

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу **Бисчокова Руслана Мусарбиевича**
«Анализ и прогноз трансформации климатических характеристик и учет их динамики в задачах управления агропромышленным комплексом (на примере центральной части Северного Кавказа)», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология и агрометеорология

В связи с важностью исследуемого вопроса для АПК, совершенствование методов анализа и прогнозирования агроклиматических процессов и ресурсов, метеорологических параметров и урожайности сельскохозяйственных культур с учетом изменения климата, является в настоящее время актуальной научной проблемой.

В целях адаптации аграрного производства к изменениям климата необходимо комплексное исследование характера и тенденций изменений мезомасштабных метеорологических параметров, их влияния на вегетацию и урожайность сельскохозяйственных культур.

– **Актуальность темы** обусловлена отсутствием комплексных исследований по изучению природно-климатических характеристик в центральной части Северного Кавказа. Дополнительного изучения требуют вопросы, связанные: с анализом пространственно-временных изменений наиболее климатообразующих метеопараметров, характеризующих режим осадков, температурный режим воздуха и почвы, влажностные характеристики, максимальную скорость ветра; с прогнозом климатических характеристик до 2025 года; с построением корреляционно-регрессионной модели, описывающей зависимость урожайности сельскохозяйственной культуры от изменения сезонных значений метеорологических факторов; с разработкой адаптивной нечетко-логической модели типа Мамдани соотношения сезонных значений метеорологических факторов и урожайности сельскохозяйственной культуры по трем уровням: низкая,

средняя и высокая; с практическими рекомендациями для сельхозпроизводителей по адаптации сельскохозяйственного производства к погодным условиям на основе проведенных исследований трансформации агроклиматических ресурсов.

Важной научно-практической задачей также является адаптивная нечетко-логическая модель расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом климатических изменений.

Избранная тема диссертационной работы связана с координационными планами и комплексными программами Академии наук РФ, Минобрнауки РФ и Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Целью диссертационной работы Бисчокова Р.М. является совершенствование методов анализа и прогноза трансформации климатических характеристик в центральной части Северного Кавказа, учет их динамики в задачах управления агропромышленным комплексом и разработка рекомендации по адаптации регионального сельскохозяйственного производства к изменениям метеорологических факторов.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и пяти приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 363 страниц, включая 45 рисунков, 18 таблиц, список литературы из 283 наименований работ.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи и методы решения, изложены научная новизна работы и основные положения, выносимые на защиту, обсуждается теоретическая и практическая значимость работы, приведены сведения об апробации работы, публикациях и структуре диссертации.

Первая глава посвящена анализу современного состояния исследований климата Земли и факторов, воздействующих на него, а также возможные последствия влияния климатических изменений на сельскохозяйственное

производство. Излагаются проблемы адаптации сельского хозяйства к изменениям климата.

Во второй главе приведены результаты комплексного анализа основных метеорологических параметров, характеризующих режим осадков, температурный режим воздуха и почвы, влажность воздуха и скорость ветра по всем сезонам и за год за период 1956-2009 гг. по данным 9 метеостанций трех регионов Центральной части Северного Кавказа: Нальчик, Баксан, Прохладный, Терек, Минеральные Воды, Кисловодск, Армавир, Сочи и Красная поляна.

В третьей главе приводятся результаты аппроксимации исходных временных рядов метеорологических параметров, по которым строятся результирующие восстановленные временные ряды и разности остатков. По разности остатков осуществляем оценку надежности построенной модели. На следующем этапе выполнены расчеты по прогнозированию динамики метеорологических параметров до 2025 года и их анализ. Исследования проводятся методом спектрально-сингулярного разложения (метод «Гусеница»-SSA).

Четвертая глава посвящена разработке корреляционно-регрессионных моделей урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием основных метеорологических параметров, рассмотренных в главах 2 и 3, что связано с задачей адаптации сельского хозяйства к изменению климата.

Поскольку в реальности все наблюдения являются нечеткими и всегда отмечаются изменения наблюдаемых величин на рассматриваемом временном интервале **пятая глава** посвящена результатам использования метода нечеткой логики для разработки компьютерной модели зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от двух основных метеопараметров: суммарного количества осадков и средней температуры воздуха по сезонам.

В шестой главе исследуется влияние изменения климатических характеристик на рост и развитие яровых однолетних двудольных культур в весенне-летний и летне-осенний сроки выращивания.

Выполнен анализ влияния изменения климатических характеристик на культуры короткого срока вегетации, в частности, на каштановых почвах (в аридных условиях) Центрального Предкавказья.

Для разработки рекомендации по оптимизации структуры посевов на каштановых почвах проведен анализ режима увлажнения за счет выпадающих осадков и длительности срока вегетации для яровых культур за последние 25 лет. Такая работа позволила выявить уровень вероятности получения полноценного по качеству и массе урожая культур разного срока спелости.

Сделан вывод, что в целом, культуры с коротким сроком вегетации можно и целесообразно выращивать на каштановых почвах в районах с экстремальными условиями увлажнения, на богаре – в весенне-летний срок и на орошении – в летне-осенний. При этом пожнивные посевы целесообразно ориентировать на получение зеленой массы для использования в качестве свежих сочных кормов или приготовление силоса.

В заключении сформулированы полученные результаты, выводы и рекомендации.

Основные результаты диссертационной работы, по нашему мнению, заключаются в следующем:

1. Предложен комплекс методов анализа динамики временных рядов метеорологических параметров, включающий: статистический, нормированного размаха (R/S-анализ), отклонения от климатической нормы, скользящих средних с периодом $N=10$, спектрально-сингулярного разложения.

2. Впервые для регионов Центральной части Северного Кавказа (Кабардино-Балкарская республика, Ставропольский и Краснодарский края) разработанными методами проведен комплексный анализ динамики

метеорологических параметров. По результатам исследований средняя температура воздуха в зимний период в Центральной части Северного Кавказа принимает отрицательное значение, при этом в среднем наблюдается ее повышение на $1,36^{\circ}\text{C}$. Показано, что повышение средней температуры воздуха менее заметно в весеннее время. Наибольшее увеличение средней температуры наблюдается в летний и осенний периоды (для всех климатических зон) и составляет $1,4-1,7^{\circ}\text{C}$. Самая низкая среднегодовая температура воздуха отмечается в городах Минеральные Воды и Кисловодск ($8-9,5^{\circ}\text{C}$).

3. Методом спектрально-сингулярного разложения построены аппроксимации для временных рядов метеорологических параметров

4. Получены оценки разности исходных и аппроксимированных рядов метеорологических параметров.

5. Осуществлен прогноз динамики изменения метеорологических параметров в различных климатических зонах Центральной части Северного Кавказа до 2025 года. В ближайшие 10 лет в летние и осенние периоды ожидается повышение средней температуры воздуха (на $0,7-1,2^{\circ}\text{C}$) на всей исследуемой территории Центральной части Северного Кавказа.

6. Построены корреляционно-регрессионные зависимости урожайности основных сельскохозяйственных культур от метеорологических факторов (количество осадков, средняя температура воздуха, средняя температура почвы, средняя относительная влажность воздуха и максимальная скорость ветра). Зависимости использованы для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур при адаптации аграрного сектора к изменениям климата. Получено, что повышение летней средней температуры воздуха может привести к засухе в степной зоне, которая повлечет за собой снижение урожайности сельскохозяйственных культур на $22-25\%$.

7. Методом нечеткой логики построена модель зависимости интервалов низкой, средней и высокой урожайности от агрометеорологических параметров. При задании значений метеорологических факторов модель позволяет прогнозировать возможные значения урожайности.

8. По результатам исследований разработаны предложения для аграрного сектора экономики КБР. Отмечено, что для степной зоны территории КБР наиболее эффективны посевы озимых и яровых культур короткого срока вегетации, продуктивность которых в богарных условиях в сравнении с поздними культурами в отдельные годы возрастает на 12-19%.

9. Материалами исследований обусловлены мероприятия по усовершенствованию структуры посевов с насыщением севооборотов культурами с коротким сроком вегетации, преимущественно масличными.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается корректностью аналитических и численных методов исследования, большим массивом информационной базы, в качестве которой послужили ряды метеорологических наблюдений 9 метеостанций центральной части Северного Кавказа, справочные данные по урожайности сельскохозяйственных культур по всем климатическим зонам Кабардино-Балкарской республики.

Значимость для науки и производства полученных автором результатов заключается в том, что:

- усовершенствованы методы анализа динамики метеопараметров;
- впервые проведен комплексный анализ сезонных изменений метеорологических параметров, характеризующих режим осадков, температурный режим воздуха и почвы, влажность воздуха и скорость ветра для регионов Центральной части Северного Кавказа;
- впервые методом спектрально-сингулярного разложения (методом «Гусеница»-SSA) построены восстановленные временные ряды метеорологических параметров;
- по разности остатков исходных и восстановленных рядов проведена оценка надежности используемых моделей;
- проведен сравнительный анализ методов моделирования динамики метеорологических параметров;

- впервые осуществлен прогноз динамики изменения сезонных значений 11 метеорологических параметров до 2025 года методом спектрально-сингулярного разложения;
 - установлены корреляционно-регрессионные связи между продуктивностью сельскохозяйственных культур и сезонными природными факторами: суммарным количеством осадков, средней температурой воздуха и почвы, влажностью воздуха, скоростью ветра;
 - получены прогнозные значения на предстоящие годы урожайности основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории КБР;
 - разработаны адаптивные нечетко-логические модели, позволяющие оценить урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от изменений природно-климатических характеристик;
 - проведен анализ влияния изменения климатических характеристик на урожайность культур короткого срока вегетации на каштановых почвах (в аридных условиях) центрального Предкавказья;
- предложены рекомендации по адаптации сельского хозяйства КБР к меняющимся природно-климатическим условиям.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

1. Результаты комплексного анализа основных климатообразующих метеорологических параметров позволяют оценить зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от природно-климатических факторов.
2. Практические рекомендации апробированы и рекомендованы для внедрения в нескольких хозяйствах Кабардино-Балкарской республики.
3. Разработанная в рамках настоящей диссертационной работы методика анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от изменения климата внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВПО КБГАУ им. В.М. Кокова по изучению дисциплин.
4. Научные результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы соответствующими органами управления Северо-Кавказского

федерального округа для адаптации сельскохозяйственного производства к изменениям природно-климатических условий.

5. Разработанная в рамках настоящей диссертационной работы методика анализа и прогноза метеорологических параметров может быть использована Росгидрометом при выполнении НИР по агрометеорологии.

6. Разработанная в рамках настоящей диссертационной работы методика прогноза урожайности сельскохозяйственных культур рекомендована Министерству сельского хозяйства КБР для практического применения при планировании сельскохозяйственных работ в предстоящие годы.

Отмеченная оценка убедительно подтверждена автором **актами о внедрении** результатов работы.

Разработанные в диссертации положения вносят значительный вклад в развитие теоретической и экспериментальной метеорологии.

Опубликованные автором работы и автореферат в полном мере отражают содержание диссертации, которая в целом заслуживает положительной оценки.

✓ В диссертации Бисчокова Р.М. можно отметить ряд недостатков:

1. На приведено исследование многолетней периодичности метеопараметров сглаженных с применением скользящих средних с помощью автокорреляционного анализа.

2. Целесообразно было учесть влияние аномальных метеоявлений на урожайность с использованием фиктивных переменных при регрессионном анализе

3. Не рассмотрены примеры применения разработанного метода прогноза урожайности с применением нечетких множеств, что не позволяет оценить точность метода.

4. Рисунки, приведенные в первой главе мало информативны.

5. В работе имеются неточные формулировки и орфографические ошибки. Непонятно, почему асимметрия поясняется на примере

биномиального распределения (стр.52), и нет определения величин, входящих в формулы 2.2 и 2.3 . На рисунках 2.4 – 2.8 непонятно , что является аргументом для первых графиков каждого метеопараметра. На стр.94 неудачна формулировка «для средней температуры воздуха процесс начинается со стихийного». У таблицы на стр.152-153 нет заголовка. Подпись к рис.5.3 предполагает, что рисунок цветной, а в диссертации он черно-белый. На стр.210 неудачно написано «если в найденном году имелись критические метеорологические значения, то необходимо провести дополнительные исследования по предотвращению повторений».

Отмеченные недостатки не снижают теоретическую и практическую значимость диссертационной работы Бисчокова Р.М.

Заключение. Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Бисчоков Руслан Мусарбиевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 25.00.30 – метеорология, климатология и агрометеорология. ✓

Зав. отделом математического моделирования ФГБУ Южный математический институт ВНИЦ РАН и РСО-А д.ф.-м.н.

Е.С.Каменецкий
Е.С.Каменецкий

