

УДК 551.509.3(47+57-25)

Конфигурация COSMO-Ru2Bu модели COSMO: успешность и методология оценки численных прогнозов β - и γ -мезомасштабных атмосферных процессов / Розинкина И.А., Ривин Г.С., Багров А.Н., Блинов Д.В., Быков Ф.Л., Васькова Д.В., Захарченко Д.И., Бундель А.Ю., Воробьева Е.В., Кирсанов А.А., Полюхов А.А., Шатунова М.В., Шувалова Ю.В., Елисеев Г.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 6-34.

Приведено краткое описание конфигурации COSMO-Ru2Bu (шаг сетки 2,2 км) модели COSMO, обеспечивающей выпуск численных прогнозов погоды до 48 часов для регионов Европейской территории России и Республики Беларусь, методология и результаты оценки точности этих прогнозов. COSMO-Ru2Bu реализована в Гидрометцентре России, функционирует в системе оперативного регионального численного прогноза погоды COSMO-Ru на суперкомпьютере CRAY XC40-LC.

Особенностями COSMO-Ru2Bu являются: обширный домен с шагом сетки, позволяющим явно описывать крупные (высотой свыше 5–6 км) конвективные движения, а также учитывать особенности рельефа; 2) «встроенная» технология усвоения данных доплеровских метеорологических радиолокаторов, позволяющая получать более точные прогнозы быстроразвивающихся опасных явлений на ближайшие часы; 3) «встроенная» система визуализации большого количества карт по различным регионам с каскадным повышением детализации изображений.

Оперативные испытания 2020–2021 гг. выявили высокий уровень успешности прогнозов базовых метеопараметров у земной поверхности. Для сравнения с прогнозами по мезомасштабным моделям более грубого разрешения (например, конфигурации COSMO-RuBENA, шаг сетки 6,6 км) процессов с высокой пространственно-временной изменчивостью (порывов ветра, часовых сумм осадков, погодных характеристик в горных областях и т. д.) понадобилось расширение стандартных для оперативных испытаний подходов и критериев: оценивание по географически однородным областям, использование специальных оценок редких событий, сравнение с радарной информацией.

Ключевые слова: численный прогноз погоды, мезомасштабное атмосферное моделирование, усвоение радарных данных, оценка прогнозов погоды, негидростатическая модель атмосферы

Табл. 2. Ил. 11. Библ. 25.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-6-34>

УДК 551.509.39

Роль изменчивости скорости ветра подсеточного масштаба в задаче долгосрочного прогноза аномалий погоды / Фадеев Р.Ю. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 35-54.

Рассматриваются уточнения модели общей циркуляции атмосферы ПЛАВ, которые позволили заметно уменьшить систематические ошибки воспроизведения осредненных характеристик атмосферной циркуляции. Особое внимание уделяется алгоритму параметризованного описания изменчивости скорости ветра подсеточного масштаба и его роли в методологии расчёта потоков турбулентного перемешивания в пограничном слое атмосферы. Выводы о статистической значимости влияния рассматриваемых изменений на точность воспроизведения атмосферной циркуляции сделаны на основе анализа качества ретроспективных долгосрочных прогнозов с заблаговременностью до четырех месяцев для двух сезонов, а также на основе исследования осредненных характеристик модельной атмосферы в сравнении с реанализом ERA5.

Ключевые слова: модель общей циркуляции атмосферы, численный прогноз погоды, параметризации процессов подсеточного масштаба, подсеточная изменчивость ветра

Табл. 3. Ил. 4. Библ. 32.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-35-54>

УДК 551.513.3

Статистические оценки параметров центров действия атмосферы в зимнем и летнем сезонах по данным реанализа за период 1992–2021 годов / Балакин В.С., Шипко Ю.В., Колычев О.В., Кузнецов И.Е., Закусилев В.П., Шувакин Е.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 55-76.

Исследуются климатологические центры действия атмосферы (постоянные и сезонные) Северного и Южного полушарий для центральных месяцев зимнего и летнего сезонов. В качестве исходной информации использованы данные геопотенциальной высоты изобарического уровня 1000 гПа архива реанализа параметров атмосферы NCEP/DOE AMIP-II за 1992–2021 гг. Программно-реализованная обработка многолетних данных файлов реанализа позволила отобразить на карте распределения повторяемости «синоптических» центров действия в узлах регулярной сетки (с шагом 2,5° по широте и долготе). Представлены статистические оценки параметров центров действия атмосферы (местоположения, интенсивности), в том числе характеристики эллипсов рассеяния. Дан анализ изменения характеристик в сравнении с базовым климатическим периодом 1961–1990 гг. (по данным реанализа NCEP/NCAR). Показана динамика характеристик центров действия в виде скользящих 10-летних средних за период 2000–2021 гг.

Ключевые слова: центр действия атмосферы, реанализ, геопотенциальная высота, эллипс рассеяния, скользящая средняя, тенденция

Табл. 3. Ил. 15. Библ. 25.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-55-76>

УДК 551.581

Синоптические условия формирования сухих и влажных волн тепла и холода на Средней Волге / Морозова С.В., Лапина С.Н., Полянская Е.А., Алимбиева М.А. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 77-92.

Статья посвящена памяти Нины Константиновны Кононовой – выдающегося ученого-метеоролога, исследователя и замечательного человека.

Приведены результаты синоптико-статистического анализа сухих и влажных волн тепла и холода различной продолжительности и интенсивности на Средней Волге. Идентификация волн производилась на основе данных о средней суточной температуре воздуха и суточных суммах осадков на станции Саратов. С использованием евклидова расстояния проведена классификация синоптических ситуаций и выделены соответствующие эталонные поля давления.

Ключевые слова: волны тепла и холода, синоптические условия формирования волн, метод эталонов, трансформационные и динамические процессы

Ил. 7. Библ. 23.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-77-92>

УДК 551.515.3

Анализ синоптических процессов возникновения смерчей в Курской области и близлежащих районах / Санникова Г.В. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 93-113.

Рассмотрены случаи возникновения смерчей в Курской области и близлежащих районах Белгородской, Орловской областей и Сумской области Украины в 2003 и в 2019–2022 гг. Проанализированы условия возникновения рассматриваемого опасного явления на основе данных приземных, аэрологических и спутниковых наблюдений. Выделены случаи мезоциклонных смерчей, вызвавших наиболее разрушительные последствия и гибель людей. Систематизированы параметры облачности, типы воздушных масс и варианты синоптической ситуации, сопутствующие смерчам. Показана необходимость использования данных численных мезомодельных расчетов для распознавания смерча с помощью ДМРЛ-С.

Ключевые слова: смерч, суперячейка, Черноземье, Курская область, ДМРЛ-С

Табл. 4. Ил. 9. Библ. 15.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-93-113>

УДК 551.501.81

Диагностика града на основе данных ДМРЛ-С и результатов численного моделирования / Алексеева А.А., Бухаров В.М., Лосев В.М. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 114-127.

Приводятся результаты усовершенствования алгоритмов диагностики выпадения града на поверхность земли и его размера на основе данных сети ДМРЛ-С и численного прогнозирования. Алгоритмы реализованы в рамках автоматизированной технологии, функционирующей в режиме реального времени, с представлением результатов в базе данных и в виде карт. Предусмотрена двухчасовая, относительно срока наблюдений, анимация диагностированных зон с градом. Реализован алгоритм распознавания фазового состояния осадков в облаке, что позволило уточнить диагностику града поздней весной и ранней осенью, отсеив случаи с снежной и ледяной крупой. Приведены результаты верификации о предупрежденности случаев с градом. Сделан вывод, что полученные результаты усовершенствования диагностики града по радиолокационной информации позволят уточнить на Европейской территории России данные о случаях выпадения града на поверхность земли, дополнив уже имеющиеся, по информации сети метеорологических и дистанционных наблюдений, что имеет и практическое значение для формирования более точных штормовых предупреждений об возникновении явления.

Ключевые слова: град, диагностика, фазовое состояние осадков в облаке, радиолокационные данные, сеть ДМРЛ-С, автоматизированная технология

Ил. 5. Библ. 14.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-114-127>

УДК 551.513

Решение задачи гашения свободных колебаний уровенной поверхности воды в Финском заливе / Клёмин В.В., Королёва О.А. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 128-137.

Предлагаемая статья является третьей в серии статей авторов из Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, опубликованных в журнале «Гидрометеорологические исследования и прогнозы» (№1 (371) 2019; №2 (380), 2021). В этих статьях продемонстрировано применение математических методов оптимизации, от классического вариационного исчисления до современных методов Понтрягина и метода моментов, для решения конкретных задач управления природными процессами.

В данной статье для прогноза штормового нагона в Финском заливе выбрана система уравнений, которая, как показали расчеты по данным наблюдений, позволяет прогнозировать максимальный уровень подъема воды в устье реки Нева с погрешностью, не превышающей 10 %. Предложен алгоритм решения задачи гашения свободных колебаний уровенной поверхности воды в Финском заливе. Представлены результаты расчетов управляющих воздействий, а также уровней подъема воды при гашении свободной гравитационной волны при одностороннем и двухстороннем воздействии. Результаты расчетов на примере наводнения 28–29 сентября 1975 года показали, что при гашении свободной гравитационной волны штормового нагона максимальный уровень подъема воды в устье р. Нева мог быть уменьшен с 280 см до 194–195 см, то есть на 85–86 см (на 30 %).

Ключевые слова: штормовой нагон, свободные колебания водной поверхности, управляющее воздействие

Табл. 2. Ил. 3. Библ. 8.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-128-137>

УДК 556.536+519.688+004.8+004.438

Глубокие нейронные сети архитектуры трансформер в задачах гидрологических прогнозов / Романов А.В., Акмаев Э.Р., Червоненкис М.А. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 138-155.

Выполнен анализ современных нейросетевых моделей, используемых для обработки временных рядов. При этом особое внимание уделено архитектуре построения алгоритмов глубокого машинного обучения. Показаны преимущества нейросетевой модели Temporal Fusion Transformer (TFT), которая выбрана в качестве базовой для моделирования процесса формирования весеннего половодья. Детально численно проанализированы возможности использования модели TFT для долгосрочного прогноза максимальных уровней воды с заблаговременностью 60 и 90 суток для нескольких водпостов р. Исеть (бассейн речной системы Тобола). В качестве исходной информации для обучения модели (зависимая/обучаемая выборка) использованы суточные временные ряды за 27 лет (1991–2017 гг.) по восьми гидрометеорологическим характеристикам. Приводятся результаты прогнозов для независимой выборки (2018–2022 гг.), а также данные оперативного прогноза за 2023 год. Выделены несколько направлений развития нейросетевого моделирования для долгосрочных и краткосрочных прогнозов речного стока.

Ключевые слова: долгосрочные гидрологические прогнозы, половодье, нейронные сети, расход воды, уровень воды, искусственный интеллект, глубокое машинное обучение, Временной Объединяющий Трансформер

Табл. 6. Ил. 7. Библ. 8.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-138-155>

УДК 504.3.054

Изменения кадастровых данных о выбросах в атмосферу загрязняющих веществ в московском регионе / Борисов Д.В., Кузнецова И.Н., Нахаев М.И. // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 156-173.

Для планируемой модификации технологии прогнозирования качества воздуха за счет перехода к новой версии ХТМ CHIMERE проведен сравнительный анализ эмиссий ЕМЕР-2020 с используемыми в настоящее время данными о выбросах загрязнителей в атмосферу ЕМЕР-2013. Выявлено снижение в последние годы суммарного объема эмиссий на территории московского региона на 40 %, установлено их пространственное перераспределение и изменение вкладов отраслевых источников в суммарный выброс. Больше всего в ЕМЕР-2020 по сравнению с ЕМЕР-2013 изменен вклад эмиссий автотранспорта (увеличен до 58 %) и вклад эмиссий от промышленного сжигания (увеличен до 27 %). Особый интерес представляет сравнение кадастровых эмиссий в 2019 и 2020 гг.; обнаружено небольшое уменьшение суммарных эмиссий (на 1–6 %) в 2020 г., что адекватно соотносится с ограничительными мероприятиями в период пандемии COVID-19.

Представлены и обсуждаются результаты сравнений данных о выбросах в атмосферу Росприроднадзора и ЕМЕР-2019 на территории Москвы; установлено совпадение суммарных эмиссий при отличиях в пространственном и отраслевом распределении. Разработанные алгоритмы сравнительного анализа данных ЕМЕР и Росприроднадзора универсальны, могут применяться для анализа обновленных данных на любых территориях.

Ключевые слова: эмиссии ЕМЕР, химическая транспортная модель, CHIMERE, данные Росприроднадзора, пандемия COVID-19

Табл. 3. Ил. 5. Библ. 13.

DOI: <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-2-156-173>