

# Геоинформационная система повышения оправдываемости численного прогноза погоды для Беларуси



Около 40% ВВП Беларуси зависит от погодных условий, в первую очередь это относится к сельскому и лесному хозяйству, топливно-энергетическому комплексу, строительству, транспорту и коммуникациям, а также жилищно-коммунальному хозяйству. Снижению показателя на 0,4% ежегодно способствуют такие опасные атмосферные явления, как сильный ветер, ливневые дожди, град и экстремальные температуры.

Институтом природопользования НАН Беларуси совместно с Белгидрометом в рамках государственной научно-технической программы «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности» на 2021–2025 гг. разработана автоматизированная система повышения оправдываемости гидродинамического прогноза погоды для территории нашей страны на основе данных спутникового и наземного дистанционного зондирования и объективного анализа метеорологических полей.

Специалистами института впервые реализована технология ассимиляции в мезомасштабную модель атмосферы WRF (Weather Research and Forecasting), применяемую в Белгидромете, данных радиоакустического и микроволнового зондирования (SODAR/RASS) профилей ветра и температуры в пограничном слое атмо-

сферы. Разработана новая цифровая модель подстилающей поверхности для территории Беларуси с возможностью динамического уточнения физических параметров почвенно-растительного покрова на основе оперативных спутниковых данных.

В опытную эксплуатацию внедрена информационная система «Автоматизированный программный комплекс контроля, подготовки и ассимиляции в численную модель прогноза погоды WRF-ARW геофизических данных о подстилающей поверхности по европейской территории». Согласно предварительным оценкам, динамическое уточнение параметров на основе оперативных спутниковых данных позволило сократить среднеквадратическую погрешность прогноза приземной температуры воздуха для сроков до +48 ч на 0,17–0,31 °C в сравнении с базовым прогнозом

WRF. Согласно протоколу апробации, с 01.01.2022 г. по 25.06.2024 г. отмечалось сокращение среднеквадратической ошибки прогноза приземной температуры для территории Беларуси на 1,2 °C и повышение его оправдываемости по ТКП на 10%.

Разработан и внедрен в опытную эксплуатацию в Белгидромет автоматизированный программный комплекс подготовки, контроля и ассимиляции в численную модель прогноза погоды WRF-ARW данных наземных температурно-ветровых профилей по территории Беларуси с применением методов машинного обучения для детектирования аномалий и коррекции систематических ошибок в ассимилируемых данных. Согласно протоколу апробации разработки за период с 01.01.2022 г. по 25.06.2024 г., отмечено уменьшение среднеквадратической

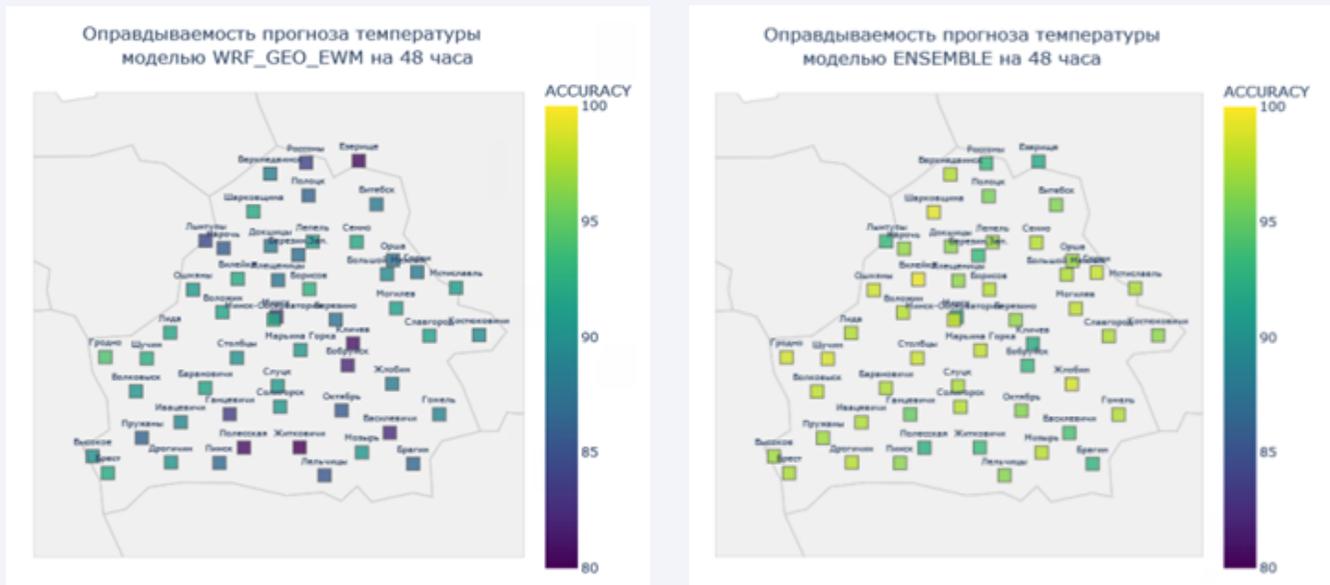


Рисунок. Оценки оправдываемости численного прогноза приземной температуры мезомасштабной гидродинамической моделью WRF до и после коррекции ее прогнозов на основе расчетов ансамбля глобальных моделей

ошибки краткосрочного прогноза приземной температуры воздуха на  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и повышение его оправдываемости по ТКП на 3%, что является хорошим показателем. На основании полученных результатов комплекс рекомендован к использованию в службе метеорологических прогнозов Белгидромета при составлении ежедневных прогнозов погоды.

С целью дальнейшего повышения качества составления численных краткосрочных метеосценариев разработан способ коррекции ошибок мезомасштабной гидродинамической модели WRF, применяемой в Белгидромете, методами машинного обучения. В качестве предикторов поправки к данным WRF используются прогнозы глобальных гидродинамических моделей общей циркуляции атмосферы – Национального центра прогнозирования состояния окружающей среды GFS (США), Метеорологической службы UKMO (Великобритания), Гидрометцентра COSMO (Россия), службы погоды ICON

(Германия). Помимо этого, в расчетах принимаются во внимание географические координаты местности, рельеф, тип почвы и растительного покрова. Модель машинного обучения настраивается на скользящем временном окне с учетом ошибок глобальных и региональных систем в дни, предшествующие прогнозу. Учитывая, что значимость обучающих данных возрастает по мере приближения времени их получения ко времени прогноза, в модель, корректирующую метеорологические сведения, введен коэффициент инфляции, экспоненциально затухающий с увеличением интервала между предыдущими наблюдениями и текущим прогнозом. Время уменьшения коэффициента инфляции выбирается на основе анализа автокорреляционной функции прогнозируемого параметра, которая вычисляется отдельно для каждой метеостанции Беларуси.

На рисунке показан результат повышения оправдываемости мезомасштабного прогноза поля приземной температуры за счет его корректировки методами машинного обучения с учетом прогнозов глобальных моделей общей циркуляции атмосферы: в первые сутки – до 99,9–98,9%, вторые – до 98,4–95,9%.

Скорректированные для пунктов сети наблюдений прогнозы приземных метеорологических параметров далее используются в системе объективного анализа метеорологических полей модели WRF с применением методов вариационного усвоения данных. На основе уточненных прогнозных полей приземных метеорологических параметров высокого пространственного разрешения можно формировать краткосрочный прогноз погоды для любой точки Беларуси. ■

С. Лысенко,  
директор Института  
природопользования, д.ф.-м.н.