

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУ «Гидрометцентр России»  
доктор технических наук



Вильфанд Р.М.

20 17 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации»  
о научно-практической ценности диссертации

**Исаева Эркина Кубанычевича**

на тему «Гидродинамическое моделирование атмосферных процессов  
над территорией со сложной орографией»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология»

Диссертационная работа Исаева Эркина Кубанычевича посвящена исследованию возможности создания системы численного гидродинамического прогноза погоды для практически полностью горной территории (94% гор) Республики Киргизии с помощью одной из наиболее используемой для проведения исследований моделью WRF-ARW (США).

Указанная автором цель работы «создание системы гидродинамического моделирования атмосферных процессов для территории со сложной орографией и ее тестирование для территории Киргизии» несомненно актуальна и важна не только для развития численного прогноза погоды непосредственно в Киргизии, но и в более общем аспекте развития численного прогноза погоды для горной местности.

Диссертационная работа (общий объем 148 страниц, из них 133 страниц текста) состоит из Введения, пяти глав, Заключения и Списка использованных источников (147 ссылок).

**Введение** (8 стр.) посвящено обсуждению постановки задачи и аргументации актуальности проведенного исследования.

В **первой главе** приведен обзор исследований по моделированию циркуляции атмосферы в условиях горной местности.

В первом параграфе приводится довольно тщательный обзор исследований по воздействию гор на макро- и мезомасштабные атмосферные процессы, а во втором параграфе дан обзор современного состояния гидродинамического прогноза погоды для территорий со сложной орографией. Автор демонстрирует хорошее знание предмета и понимание тенденции развития исследований, приводит довольно обширное описание исследований в этой области.

В третьем параграфе приведена довольно краткая информация об используемой модели WRF-ARW с описанием, в основном, свойств динамического блока модели. Кроме того, сообщается о новом Европейском метеорологическом консорциуме SEECOP, который создали в 2015 г. страны бывшей Югославии для совместной технической и научной поддержки оперативного численного прогноза погоды в своем регионе на основе модели WRF-NNMB, отличающейся от WRF-ARW динамическим блоком.

В четвертом параграфе дано географическая характеристика и климатическое районирование области исследования. Этот параграф важен для анализа качества прогнозов в соответствии с приведенным районированием.

В целом автор в первой главе проявил достаточную эрудицию и знание российских и зарубежных работ по численному прогнозированию в условиях сложной орографии, но, к сожалению, в основном исследовательских, что обедняет содержание первой главы. В самом деле, в этих параграфах совершенно отсутствует описание состояния современного оперативного численного прогноза погоды для ограниченной территории (в том числе и в России!). Указан только один новый метеорологический консорциум, но ни слова об уже существующих много лет других консорциумах, в том числе о консорциуме, членом которого с 2009 г. является Росгидромет. А ведь за последние 10 лет произошло значительное продвижение в области развития оперативного численного прогноза погоды. Например, в Швейцарии (консорциум COSMO), территория которой является в основном горной, уже с 2016 г. оперативно 8 раз в сутки используется численный прогноз погоды с шагом 1,1 км для области прогнозирования более 1000км×1000км.

**Вторая (37 стр.), третья (21 стр.) и четвертая (26 стр.) главы** диссертации посвящены исследованию влияния на прогноз погоды в горной местности схем параметризации конвекции и микрофизики облаков, различных комбинаций параметризаций и параметризации пограничного слоя, соответственно, и выбору

комбинации параметризаций для наиболее точного прогноза погоды для территории Республики Киргизия.

Предисловие ко второй главе занимает довольно заметное место (11 стр.) и в основном посвящено оценке влияния более точных внешних данных модели (в данном случае - орографии) с помощью численных прогнозов на 24 часа с моделью WRF-ARW с шагом сетки 10 км по данным архива NCAR результатов глобальных анализов NCEP (апрель 2014 г) для широтно-долготной сетки с шагом 1° по широте (примерно 110 км) и долготе (для района, исследуемого в диссертации примерно 77 км).

Из текста диссертации не ясно, как в этих экспериментах проходил переход от данных анализов NCEP к прогнозам на сетке 10 км, а именно, были ли прогнозы на промежуточных сетках с шагами, большими 10 км, т.к. прямой переход сразу на сетку с шагом 10 км вносит дополнительные ошибки. Конечно, понятно, что пришлось бы затратить дополнительное машинное время, которого у автора не было. Тем не менее, желательна или оценка неточности полученного результата, или указания в тексте, что автор это понимает, но вынужден провести эксперименты именно так.

Остальной текст этих глав связан выбором оптимального для территории республики набора параметризаций около 9 атмосферных процессов. В модели WRF – ARW имеется большой выбор параметризаций для всех этих физических процессов, примерно по 3-5 версий. Примерное количество всех возможных вариантов исчисляется сотнями тысяч ( $4^9=262144$ ). Сразу видно, что выбор оптимальных параметризаций с помощью перебора всех вариантов невозможен. По этой причине в диссертации некоторая часть параметризаций задается. Так, при выборе оптимальной параметризации конвекции и микрофизики облаков параметризации остальных процессов задается в виде набора, стандартного для этой модели атмосферы. В третьей главе проводится с учетом результата второй главы сравнение различных наборов всех параметризаций для выбора оптимального, основываясь на сравнении только 8 комбинаций без пояснения причины, по которой выбраны именно эти. В четвертой главе дальнейшее совершенствование модели проводится для выбранной комбинации параметризаций физических процессов за счет улучшения описания процессов в пограничном слое.

Все оценки в третьей главе основаны на оценках прогнозов погоды для апреля 2014 г., а в четвертой главе для мая 2015 г., т.к. в это время наиболее неудачные прогнозы имели синоптики. Показано, что для этих месяцев получено улучшение оценок прогноза погоды с помощью выбранной комбинации параметризаций физических процессов. В тоже время не ясно, что получилось для остальных месяцев.

Наконец, в **пятой главе** (15 стр.) рассмотрена возможность повышения качества прогноза погоды за счет использования системы усвоения данных, включенной в модель WRF-ARW на основе усвоения данных за май 2015 г. по 31 станции, не включенных в международный обмен. Их приведенных таблиц следует, что включение этих станций для прогнозов на 48 час. улучшает оценки, полученные для этих же станций, но основное улучшение прослеживается прогнозов с заблаговременностью до 24 час.

В **Заключении** Э.К.Исаев сформулировал основные научные результаты исследования, главный из которых является утверждение, что в результате проведения исследований данной работы подготовлена оперативная технология численного прогноза для Киргизии.

Работа написана автором с большой тщательностью, проведено большое количество численных экспериментов с моделью WRF-ARW. Э.К.Исаев проанализировал возможности многих параметризаций, используемых в модели, дал рекомендации по выбору наиболее приемлемой конфигурации модели для численных прогнозов для территории Республики Киргизии на основе имеющейся в Кыргызгидромете вычислительной техники. Очень важно, что созданная система гидродинамического прогноза атмосферных процессов внедрена и используется в оперативном режиме в Агентстве по гидрометеорологии при МЧС Киргизской Республики (сертификат о внедрении №06/1191 от 29.05.2015).

В тоже время при чтении диссертации возник ряд замечаний помимо тех, которые были указаны выше.

1. Несмотря на то, что проведено большое количество численных экспериментов, но оценки качества численных прогнозов в оперативных условиях для теплого и холодного периодов не приведены. Так же отсутствует сравнение качества прогнозов обоснованной в диссертации конфигурации модели WRF-ARW и модели глобальной модели GFS NCEP, прогнозы которой используются для нахождения начальных и боковых граничных условий (заметим, что хотя в настоящее время шаг сетки в этой модели примерно 10 км, но для общего применения выкладываются данные на сетке с шагом не менее 27 км). Кроме того, численные эксперименты в разных главах зачастую проведены для разных данных.
2. Полученные выводы из экспериментов не всегда сформулированы так, чтобы можно было однозначно понять. Например, на стр. 65 приведено время прогноза на 24 часа для сеток с шагами 10 км (1 час 40 мин.) и 5 км (3 час. 50 мин.). При их сравнении делается вывод: «При увеличении разрешения в два раза расчётное время увеличилось в 2.5 раза». Но очевидно, что такое сравнение приведено для различных территорий,

т.к. для одинаковых должно быть увеличено в 8 раз (в 4 раза больше узлов и в 2 раза меньше шаг по времени). В этом случае очевидно, но так не всегда. Так, уже на стр. 67 указывается, что прогноз на 48 час на сетке с шагом 5км занял 6 час, а не 6 час. 40 мин, которое должно было бы получиться при удвоении заблаговременности прогноза при указанной на стр. 65 величине 3 час. 50 мин. времени прогноза на 24 часа.

3. Результаты представлены с помощью многочисленных таблиц и рисунков. Автору следует обратить внимание на то, что надо очень тщательно продумывать каждый из них. Например, в таблице 2.1 приведен список 31-ой метеостанций, используемых для верификации и их географические координаты. Но было бы полезно привести и информацию о высотах как фактических (да и для узлов сетки, используемых при верификации). Приводится много оценок прогнозов погоды для каждой станции, но отсутствуют строки со средними значениями для всех станций. Подписи к рисункам слишком лаконичны и не всегда однозначны. Некоторые рисунки стоило бы объединить, например, рисунок 1.1 с климатическими зонами и рисунок 2.7 с расположением станций. Рисунок 2.1 с областью моделирования вообще малоинформативный, также как рисунок 2.11 с областью моделирования с вложенными сетками, т.к. карты практически немые.
4. Размерности левой и правой частей формулы (1.16) не совпадают.
5. На стр. 34 утверждается, что «Данное исследование выполняется в рамках проекта «Модернизация гидрометеорологического обслуживания в Центральной Азии» при финансовой поддержке Всемирного Банка». Но тогда странно, что в диссертации нет ни слова о реализованном в 2015г.-2017г. демонстрационном проекте Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) по прогнозированию опасной погоды в Центральной Азии (SWFDP-CA), осуществлявшегося в рамках проекта Всемирного Банка по модернизации гидрометеорологического обслуживания в Центральной Азии.
6. Необходимо использовать общепринятые термины. Например, во всей диссертации вместо термина «шаг сетки» используется термин «разрешение», который на самом деле имеет совсем другой смысл. Мелочь, но надо использовать рассмотренный еще в школе термин «разность», а не «разница».
7. В Списке использованных источников под номерами 90 и 102 дважды указана одна и та же публикация, причем во второй раз с опечаткой.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации и соответствует основным положениям диссертации. Но в тоже время в нем на стр. 10 есть фраза, которая отсутствует в диссертации (по крайней мере, нами не была найдена): «Автор исследования отдаёт себе отчёт в том, что конвекция в модели с разрешением 10 км может

быть сеточным процессом и в этом случае должна быть описана основными негидростатическими уравнениями, а значит, не может быть параметризована. Но как показали проведенные эксперименты, в данном регионе и при конкретных характеристиках модели конвекцию надо параметризовать». Это совершенно не соответствует практике численного прогноза погоды. Да, шаг сетки 10 км является граничным, но для применения квазистатических и негидростатических моделей. Но не для параметризации конвекции. Опыт показывает, что параметризовать мелкую конвекцию приходится даже при шаге сетки 2 км, а вот глубокую конвекцию можно и не параметризовать при таком шаге, хотя и не всегда, особенно в горах.

Перечисленные выше замечания не снижают ценность и высокий научный уровень работы. Основные результаты диссертации опубликованы в статьях из перечня ВАК. Автор представлял свои результаты на семинарах и международных конференциях.

Таким образом, диссертация Эркина Кубанычева Исаева является научно-квалификационной работой, в которой в результате проведенных исследований и нахождения для модели WRF-ARW наиболее приемлемого комплекса параметризаций физических процессов в атмосфере подготовлена оперативная система численного прогноза погоды для Киргизии, имеющая важное значение для улучшения прогноза опасных метеорологических явлений, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – «метеорология, климатология и агрометеорология».

Отзыв обсужден и одобрен на заседаниях лаборатории численного прогноза погоды ФГБУ «Гидрометцентр России» 9 и 13 ноября 2017 г., на которых присутствовали 15 научных сотрудников, в том числе 2 доктора и 8 кандидатов наук.

Зав. лабораторией  
численных прогнозов погоды  
ФГБУ «Гидрометцентр России»,  
профессор, доктор физико-математических наук

Г.С.Ривин.

Подпись Г.С. Ривина заверяю

Ученый секретарь ФГБУ «Гидрометцентр России»,  
кандидат физико-математических наук.



Н.А. Шестакова