

СЕКЦИЯ 3. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

МОНИТОРИНГ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Л.В. Грунская, А.Н. Золотов, А.Ю. Абаляев, В.Н. Буренков, И.В.
Фирсов, С.А. Тряпкин, И.А. Нургалиев**

*ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,*

grunsk@vlsu.ru

В статье представлены материалы исследований по задачам техносферной безопасности, проводимых во Владимирском государственном университете (ВлГУ) на базе физического экспериментального полигона, осуществляющего мониторинг ряда характеристик природной среды: электромагнитное поле инфразвукового диапазона, метеопараметры, радиационный фон.

Ключевые слова: мониторинг характеристик, нейронные сети, аварийность, заболеваемость населения, прогнозирование.

Мониторинг характеристик природной среды

На физическом полигоне кафедры общей и прикладной физики Владимирского государственного университета с 1999 года осуществляется непрерывный мониторинг электромагнитных полей инфразвукового диапазона, метеофакторов и радиационного фона. Исследования были сориентированы на изучение как природных атмосферных процессов, таких как грозы, сейсмические процессы, так и воздействия на электромагнитное поле Земли техногенного характера.

ВлГУ является ведущим разработчиком и производителем устройств измерения электростатических полей Земли. История модификаций наших приборов составляет более 15 лет. Представлена блок-схема системы мониторинга (рис. 1). Продемонстрирован внешний вид аналогового электростатического флюксметра (рис. 2). Представлен цифровой флюксметр, предназначенный для измерения напряженности электростатических полей Земли с последующей цифровой обработкой и фильтрацией входного сигнала (рис. 3). Также разработан цифровой датчик параметров атмосферы (температуры, влажности и давления) NL-3DPAS, который выполняется на основе цифрового датчика температуры и давления MS5611, датчика влажности SHT31.

Полученные базы данных за многие годы непрерывного мониторинга позволяют осуществлять исследования по некоторым направлениям:

приливные процессы в атмосфере Земли (лунные и солнечные); предвестники сейсмических событий в электромагнитном поле Земли; гравитационно-волновые процессы астрофизической природы; влияние характеристик природной среды на техногенные процессы и показатели здоровья человека [1–5].

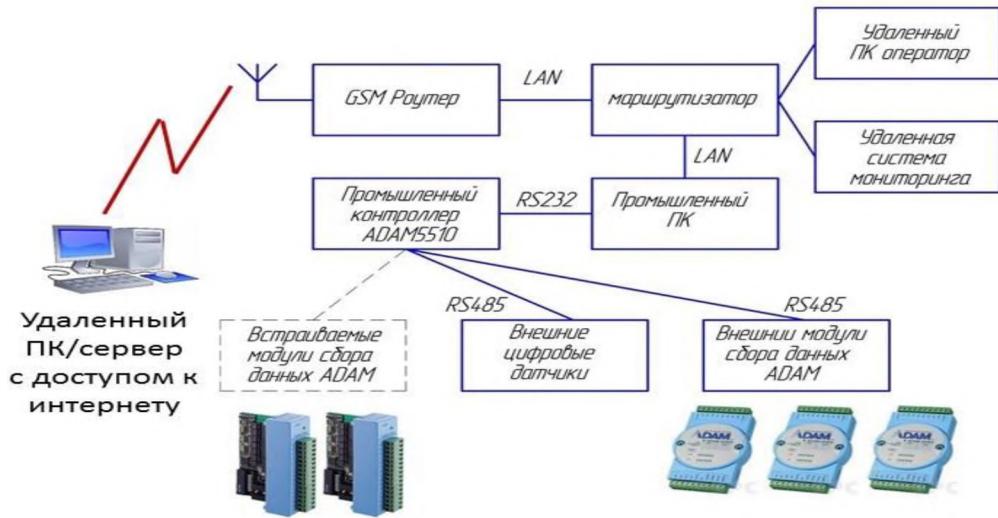


Рис. 1. Структура приемно-регистрирующей системы мониторинга на физическом полигоне ВлГУ с дистанционной передачей данных мониторинга.



Рис. 2. Электростатический флюксметр Рис. 3. Флюксметр ПЧЕЛА-Д1.



Прогнозирование среднего уровня аварийности на дорогах общего пользования с использованием рекуррентных нейронных сетей

Прогнозирование, в том числе краткосрочное, среднего уровня аварийности на дорогах общего пользования позволяет обеспечить обоснованное планирование ресурсов экстренных служб, медицинских учреждений и служб обеспечения безопасности дорожного движения с целью снижения негативных последствий для общества и граждан. Применение искусственных нейронных сетей показало свою перспективность в задачах прогнозирования [6,7]. Однако их применение требует тщательного выбора топологии нейросети, типа используемых нейронов, параметров процесса обучения и подготовки обучающей выборки. Для решения задачи прогнозирования среднего уровня аварийности были использованы данные о суточной аварийности во Владимирской области за период 2001–2010 гг.

Перед использованием данные были подвергнуты процедуре нормализации. Последовательность, объемом 3652 отсчета была разбита на обучающую и контрольную выборки, объемом 3000 и 652 отсчетов, соответственно. В дальнейшем, как обучающая, так и контрольная выборки разбивались на исторический период продолжительностью 30 суток, используемый в качестве входных данных, и прогнозный, продолжительностью 7 суток, применяемый для обучения и контроля работы нейронной сети. Данные контрольной выборки в процессе обучения нейронной сети не использовались. Для наиболее полного учета особенностей временного ряда, подаваемого на вход нейросети, использовался рекуррентный слой, позволяющий учесть в процессе обработки не только среднюю тенденцию изменения данных временного ряда, но и влияние изменений тренда временного ряда внутри исторического периода, предшествующих прогнозному промежутку времени.

Исследование влияния количества нейронов во входном слое показало, что увеличение числа нейронов с 2 до 8, для одного рекуррентного слоя, приводит к снижению ошибки валидации на контрольной выборке для LSTM-нейронов почти в два раза, по сравнению с GRU-нейронами. Использование двух рекуррентных слоев позволило уменьшить ошибку валидации для всех типов рекуррентных нейронов.

Исследование параметров процесса обучения на величину ошибки прогноза показало, что увеличение продолжительности обучения рекуррентной нейронной сети (РНС) приводит к уменьшению ошибки обучения и увеличению ошибки валидации. Решением проблемы переобучения является использование слоя отбрасывания, активного в процессе обучения и не оказывающего влияния на работу обученной РНС, и включение в состав РНС слоя пакетной нормализации.

Поскольку на уровень аварийности оказывает влияние психофизиологическое состояние водителя транспортного средства, представляется важным использование данных об изменении гео- и гелиомагнитной обстановки. Использование данных о солнечной активности позволило снизить ошибку прогнозирования РНС с дополнительным скрытым слоем с 0,6098 для обучения без учета солнечной активности, до 0,5625 для РНС, обученной с учетом числа Вольфа для южного полушария Солнца [6]. Добавление дополнительного скрытого слоя обратного распространения позволило увеличить емкость нейронной сети и улучшить воспроизводимость тенденции прогноза.

Дальнейшее увеличение точности прогнозирования связано с учетом трендовой, сезонной и случайной составляющих временного ряда среднего уровня аварийности. Оценка прогноза, полученного с помощью каскада РНС, осуществляющих обработку трендовой, сезонной и случайной составляющих, показывает, что ошибка прогноза снижается до 0,5057. При этом, суммарный вклад в ошибку прогнозирования трендовой и сезонной составляющих не превышает 12% и может быть незначительно, на 1...1,5%, снижен заменой прогнозирования сезонной составляющей её наперед известной величиной. В целом, результаты использования РНС для прогнозирования среднего уровня

аварийности на дорогах общего пользования показывают перспективность данного подхода, а использование сведений о дополнительных факторах, в частности о солнечной активности, позволяют существенно увеличить точность прогноза.

Анализ динамики ряда заболеваний населения Владимирской области с учетом характеристик природной среды

Солнечная активность непосредственно влияет на магнитное поле Земли, которое, в свою очередь, может оказывать влияние на показатели здоровья человека. Одна из задач связана с выявлением взаимосвязей геофизических полей и солнечной активности со здоровьем человека. Поиск корреляционной зависимости между факторами окружающей среды и показателями здоровья человека может помочь в решении задачи прогнозирования обострений ряда заболеваний человека. По результатам анализа экспериментальных данных по мониторингу солнечной активности и магнитного поля Земли совместно с данными по заболеваемости детского населения Владимирской области выявлена определённая корреляционная взаимосвязь [8–10]. Для анализа были взяты среднегодовые данные по относительным показателям заболеваемости острым инфарктом миокарда и показателями заболеваемости цереброваскулярными болезнями взрослого населения Владимирской области за 2018–2023 годы по данным социально-гигиенического мониторинга. Базы экспериментальных данных по геомагнитному полю взяты по результатам мониторинга на физическом экспериментальном полигоне ВлГУ за этот же период. В ходе проведённых предварительных исследований по выявлению взаимосвязи относительных показателей заболеваемости острым инфарктом миокарда и показателей заболеваемости цереброваскулярными болезнями взрослого населения Владимирской области была проанализирована корреляционная зависимость изменения напряжённости компоненты D магнитного поля Земли с относительными показателями заболеваемости острым инфарктом миокарда и показателями заболеваемости цереброваскулярными болезнями взрослого населения по 16 районам Владимирской области за два периода: предковидный период (2018–2020 годы) и ковидный период (2021–2023 годы).

Исходя из полученных предварительных исследований по относительным показателям заболеваемости острым инфарктом миокарда взрослого населения для 16 районов Владимирской области за предковидный период (2018–2020 годы) выявлены 2 района с неблагоприятной ситуацией (Петушинский, Сузdalский); за ковидный период (2021–2023 годы) выявлены 3 района Владимирской области с неблагоприятной ситуацией (Юрьев-Польский, Собинский, Кольчугинский) по воздействию солнечной активности. По показателям заболеваемости цереброваскулярными болезнями взрослого населения для 16 районов Владимирской области за предковидный период (2018–2020 годы) выявлены 2 района Владимирской области с неблагоприятной ситуацией (Александровский, Сузdalский); за ковидный период (2021–2023 годы) выявлены 3 района Владимирской области с

неблагоприятной ситуацией (Гороховецкий, Петушинский, Меленковский) по результатам воздействия геомагнитного поля. Конечно, солнечная активность является только одним из факторов окружающей человека среды, который влияет на показатели здоровья человека. Тем не менее, эти результаты заслуживают внимания и продолжения исследования взаимосвязи показателей здоровья населения Владимирской области как с факторами окружающей среды, так и необходимости выявления в указанных выше районах с повышенным уровнем взаимосвязей факторов техногенного характера (вредные производства, загрязненность среды и т.д.).

Надеемся, что проводимые нами исследования заинтересуют наших Белорусских коллег и появится возможность проведения совместных научных исследований.

Библиографический список

1. Система мониторинга электрического и геомагнитного поля Земли в инфразвукочастотном диапазоне / Л. В. Грунская, А.Н., М.Ф. Хакимов, С.М. Тихомиров // IX Всероссийская научная конференция по атмосферному электричеству: Сборник материалов научной конференции с всероссийским участием, Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, 26-28 сентября 2023. Санкт-Петербург, 2023, С. 341-352.
2. Система мониторинга геомагнитного и электрического поля земли на физическом полигоне ВлГУ / Л. В. Грунская, А. Н. Золотов, С. М. Тихомиров, М. Ф. Хакимов, Е. Д. Кириллов, С. А. Галактионов // Симпозиум «Физические основы прогнозирования гелиофеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2024»): Сборник тезисов симпозиума, ИЗМИРАН, Москва, г. Троицк, 27-31 мая 2024 года. – С. 155-156.
3. Грунская Л. В., Морозов В. Н. Экспериментальные и теоретические исследования вариаций напряженности электрического поля, обусловленных солнечными и лунными приливами в приземном слое атмосферы //Известия вузов. Физика. 2005. № 8. С. 33–39.
4. Выделение предвестниковых аномалий землетрясения, произошедшего в Турции 6 февраля 2023 года / Лукьянов В. Е., Исакевич В. В., Исакевич Д. В., Грунская Л. В. // Проблемы комплексного геофизического мониторинга сейсмоактивных регионов : Сборник трудов Девятой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Петропавловск-Камчатский, 24–30 сентября 2023 года. – Отв. ред. Д. В. Чебров. – Петропавловск-Камчатский: КФ ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 226-233.
5. Грунская Л. В., Исакевич В. В., Исакевич Д. В. Развитие исследований электромагнитного поля земли в диапазоне гравитационно-волнового излучения двойных звездных систем // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2024. № 1. С. 33–39.
6. Abalyaev A. Yu., Grunskaya L. V. Forecast accuracy analysis of the dangerous technogenic situations occurrence in view of the Impact of geo- and heliophysical factors on a human body using recurrent neural networks // The 2023 International

Conference on Systems and Technologies of the Digital HealthCare (STDH – 2023) : scientific conference materials. IEEE, 2023. P.180–184.

7. Abalyaev A. Yu., Grunskaya L. V. Forecasting the Trend, Seasonal and Random Components of the Average Accident Rate on Public Roads Using Recurrent Neural Networks // 2025 VI International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT): Proceedings of a scientific conference with international participation. Saint Petersburg, Russian Federation, 2025. P. 69–71, doi: 10.1109/NeuroNT66873.2025.11049974.

Грунская, Л. В. Геофизика и биоритмы: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2 / Л.В. Грунская – Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. – С. 51–52. – ISBN: 978-5-9984-1018-5

Влияние геофизических факторов на здоровье человека / А. В. Широбоков, И. А. Лещев, Л. В. Грунская, В. Н. Буренков, Е. Г. Яскин, А. И. Ершов // Биомедицинская радиоэлектроника – 2012. – №6. – С. 62-66.

10. Тряпкин С. А., Грунская Л. В. Взаимосвязь электромагнитного поля Земли с показателями здоровья человека // XVI Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова»: материалы международной научной конференции, Владимир-Сузdalь, 2024. С. 325–331.