

И.о. ректора Российского государственного  
гидрометеорологического университета  
к.в.н., доцент

И.И. Палкин  
«     » 2018 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный гидрометеорологический университет» (РГГМУ)

Диссертация «Восстановление пространственной структуры осадков в районах Ирана со сложным рельефом на основе экспериментов с моделью WRF-ARW», выполнена на кафедре климатологии и мониторинга окружающей среды Института наук о Земле ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (СПбГУ).

Соискатель Маддах Мохаммад Амин в 2010 году окончил Ахвазский университет шахид Чамран по (Иран) по специальности «Агрономия». В 2014 году окончил магистратуру «Казанского (Приволжского) федерального университета» (КФУ) по специальности «021600.68 – Гидрометеорология». С 2014 по 2018 г. обучался в очной аспирантуре Института наук о Земле ФГБОУ ВО СПбГУ, которую окончил в 2018 и защитил выпускную квалификационную работу аспиранта. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2018 г. СПбГУ. Научный руководитель – Русин Игорь Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры климатологии и мониторинга окружающей среды СПбГУ.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Диссертационная работа Маддаха Мохаммада Амина является законченной самостоятельно выполненной работой, посвящённой актуальной проблеме моделирования осадков на территории со сложным рельефом.

Маддах Мохаммад Амин получил следующие результаты, которые выносятся на защиту:

1. Результаты статистического анализа показывают, что средние значения суточного количества осадков зависят от высоты станции, тогда как максимальные значения от высоты станции не зависят.
2. Наиболее подходящими законами распределения вероятностей для описания ежедневных сумм осадков в районе исследования является распределение Вейбулла и логарифмически нормальный закон. Однако оба они дают значительные расхождения с эмпирическим распределением в области больших значений количества осадков. Для определения экстремальности осадков самым оптимальным является индекс  $R_T 90\%$ , который позволяет определить вклад экстремальных осадков в общее их количество.
3. Анализ воспроизведения поля сильных осадков в численных экспериментах показал, что для территории со сложным рельефом модель WRF-ARW более чувствительна к схемам параметризации конвекции, чем к схемам параметризации микрофизики облаков.
4. Преимущество более высокого пространственного разрешения (1—2 км) не очевидно. Показано, что качество моделирования осадков значительно и нелинейно зависит от разрешения модели. Важен не только выбор шага сетки наименьшего домена, принятого для получения окончательного результата моделирование, но и разрешение материнских сеток. Отсутствие домена с высоким пространственным разрешением (1—2 км) в случае

двухстороннего взаимодействия вложенных сеток оказывает положительное влияние на изучаемый домен.

5. Слабые и умеренные осадки (меньше 15 мм/сутки) лучше воспроизводятся при отключении параметризации конвекции. Включение этой параметризации особенно сильно повлияло на улучшение качества прогнозов в градации сильных осадков.

Обоснованность и достоверность результатов. научных и практических результатов проведённых исследований подтверждается тем, что они опираются на многократно проверенную в различных условиях компьютерную модель численного прогноза WRF-ARW, а все коррективы к модели вносились в допустимых разработчиками пределах. Для верификации результатов использован новый, обширный и уникальный материал наблюдений гидрометеорологических станций и постов водохозяйственных организаций, расположенных в юго-западной части Ирана. Все оценки результатов экспериментов проведены с применением статистических методов и математических расчётов, на базе аргументированных исходных положений, с помощью непротиворечивых рассуждений и корректного использования математического аппарата.

Научная новизна. В процессе выполнения исследований получены следующие новые результаты:

1. Впервые на основе всего доступного материала наблюдений различными сетями сбора данных получены оценки эмпирических и теоретических функций распределения осадков по градациям интенсивности. На основе этого построены карты опасного количества осадков на территории юго-западного Ирана. Эти результаты, важные для климатологии и организации водохозяйственных работ, послужили основой для сравнения с количеством осадков, рассчитанных по модели WRF-ARW.

2. Впервые произведена тщательная адаптация гидродинамической мезомасштабной модели WRF-ARW для территории юго-западного Ирана, в процессе которой использованы практически все, согласующиеся с рельефом и климатом варианты конфигурации модели.

3. Впервые исследовано влияние набора параметризаций на точность прогноза количества и распределения осадков разных градаций по рассматриваемой территории. На основе анализа результатов показано, что для этого горного района оптимальный набор параметризаций отличается от аналогичных наборов для других горных территорий, изученных в работах разных исследователей.

4. Исследовано влияние конфигурации доменов модели WRF-ARW и соотношения их разрешения на результаты моделирования распределения осадков различной интенсивности по исследованной территории. Подтверждён вывод о том, что на данном этапе развития модели WRF-ARW оптимальный шаг сетки составляет 5-6 км. Применение меньшего шага сопровождается падением точности прогноза.

5. Впервые проведены численные эксперименты по моделированию случаев особо сильных ливней на исследуемой территории. Получены оценки точности прогнозов количества и распределения осадков различной интенсивности по территории юго-западного Ирана.

Научная и практическая значимость результатов заключается в следующем:

– Полученные результаты показывают, что применение гидродинамической мезомасштабной модели WRF-ARW для проведения исследований атмосферных процессов над территорией со сложной орографией требует детальной настройки всех параметров и не только таких, как набор схем параметризации физических процессов, но также количество и конфигурация доменов, в которых решаются прогностические уравнения, разрешение вложенных сеток;

– Показано, что за счёт детального подбора всех возможных входных характеристик модели можно достичь достаточно высокой точности моделирования осадков по территории. Например, осадки средней интенсивности могут прогнозироваться с 90 % точностью. Это значит, что появляется возможность получать адекватное описание распределения сильных осадков по водосбору, что необходимо для прогноза паводков;

– Показано, что в существующем варианте модели WRF-ARW с прилагаемым набором параметризаций приходится смириться с тем, что слабые осадки будут преувеличены (иногда в 3 раза). Это значит, что в дальнейшем нужно обратиться к совершенствованию параметризаций микрофизики облаков и конвекции. Проведённые исследования послужат основой для создания системы прогнозирования распределения количества сильных ливней по водосборам и вызываемых ими паводков на территории юго-западного Ирана.

#### Апробация работы.

Основные положения работы докладывались на всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 3 научные работы, в том числе 3 публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований:

1. Маддах М.А., Русин И.Н., Ахунд-Али А.М. Оценка физических параметризаций модели WRF для моделирования сильных осадков на юго-западе Ирана // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2017. – № 586. – С.191-204.
2. Русин И.Н., Маддах М.А. Количественные характеристики максимальных осадков юго-западного Ирана // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2017. – № 585. – С. 142-157.
3. Guryanov V.V., Maddah M.A., Perevedentsev Y.P. Torrential rain forecast using the mesoscale model WRF-ARW // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2014. – Т. 11. – С.181-187. DOI: 10.13005/bbra/1459

Диссертационная работа соответствует пункту паспорта специальности «25:00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология».

Диссертация «Восстановление пространственной структуры осадков в районах Ирана со сложным рельефом на основе экспериментов с моделью WRF-ARW» Маддаха Мохаммада Амина рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Заключение принято на научном семинаре кафедры метеорологических прогнозов РГГМУ. Присутствовало 13 человек. Результаты голосования: «за» - 13 человек; «против» - 0 человек; «воздержалось» – 0 человек, протокол № 4 от 6 марта 2018 г.

Секретарь

Н.А. Новикова,  
доцент кафедры метеорологических  
прогнозов ФГБОУВО «РГГМУ»

Председатель семинара

Я.В. Дробжева,  
д.ф.-м.н., заведующий кафедрой  
метеорологических прогнозов ФГБОУ  
ВО «РГГМУ»



*Дробжева Я. В.*

*Новикова Н. А.*

*Мухоморова Т. И.*