

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию Каргаполовой Нины Александровны
«Алгоритмы численного стохастического моделирования нестационарных
метеорологических и биоклиматических процессов»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.01.07 – Вычислительная математика

Актуальность избранной темы.

Информация о погодных условиях и их воздействии на человека необходима как в повседневной жизни и деятельности отдельного человека, так и в функционировании различных отраслей народного хозяйства. Для описания влияния метеоусловий на здоровье и самочувствие человека часто используют биоклиматические индексы. Крайне актуальной является задача разработки систем предупреждения о неблагоприятных погодных и биоклиматических явлениях. В основе таких систем могут лежать стохастические модели метеорологических и биоклиматических процессов, позволяющие осуществлять сценарное моделирование и вероятностное прогнозирование. Соответственно, разработка моделей метеорологических и биоклиматических процессов, описывающих их с высоким качеством, является актуальной и практически значимой задачей. Диссертация Н.А. Каргаполовой посвящена разработке и реализации таких моделей на основе данных многолетних метеонаблюдений на редкой сети метеостанций.

Структура и содержание работы.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 3 приложений.

Во *введении* обоснована актуальность темы исследования; сформулированы цели и задачи проводимой работы, а также новизна полученных результатов; перечислены основные методы, использованные для достижения поставленных целей; приведены положения, выносимые на защиту, сведения об апробации и публикациях, краткое содержание всех разделов диссертационной работы.

В *Главе 1* предложены алгоритмы, применимые для моделирования однородных случайных полей и условных негауссовских процессов с интервальными и точечными условиями. В этой главе также рассмотрены вопросы, связанные со стохастической интерполяцией случайных процессов.

В *Главе 2* приведены результаты разработки, исследования и верификации численных стохастических моделей метеорологических процессов. Рассмотрены алгоритмы стохастического моделирования временных рядов и пространственно-временных полей комплексов метеорологических параметров (приземной температуры воздуха, относительной

влажности, модуля скорости ветра, атмосферного давления и др.) с различными шагами по времени. Результаты верификации показывают, что предложенные модели с высокой точностью воспроизводят многие статистические свойства реальных метеорологических процессов.

Глава 3 посвящена разработке, исследованию, верификации и сравнению различных моделей временных рядов, пространственных и пространственно-временных полей биоклиматических индексов. Предложенные модели основаны либо на применении стохастических «генераторов погоды», либо на непосредственном использовании определяющих формул для каждого из рассматриваемых биоклиматических индексов.

В *Главе 4* приведены теоретические исследования свойств ряда конструктивно определенных периодически коррелированных кусочно-постоянных и кусочно-линейных случайных процессов, которые могут быть применены для интерполяции метеорологических и биоклиматических процессов дискретного времени. Описан класс асимптотически периодически коррелированных случайных процессов, а также сформулировано и доказано необходимое и достаточное условие принадлежности случайного процесса к этому классу. Приведены примеры асимптотически периодически коррелированных случайных процессов и исследованы их свойства.

В *заключении* кратко сформулированы основные результаты диссертационной работы и представлены перспективы дальнейшей разработки темы исследования и использования полученных результатов.

Список литературы содержит 210 наименований.

В *приложении 1* описаны некоторые известные методы моделирования случайных процессов, которые были использованы при численной реализации моделей, предложенных в главах 2 и 3. *Приложение 2* содержит сведения о метеорологических станциях и данных наблюдений, которые были использованы при построении и верификации представленных в диссертации моделей. *Приложение 3* состоит из таблиц, в которых приведены результаты верификации моделей, описанных в *Главе 3*.

Научная новизна.

Результаты, представленные в диссертации, являются новыми, в том числе:

1. Впервые предложены и разработаны стохастические модели временных рядов, пространственных и пространственно-временных полей различных биоклиматических индексов.

2. Впервые разработаны стохастические модели негауссовских временных рядов и пространственно-временных полей комплексов метеорологических параметров с учетом их реальной пространственно-временной неоднородности, характерной для различных регионов

России, и на их основе проведены расчёты различных характеристик редких метеорологических событий.

3. Предложены новые алгоритмы моделирования двумерных однородных случайных полей с невыпуклыми корреляционными функциями и условных негауссовских процессов с точечными и интервальными условиями.

4. Разработанные алгоритмы условных негауссовских процессов позволили построить стохастические прогностические модели временных рядов биоклиматических индексов, которые продемонстрировали высокую оправдываемость краткосрочных прогнозов.

5. Определён класс асимптотически периодически коррелированных случайных процессов. Сформулированы необходимые и достаточные условия принадлежности случайного процесса к этому классу. Для неоднородных марковских цепей с матрицами переходов, периодически зависящими от времени, а также кусочно-постоянных и кусочно-линейных асимптотически периодически коррелированных процессов получены точные выражения для корреляционной функции и других характеристик.

Научная и практическая ценность полученных результатов.

Научная и практическая ценность диссертации заключается в том, что предложен новый, стохастический, подход к моделированию метеорологических и биоклиматических процессов, позволяющий существенно расширить круг решаемых задач. В частности, разработанные модели и алгоритмы позволяют в условиях редкой сети метеостанций проводить расчет и исследование различных характеристик опасных метеорологических явлений, что необходимо для оценки рисков различных видов деятельности в неблагоприятных погодных условиях.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертации теоретических результатов подтверждается корректным применением математического аппарата при доказательстве сформулированных утверждений. Результаты моделирования хорошо согласуются с данными реальных наблюдений.

Апробация результатов.

Представленные результаты прошли рецензирование при публикации в авторитетных научных изданиях. По теме диссертационной работы Каргаполовой Н.А. опубликовано 33 статьи, в том числе 22 работы в изданиях, зарегистрированных в базах данных Web of Science и/или Scopus, 12 статей – в журналах из перечня ВАК. В опубликованных работах отражено основное содержание, результаты и выводы диссертационного исследования.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 37 российских и международных конференциях.

По тексту диссертации можно сделать ряд **замечаний**:

1. Во введении (стр. 9) указано, что в последние годы, вслед за работами диссертанта, стохастический подход к моделированию биоклиматических процессов применяется различными исследователями (приведены ссылки на работы [123, 124, 197]). Имело бы смысл провести в 3 главе сравнение моделей и/или результатов моделирования, полученных диссертантом и другими авторами.

2. В главе 3 рассматриваются алгоритмы интерполяции биоклиматических индексов с сети метеорологических станций в произвольные пространственные точки. При этом, не приведены результаты исследования погрешности такой интерполяции с учётом зависимости значений биоклиматических индексов от времени.

3. В параграфе 4.2 главы 4 введено понятие асимптотически периодически коррелированного случайного процесса. Широко известно (и используется в диссертации) понятие периодически коррелированного случайного процесса. Следовало бы описать связь между процессами этих двух типов.

4. Термин «асимптотически периодически коррелированный процесс» считаю неудачным из-за громоздкости.

5. В главе 4 (стр. 202) указано, что рассмотренные в диссертации марковские цепи с матрицами переходных вероятностей, являющимися периодическими функциями времени, применяются для моделирования метеорологических процессов (в качестве примера приведена ссылка на статью [173] диссертанта). В диссертации следовало бы не только сослаться на работу, но и описать полученные в ней результаты.

6. В диссертации и автореферате есть некоторое количество опечаток. Например, на стр. 66 диссертации в формуле для дисперсии потеряно слагаемое.

Перечисленные замечания и недостатки не имеют принципиального характера и не снижают общую положительную оценку работы.

Перспективы внедрения результатов диссертации.

Материалы диссертации могут быть полезны широкому кругу специалистов, занимающихся научно-исследовательской работой в области численного стохастического моделирования природных процессов, в том числе метеорологических и биоклиматических. Разработанные подходы, алгоритмы и модели могут быть использованы при исследованиях, проводимых в ряде научных организаций, в частности, в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (Санкт-Петербург), Лимнологическом институте СО РАН (Иркутск),

Институте водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул), Институте водных проблем РАН (Москва), Гидрометцентре России (Москва) и Институте мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск).

Заключение.

Диссертационная работа Н.А. Каргаполовой представляет собой законченную научно-исследовательскую работу. Она обобщает самостоятельные исследования автора, выполненные на актуальную тему, и содержит новые результаты. Выносимые на защиту положения содержательны и обоснованы. Основные результаты диссертационной работы достаточно полно опубликованы и прошли апробацию. Оформление диссертации и автореферата соответствует предъявляемым требованиям. Автореферат достаточно полно и корректно отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация соответствует всем требованиям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, а её автор Каргаполова Нина Александровна заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.07 – Вычислительная математика.

Официальный оппонент

Черемисин Александр Алексеевич

доктор физико-математических наук, специальность 01.04.14 – Теплофизика и молекулярная физика (соответствует 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника), профессор, заведующий лабораторией дисперсных систем, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, Новосибирск, Институтская ул., 3, тел. 8 (383)333-07-87, e-mail: cheremisin@kinetics.nsc.ru

Черемисин

Черемисин А.А.

25 апреля 2022 г.

Подпись Черемисина А.А. заверяю.



Норьева А.П.
к.ф.и.н., уполномоченный секретарь
ИХХГТ СО РАН