

УДК 551.5:004.8:519.6.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ
МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

**Осташко Оксана Юрьевна, ассистент,
Зборина Дарья Александровна, студент,
Белорусский государственный технологический университет**

**USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR LIMATE MONITORING
AND FORECASTING CHANGES**

**Ostashko Oksana Yurievna, assistant, ostashko@belstu.by,
Zborina Darya Alexandrovna, student, zborina24@gmail.com,
Belarusian State Technological University**

Статья посвящена анализу применения методов искусственного интеллекта (ИИ) в задачах мониторинга и прогнозирования климатических изменений. Рассматриваются современные достижения в области использования нейросетевых моделей, включая глубокие и рекуррентные нейронные сети, трансформеры и ансамблевые подходы. Приведены примеры успешных внедрений ИИ-систем в США, России и странах Юго-Восточной Азии, включая прогнозирование ураганов, тайфунов, повышение точности долгосрочных климатических моделей, а также мониторинг лесных пожаров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, прогнозирование погоды, климатические изменения, тайфуны, наводнения, рекуррентные нейронные сети, адаптация.

The article is devoted to the analysis of the application of artificial intelligence (AI) methods in the tasks of monitoring and forecasting climate changes. Modern achievements in the field of using neural network models, including deep and recurrent neural networks, transformers and ensemble approaches, are considered. Examples of successful implementations of I-systems in the USA, Russia, and Southeast Asian countries are given, including forecasting hurricanes and typhoons, improving the accuracy of long-term climate models, and monitoring forest fires.

Keywords: artificial intelligence, weather forecasting, climate changes, typhoons, floods, recurrent neural networks, adaptation.

Искусственный интеллект (ИИ) играет всё более значимую роль в мониторинге и прогнозировании климатических изменений, предоставляя мощные инструменты для анализа больших объёмов данных и повышения точности климатических моделей.

Развитие технологий ИИ позволяет анализировать сложные многомерные массивы данных в реальном времени, что даёт возможность выявлять ранее неочевидные взаимосвязи между различными климатическими факторами. ИИ использует методы глубокого обучения, машинного обучения и анализа данных для обработки информации из различных источников: спутниковые снимки, данные наземных станций, метеорологические карты и результаты гидрологических исследований.

Совместная работа NASA и IBM Research привела к созданию модели Prithvi-weather-climate, обученной на данных MERRA-2, что улучшает прогнозы погоды и климата. Эта модель использует архитектуру иерархического двухмерного визуального трансформера, способного масштабироваться как на глобальном, так и на региональном уровнях без потери разрешения. Она позволяет улучшить представление мелкомасштабных физических процессов в численных моделях погоды и климата, а также ускоряет генерацию региональных климатических проекций в тысячи раз по сравнению с традиционными методами высокопроизводительных вычислений [1].

ИИ активно используется для прогнозирования экстремальных погодных условий, таких как ураганы и наводнения. Например, модель Prithvi-weather-climate была успешно применена для прогнозирования траектории и интенсивности урагана Иан в сентябре 2022 года, что демонстрирует потенциал ИИ в повышении точности прогнозов экстремальных погодных явлений [2]. Применение ИИ для прогнозирования ураганов также включает использование ансамблевых моделей, которые объединяют результаты работы нескольких нейронных сетей для получения более точных и стабильных прогнозов.

ИИ также эффективно используется для прогнозирования тайфунов в Юго-Восточной Азии. Применение ИИ позволяет оперативно оценивать риски и предупреждать население о приближении стихийных бедствий. Модели ИИ анализируют исторические данные о штормах, уровень осадков и направление ветра, что повышает точность прогнозов на 15–20% по сравнению с традиционными методами [4].

Учёные из Южного федерального университета и Санкт-Петербургского государственного морского технического университета провели исследование, в котором применили глубокие рекуррентные нейронные сети и их вариации с блоками Gated Recurrent Units (DRNN-GRU) для долгосрочного прогнозирования температуры воздуха. Эти модели показали высокую эффективность, демонстрируя отклонения от фактических данных в пределах 1,2–1,5 градуса Цельсия, что является допустимым показателем для долгосрочного прогнозирования. Применение таких моделей позволяет не только повысить точность прогнозов, но и лучше понять климатические процессы, что особенно актуально в условиях глобальных изменений климата [3].

Кроме этого, искусственный интеллект активно применяется для мониторинга и предотвращения лесных пожаров, что значительно повышает эффективность обнаружения и быстроту реагирования на возгорания. В Калифорнии, США, внедрена система ALERTCalifornia, использующая искусственный интеллект для анализа данных с более чем 1000 камер, установленных по всему штату. Эти камеры обеспечивают обзор на 360 градусов и передают изображения в режиме реального времени. В июле 2023 года система успешно выявила возгорание в отдалённом районе леса около Сан-Диего в 3 часа ночи: ИИ обнаружил аномалию и уведомил пожарные службы, что позволило оперативно направить около 60 пожарных на место происшествия и ликвидировать пожар в течение 45 минут [5].

Подобные технологии внедряются и в России. В Рязанской области система дистанционного видеомониторинга с использованием искусственного интеллекта оперативно выявила два опасных возгорания, возникших от удара молнии. Камеры видеонаблюдения, размещённые на высотных базовых станциях, зафиксировали дым над лесом в первые минуты, что позволило пожарным быстро выехать на место.

Дополнительно, искусственный интеллект используется для моделирования изменений уровня моря, анализа динамики ледников и предсказания изменения структуры океанических течений. Например, исследователи из Национального центра атмосферных исследований (NCAR) разработали модель на основе ИИ, которая прогнозирует ускоренное таяние ледников в результате повы-

шения температуры воды в полярных регионах. Эти данные помогают разрабатывать стратегии по защите прибрежных территорий и предотвращению наводнений.

В ноябре 2023 года исследователи из GoogleDeepMind представили модель искусственного интеллекта GraphCast, которая продемонстрировала превосходство над традиционными методами прогнозирования погоды. GraphCast использует методы машинного обучения для анализа исторических метеорологических данных и способна создавать точные 10-дневные прогнозы менее чем за минуту. В сравнении с одной из ведущих систем прогнозирования, используемой Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF), GraphCast показала более высокую точность по 90,3% из 1380 оцениваемых показателей, включая температуру, давление, скорость и направление ветра, а также влажность на различных уровнях атмосферы.

Одним из примеров успешного применения GraphCast стало предсказание урагана «Ли», который обрушился на Канаду в сентябре 2023 года. Модель смогла предсказать выход урагана на берег в Новой Шотландии за девять дней до события, что на три дня раньше по сравнению с традиционными методами прогнозирования. Это дало местным властям и жителям дополнительное время для подготовки к стихии.

Кроме того, в декабре 2024 года была представлена другая модель ИИ от GoogleDeepMind под названием GenCast, которая также показала превосходство над существующими системами прогнозирования погоды. GenCast способна создавать 15-дневные прогнозы всего за восемь минут, используя один чип GoogleCloud TPU v5, что значительно быстрее традиционных методов, требующих нескольких часов работы суперкомпьютеров. При тестировании GenCast превзошла систему ECMWF по 97% показателей, особенно в прогнозировании экстремальных погодных явлений, таких как ураганы и волны тепла.

Эти достижения свидетельствуют о значительном потенциале искусственного интеллекта в области метеорологии, позволяя не только повышать точность прогнозов, но и существенно сокращать время их подготовки, что особенно важно для своевременного реагирования на экстремальные погодные условия.

Таким образом, искусственный интеллект способствует повышению точности долгосрочных климатических прогнозов. Модель Prithvi-weather-climate может быть дообучена для различных сценариев, включая повышение разрешения долгосрочных климатических моделей с помощью метода, известного как даунскейлинг. Этот подход значительно снижает затраты, связанные с традиционными методами высокопроизводительных вычислений, и улучшает представление мелко-масштабных физических процессов в моделях погоды и климата.

Интеграция ИИ в мониторинг и прогнозирование климатических изменений открывает новые возможности для разработки стратегий адаптации к изменяющимся климатическим условиям. Продолжение исследований и внедрение ИИ в климатологию являются ключевыми для эффективного управления климатическими рисками. Кроме того, развитие технологий ИИ способствует созданию более устойчивых к климатическим изменениям инфраструктур и повышению уровня экологической безопасности.

Список использованных источников

1. NASA и IBM разработали модель Prithvi для прогнозирования климата [Электронный ресурс]. – URL: <https://ziv.ru/nauka/61176-ibm-predstavlyaet-model-iskusstvennogo-intellekta-dlya-prognozirovaniya-klimata.html> (дата обращения: 05.03.2025).
2. Искусственный интеллект в прогнозировании ураганов: пример урагана Иан [Электронный ресурс]. – URL: <https://ziv.ru/nauka/61176-ibm-predstavlyaet-model-iskusstvennogo-intellekta-dlya-prognozirovaniya-klimata.html> (дата обращения: 05.03.2025).
3. Исследование ЮФУ и СПбГМТУ по применению DRNN и DRNN-GRU для прогнозирования температуры [Электронный ресурс]. – URL: <https://smtu.ru/ru/viewnews/921/> (дата обращения: 10.03.2025).
4. Вьетнам использует ИИ для прогнозирования тайфунов и наводнений [Электронный ресурс]. – URL: https://eco.atomgoroda.ru/projects/tehnologii/pri-mene-nie_iskusstvennogo_intellekta_dlja_prognozov_v_gidrometeorologii (дата обращения: 12.03.2025).

5. Применение GraphCast и GenCast от GoogleDeepMind для прогнозирования погоды [Электронный ресурс]. – URL: <https://meduza.io/feature/2023/11/15/iskus-stvennyy-intellekt-vpervye-prevzoshel-v-tochnosti-traditsionnye-modeli-prognoza-pogody> (дата обращения: 12.03.2025).