

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе СПбГУ
Аплоннов Сергей Витальевич



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ)

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 в СПбГУ.

Соискатель Маддах Мохаммад Амин, 1987 года рождения, гражданин Ирана, окончил Казанский (приволжский) федеральный университет (КФУ) по специальности «021600.68 – Гидрометеорология» в 2014г. Обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», с 29.10.2014 (Приказ о зачислении от 11.11.2014 года № 14361/3) по 13.03.2018 (Приказ об окончании от 19.03.2018 года № 3509/3) на кафедре климатологии и мониторинга окружающей среды. Защитил выпускную квалификационную работу по направлению подготовки – География, 05 марта 2018г. с оценкой «отлично».

В 2018г. окончил СПбГУ по специальности 25.00.30 — «Метеорология, климатология и агрометеорология» (географические науки). Документ о сдаче кандидатских экзаменов (английский язык, история и философия науки) выдан в 2017 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» (СПбГУ).

Научный руководитель – Русин Игорь Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры климатологии и мониторинга окружающей среды, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет».

Подготовленная Маддахом Мохаммадом Амином диссертация на тему «Восстановление пространственной структуры осадков в районах Ирана со сложным рельефом на основе экспериментов с моделью WRF-ARW» рассмотрена на заседании комиссии экспертов, созданной по поручению директора Института Наук о Земле СПбГУ в служебной записке от 21 марта 2018 года № 76-14-51 в составе:

Священникова Павла Николаевича, заведующего кафедрой климатологии и мониторинга окружающей среды, кандидата географических наук (председатель), Дмитриева Василия Васильевича, профессора кафедры гидрологии суши, доктора географических наук, Белоненко Татьяны Васильевны, профессора кафедры океанологии, доктора географических наук.

Члены комиссии, предварительно ознакомились с рукописью работы, подготовленной Маддахом Мохаммадом Амином к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология» на тему «Восстановление пространственной структуры осадков в

районах Ирана со сложным рельефом на основе экспериментов с моделью WRF-ARW».

Заседание комиссии проведено 22 марта 2018 г.

Вопросы задавали: Дмитриев В.В., Священников П.Н.

Выступили: Дмитриев В.В., Белоненко Т.В.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертация Маддаха Мохаммада Амина на тему: «Восстановление пространственной структуры осадков в районах Ирана со сложным рельефом на основе экспериментов с моделью WRF-ARW», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология», является актуальной, современной законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработано решение научной задачи адаптации гидродинамической мезомасштабной модели WRF-ARW для территории юго-западного Ирана в целях моделирования и прогноза особо сильных ливней на исследуемой территории.

Актуальность. Одной из важнейших задач гидрометеорологических прогнозов в Иране, да и во всем мире, является прогноз паводков. Для её решения требуется как можно более точный прогноз распределения осадков по площади водосбора с учётом особенностей горного рельефа. Это требует применения максимально полных негидростатических моделей численного прогноза погоды с использованием телескопизации для учёта специфики, как крупномасштабных атмосферных процессов, так и мелкомасштабных особенностей топографии и ландшафта. Как показала практика, одной из лучших таких моделей является модель WRF-ARW, распространяемая свободно с открытыми кодами. Для каждого нового региона эта модель нуждается в специальной тонкой настройке и исследовании погрешностей. Указанная работа выполнена Маддахом М.А. и представлена в его диссертации. На её основе при участии автора диссертации будет создаваться система прогнозов паводков для юго-западной части Ирана.

В рамках диссертационного исследования лично автором получены следующие **научные результаты:**

1. Путём анализа обширного материала наблюдений как гидрометеорологических станций и постов, так и постов водохозяйственных организаций определены значения опасного количества сильных осадков для территории юго-западного Ирана.

2. Анализ воспроизведения поля сильных осадков в численных экспериментах показал, что для рассматриваемой территории со сложным рельефом модель WRF-ARW более всего чувствительна к схемам параметризации конвекции, меньше к схемам параметризации микрофизики облаков, ещё меньше к схемам параметризации пограничного слоя.

3. Статистический анализ полученных результатов показал, что для прогноза сильных осадков (свыше 15 мм/сутки) на территории юго-западного Ирана наибольшую точность прогноза даёт определённый сценарий параметризаций. Перечень параметризаций, входящих в этот сценарий, обоснован в тексте работы.

4. Выяснилось, что использование более высокого пространственного разрешения (1 – 2 км) не обязательно улучшает прогноз сильных осадков. Потенциал для улучшения прогностических качеств модели за счёт более высокого пространственного разрешения может быть потерян, а счёт генерации шумов возникающих в домене с самым мелким шагом сетки.

5. 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 то, какое разрешение было у материнских сеток.

6. Оценка влияния структуры доменов показывают, что при прогнозах в грациях сильных и очень сильных осадков (более 15 мм/сутки), которые чрезвычайно важны для прогнозов опасных явления, наилучшие результаты получены при использовании трёхступенчатой телескопизация. Для такого сложного района, как юго-запад Ирана оптимальным расположением представляется следующее. «Родительский домен» должен охватывать большую часть Ближнего Востока с пространственным разрешением около половины значения пространственного разрешения исходных данных NCEP/NCAR (разрешение 1 градус) – 54 км. Для промежуточного, первого вложенного домена нужно выбрать территорию от западного Ирака до центрального Ирана, а для второго вложенного домена – самого мелкого – выбрать область, охватывающую юго-запад Ирана, включая центральную часть гор Загрос. При моделировании целесообразно использовать граничные условия двухстороннего взаимодействия и отношение шагов родительского и вложенных доменов – 3.

7. Результаты оценок разных структур доменов доказывают, что отсутствие домена с высоким разрешением (1 – 2 км) в случае двухстороннего взаимодействия вложенных сеток оказывает положительное влияние на изучаемый домен. Это связано с тем, что высокое разрешение самого мелкого домена вносит в решение лишние шумы и ухудшает прогноз в промежуточном домене (шаг сетки 5 км). Генерация шума может быть связана также и с отсутствием параметризации конвекции в самом мелком домене, хотя конвективные явления мелкого масштаба могут требовать параметризации даже в случае, когда конвекция является сеточными процессами.

8. Слабые и умеренные осадки (меньше 15 мм/сутки) оказались лучше воспроизведены, когда параметризация конвекции не была включена. Включение этой параметризации особенно сильно повлияло на улучшение качества прогнозов осадков в грации очень сильных осадков. Важно отметить, что во всех доменах, включая внутренний, оказалось полезным использовать параметризацию конвекции при прогнозе сильных осадков, хотя конвекция на мелких сетках может считаться сеточным явлением. Можно рекомендовать проводить исследования влияния параметризации конвекции и для внутреннего домена при каждой настройке модели.

Достоверность научных и практических результатов проведённых исследований подтверждается тем, что они опираются на многократно проверенную в различных условиях компьютерную модель численного прогноза WRF, 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 диссертации:

- Впервые на основе всего доступного материала наблюдений различными сетями сбора данных получены оценки эмпирических и теоретических функций распределения осадков по грациям интенсивности. На основе этого получены карты опасного количества осадков на территории юго-западного Ирана. Эти результаты, важные для климатографии и организации

водохозяйственных работ, послужили основой для сравнения с количеством осадков, рассчитанных по модели WRF-ARW.

- 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.

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

- Исследовано влияние конфигурации доменов модели WRF-ARW и соотношения их шагов 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 более мелкого шага сопровождается падением точности прогноза.

- 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.

Теоретическая значимость:

Проведённые исследования открывают новые возможности для уточнения количественного прогноза распределения количества осадков по территории юго-западного Ирана с его сложным и неоднородным рельефом.

Практическая значимость:

Проведённые исследования послужат основой для создания системы прогнозирования распределения количества сильных ливней по водосборам и вызываемых ими паводков на территории юго-западного Ирана.

Ценность научных работ соискателя

Прогноз сильных осадков является далеко ещё не решённой научной задачей. Использование результатов численного моделирования атмосферных процессов оставляет пока не даёт возможности точно предсказать пространственную локализацию и время выпадения ливней. Научная работа Маддаха Мохаммада Амина, направленная на создание методики наиболее точного прогноза сильных осадков на территории юго-западного Ирана, позволяет проследить, как изменяются погрешности прогноза осадков в зависимости от конфигурации модели и создаёт научную основу как для эффективного использования результатов моделирования, так и для выявления источников погрешностей, не устранимых путём вариации конфигурации модели. Таким образом, он определяет главное направление для совершенствования физико-математической основы модели – дальнейшее совершенствование параметризации конвекции.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования.

Адаптированную автором работы модель WRF можно рекомендовать к внедрению в практику водохозяйственного планирования на территории юго-западного Ирана в качестве основной прогностической системы распределения осадков по территориям водосборов.

Результаты работы можно рекомендовать к использованию для оценки точности прогнозов осадков, а также как основу для корректировки спрогнозированных значений сильных осадков.

Тема диссертации соответствует следующей области исследований паспорта научной специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология»:

П.13 «Осадки, закономерности их распространения на суше и в океане.»

Соискатель имеет **3** опубликованных работ, в том числе по теме диссертации (**3**), работ, из них в рецензируемых ВАК научных изданиях, опубликовано **3** работ объем **39 стр.**, авторский вклад в каждую не менее **85 %**.

Диссертационная работа **Маддах Мохаммад Амин** соответствует п. 9, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатам диссертациям, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки методики численного прогноза распределения осадков по территории юго-западного Ирана, имеющей важное значение для развития водохозяйственного планирования страны.

В диссертации отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора и источник заимствования. При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем лично или в соавторстве, соискатель отметил это обстоятельство. 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 и агрометеорология».

Заключение принято на заседании группы экспертов, сформированной решением директора Института наук о Земле СПбГУ, от 22 марта 2018 г.

Заключение заслушано и обсуждено на открытом заседании кафедры климатологии и мониторинга окружающей среды Института наук о Земле СПбГУ. Присутствовали на заседании 14 человек. Результаты голосования: за – 14 чел., против – нет, воздержались – нет, протокол № 2 от 23 марта 2018 г.

Председатель комиссии экспертов:

Священников Павел Николаевич,
кандидат географических наук,
заведующий кафедры климатологии и
мониторинга окружающей среды, СПбГУ

Члены

Комиссии экспертов:

Дмитриев Василий Васильевич,
доктор географических наук,
профессор кафедры гидрологии суши,
СПбГУ

Белоненко Татьяна Васильевна,
доктор географических наук,
профессор кафедры океанологии, СПбГУ