалифицированно и аккуратно оформлена.

Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате.

Несмотря на высказанные замечания, можно заключить, что диссертация отвечает требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, ее автор Исаев Эркин Кубанычевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология, агрометеорология.

Доктор географических наук, профессор



Русин Игорь Николаевич

198262, СПб, ул. Лёни Голикова, д.21, кв.10, +79214282228, i.rusin@spbu.ru,

профессор кафедры климатологии и мониторинга окружающей среды

Института Наук о Земле Санкт-Петербургского Государственного

Университета

2 декабря 2017 г.

