

Методы и средства диагностики природной среды

Аннотация

Представлен краткий обзор материалов докладов ученых из университетов и научных организаций России по секции «Методы и средства диагностики природной среды» в рамках XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» (ФРЭМЭ'2020), состоявшейся 1-3 июля 2020 года в г. Владимире (Россия). Участники конференции были ознакомлены с результатами экспериментальных исследований по актуальным проблемам природной среды и ее влияния на показатели здоровья человека. На секции были рассмотрены такие вопросы, как: дистанционные исследования Земли; сенсорные устройства контроля параметров состояния окружающей среды; формирование интерфейсов наноантенн; методы оценки рисков сильных землетрясений; оценка плотности потока энергии от мобильных телефонов; ультравысококачественные модели гравитационного поля Земли и др.

Подробная информация по докладом представлена в трудах конференции «ФРЭМЭ'2020» (<https://cloud.mail.ru/public/35Dx/41hcJ5HFW>).

Организм человека сформировался в условиях резонатора Земля-ионосфера, в котором основными природными факторами, оказывающими воздействие на человека, являются электрическое поле Земли, геомагнитное поле, гравитационное поле. В последнее время все большее внимание уделяется исследованиям, связанным с оценкой степени воздействия указанных факторов, а также солнечной активности на здоровье человека.

Доклады седьмой секции имеют два основных научных аспекта: мониторинг характеристик природной среды с результатами исследований взаимосвязи их с показателями здоровья человека [1]-[7] и разработка современной аппаратуры систем мониторинга и дистанционного зондирования природной среды, а также перспективных информационных технологий [8]-[12].

В первом блоке докладов представлены результаты мониторинга и возможности прогнозирования последствий воздействия различных параметров природной среды на здоровье человека. Например, в докладе [1] были представлены результаты исследований электрического поля Земли инфранизкочастотного (ИНЧ) диапазона, проводимые с целью изучения взаимосвязи характеристик природной среды и показателей здоровья человека.

На физическом полигоне кафедры общей и прикладной физики ВлГУ уже более 40 лет ведется непрерывный мониторинг электромагнитных полей Земли (ЭМПЗ) инфранизкочастотного диапазона, а также метеофакторов и радиационного фона. Целью научных исследований является обнаружение электромагнитных предвестников землетрясений и оценка гравитационного воздействия лунных приливов на ЭМПЗ, а также выявление биофизического влияния ИНЧ ЭМПЗ на показатели здоровья человека.

Одна из задач связана с выявлением предвестников крупных сейсмических событий при анализе унитарной составляющей электрического поля Земли, что является необходимым условием для спасения жизни людей в экстремальных ситуациях. Авторами исследований запатентовано устройство «Сигнализатор изменений главных компонент (СИГК)», представляющий собой прибор для обнаружения предвестников сильных землетрясений. Исследования воздействия геофизических факторов на показатели здоровья населения показали непосредственную связь уровня заболеваемости бронхиальной астмой, обструктивным бронхитом и ларинготрахеитом с уровнем напряженности электрического поля ИНЧ-диапазона ЭМПЗ.

Проводился анализ взаимодействия гелио- и геофизических факторов (числа Вольфа, электрического поля Земли, магнитного поля Земли) с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП) по Владимирской области. На отдельных участках временных рядов была выявлена значимая корреляция между вертикальной составляющей напряженности электрического поля, магнитным полем Земли, числами Вольфа и количеством ДТП, а также количеством погибших и раненых.

Доклад [2] был посвящен прогнозированию среднего уровня аварийности на дорогах общего пользования. Взаимосвязь

дорожно-транспортных происшествий по Владимирской области с гео- и гелиофизическими характеристиками осуществляется на основе результатов мониторинга электромагнитных полей на физическом экспериментальном полигоне и данных солнечной активности. Показана возможность применения рекуррентных нейронных сетей для прогнозирования изменения среднего уровня аварийности с достаточной степенью точностью.

Влияние геомагнитного поля Земли на организм человека представлено в докладах [3]-[5]. В работе [3] даны результаты электродинамического моделирования электромагнитной обстановки в городе. При помощи программы «ФЕКО» проведен электродинамический расчет распределения поля в зоне городской застройки, представленной трехмерной компьютерной моделью. Показана возможность оценки электромагнитной обстановки для выявления участков с уровнями поля, превышающими допустимые санитарные нормы. Характер распределения поля позволяет сделать заключение о невозможности в данном случае достоверной априорной оценки распределения поля в зоне городской застройки иначе как путем прямой электродинамической имитации при помощи компьютера на конкретной трехмерной модели городской застройки. Полученный опыт и результаты моделирования при помощи программы «ФЕКО» могут быть использованы для экологической оценки при разработке проектов сетей мобильной связи в современных промышленно развитых центрах.

В докладе [4] особое внимание уделяется дефициту геомагнитного поля, ведущему к последствиям и необходимости коррекции. Естественные магнитные поля сопровождают существование человека и предшествующих живых организмов миллионы лет. На разных временных этапах, в зависимости от характера изменений, магнитное поле способствовало или угнетало развитие биологического вида. В результате длительного отбора и адаптации появился современный человек, для которого существующие магнитные поля стали не только допустимым фоном, но и необходимым условием биологического выживания. Коррекцию дефицита магнитного поля целесообразно осуществлять в местах длительного пребывания людей (рабочие места, спальные помещения), создавая искусственное магнитное поле при помощи постоянных магнитов. Современные технологии позволяют создавать постоянные магниты, конструктивно удобные для реализации поставленной задачи, например тонкие металлические пластины, ферромагнитные пленки на подложке из гибких синтетических материалов. Таким образом, вопрос дефицита магнитного поля в организме человека требует тщательного исследования. Меры по проведению коррекции требуют подробного анализа и необходимости решения проблемы обеспечения баланса магнитного поля для оптимальной жизнедеятельности человека.

В докладе [5] представлены результаты исследования влияния геомагнитной активности на проводимость контрольных биологически активных точек (БАТ) условно здорового человека. Приведены результаты исследования влияния геомагнитной активности на проводимость контрольных биологически активных точек (БАТ) условно здорового человека. Магнит-

ные бури негативно сказываются на состоянии здоровья (по различным данным, от 50 до 70 % населения всего мира). У метеозависимых людей происходит ухудшение самочувствия, поскольку при изменении магнитного поля Земли в организме замедляется капиллярный кровоток, а именно образуются агрегаты кровеносных телец. Из-за увеличения густоты крови может повыситься уровень холестерина, а также возникает кислородное голодание органов и тканей. Проведенный авторами доклада анализ полученных данных показал, что во время повышенной геомагнитной активности наблюдается увеличение проводимости контрольных биологически активных точек с последующим падением значений ниже первоначального уровня.

В докладе [6] представлены результаты исследований и оценки величины высокочастотных помех в современных сверхвысоких моделях гравитационного поля Земли. При получении оценок погрешностей было проведено сравнение значений гравитационных аномалий, рассчитанных с использованием современных моделей сверхвысокой степени в испытательных районах Мирового океана. Сравнительные оценки значений аномалий моделей гравитационного поля Земли показывают, что модели EGM2008, «EIGEN-6C4» и «GECO» практически совпадают или близки по расчетным значениям аномалий. Знание аномалий гравитационного поля Земли позволяет решать ряд фундаментальных и научно-практических задач, в том числе общеземных (уточнение формы и глубинного строения Земли), геологических (разведка, поиск и оконтуривание месторождений полезных ископаемых), освоения космоса, обороны государства (расчет полетов баллистических ракет, коррекция координат в инерционных навигационных системах), метрологических применений и т. д.

Важнейшими в последнее время признаны исследования по воздействию на организм человека электромагнитных полей мобильной связи. Воздействие высокочастотного электромагнитного излучения (ВЧ ЭМИ) на организм человека проявляется в том, что клетки тела, являясь миниатюрными антеннами, принимают электромагнитную энергию от внешних излучателей электромагнитных полей и преобразуют ее в переменные электрические токи. Наведенные внешним излучением токи создают помехи нормальному функционированию нервной системы человека и выделяются в клетках организма в виде тепла, перегревая их и подталкивая к отмиранию или перерождению. С ростом частоты облучающего ЭМИ длина волны приближается к размерам клеток организма и негативное воздействие на организм увеличивается. В докладе [7] приведены оценки предельно допустимых уровней электромагнитного излучения смартфонами мобильной связи. В качестве критерия безопасности авторы работы используют относительную интенсивность воздействия на человека электромагнитных полей от работающих на передачу смартфонов. Предельная для человека плотность потока электромагнитной энергии определена принятыми в Российской Федерации санитарными нормами и правилами. Развитие технического прогресса привело к активному освоению радиочастотного спектра и к его интенсивному использованию. Количество используемых человеком радиоэлектронных систем бытового и промышленного применения неуклонно растет. Например, по данным аналитической компании «Pew Research Center» на июль 2018 года 59 % опрошенных взрослых в мире являются владельцами смартфонов, а еще 31 % пользуются простыми мобильными телефонами. Но наряду с колоссальной пользой от широкого освоения эфира возникла проблема, связанная с отрицательным влиянием ЭМИ на биологические объекты и человека в том числе. В настоящее время эта проблема обостряется в связи с активным освоением технологии пятого поколения (5G) мобильной связи, работающей на более высоких частотах, включая диапазон миллиметровых волн.

Второй блок докладов связан с разработкой современной приборной базы для мониторинга и дистанционного зондирования характеристик природной среды Земли, а также с разработкой и активным применением современных информационных технологий. Дистанционные исследования Земли (ДЗЗ)

предоставляют огромные возможности для мониторинга окружающей среды. Прежде всего это прогнозирование погоды, предупреждение стихийных бедствий, климатические исследования и другие задачи.

Одним из высокоэффективных инструментов ДЗЗ является микроволновая радиометрия. Ее основные преимущества заключаются во всепогодности, возможности периодического глобального мониторинга и высокой информативности принимаемого на разных частотах собственного излучения системы «подстилающая поверхность – атмосфера». Далее речь пойдет только о системе «океан – атмосфера».

Важными и актуальными для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) признаны результаты работы, представленные в докладе [8], в том числе прогнозирование погоды, предупреждение стихийных бедствий, климатические исследования и другие задачи. Одним из высокоэффективных инструментов ДЗЗ является микроволновая радиометрия. Авторами доклада представлен модернизированный вариант алгоритма восстановления направления ветра по результатам микроволновых спутниковых измерений собственного радиотеплового излучения системы «океан – атмосфера». Объединение результатов измерений, полученных на разных частотах наблюдения, позволяет повысить точность восстановления направления ветра. Суть алгоритма заключается в корректировке направления ветра в ненадежных зонах за счет ближайших надежных зон. В результате были исправлены области с ошибкой 180°, а также области с меньшей ошибкой. Полученные расчеты показывают, что направление ветра восстанавливается с точностью меньше 10° в 65,17 % случаев и с точностью больше 20° в 85,8 % случаев.

Заслуживают внимания результаты исследований, представленные в докладе [9], связанные с осуществлением мониторинга состояния объектов и окружающей среды. Были изготовлены волоконные брэгговские решетки (ВБР) третьего дифракционного порядка в стандартном одномодовом ОВ методом построчной записи фемтосекундным лазерным излучением через защитное полимерное покрытие. Изготовленные решетки обладают необходимыми спектральными характеристиками и могут быть использованы в качестве чувствительных элементов сенсорных устройств, применяемых для осуществления мониторинга параметров окружающей среды. Наличие чувствительности или нечувствительности решеток к характерному виду воздействия позволяет использовать их в качестве чувствительных элементов сенсорных устройств, измеряющих различные физические параметры: температуру, давление, деформацию, перемещение и т. д. Благодаря уникальным свойствам созданные решетки широко используются в решении различных научных и практических задач, в которых необходимо производить измерения различных физических параметров в сфере мониторинга и осуществления контроля состояния объектов и окружающей среды.

Важная роль отводится современным технологиям мониторинга земель, ведению электронных карт, полученных при помощи космических снимков, навигационных GPS/ГЛОНАСС-приборов, представленных в докладе [10]. Доклад посвящен созданию информационных систем агропромышленного предприятия на базе ГИС. Агропромышленные предприятия составляют значительную часть производственного сектора экономики страны. Авторами доклада выполнен аналитический обзор подобных систем, выделены основные задачи, которые решают такие системы, рассмотрены технологии создания информационной системы агропромышленного предприятия на базе географической информационно-аналитической системы (ГИС). ГИС «Управление сельскохозяйственным предприятием» (ГИАС УСХП) представляет собой комплекс программно-технических средств, обеспечивающих автоматизированную обработку технологических данных предприятия, выполнение расчетов и анализ полученной информации. Система функционирует на основе постоянного мониторинга состояния техники предприятия с применением средств GPS/ГЛОНАСС-навигации.

В настоящее время все больший интерес проявляется к лазерным методам активной спектроскопии для дистанционно-

го анализа окружающей среды. В докладе [11] авторы работы представляют разработанные подходы к построению лазерной системы, генерирующей излучение одновременно на двух длинах волн – в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазоне – на основе импульсного Nd:YAG-лазера с самофазным сопряжением. Результаты работы связаны с дистанционными измерениями с использованием лазерно-индуцированной пробойной спектроскопии. К наиболее востребованным относятся лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия (ЛИЭС) и рамановская спектроскопия (СКР), позволяющие дистанционно проводить химический анализ веществ в любом агрегатном состоянии на расстояниях от десятков до сотен метров. Уже опубликован ряд ЛИЭС- и СКР-исследований, полученных в рамках экологического мониторинга окружающей среды, а именно воды, льда, почв, биоматериалов.

Результаты научных исследований, представленные в докладе [12], актуальны для проведения расчета адвективных потоков (перемещение воздуха в горизонтальном направлении и перенос вместе с ним его свойств: температуры, влажности и т. д.), а также скрытого тепла на различных высотах атмосферы, что позволит лучше понять энергетические процессы в атмосфере. На сегодняшний день СВЧ-радиометр МТВЗА-ГЯ (радиометрическая аппаратура СВЧ-диапазона для температурно-влажностного зондирования атмосферы) является единственным отечественным радиотепловым комплексом, работающим на орбите. Данный комплекс проводит измерения радиотеплового излучения Земли в диапазоне 6...200 ГГц и имеет набор каналов в области 22 и 183 ГГц, чувствительных к атмосферному водяному пару.

Для восстановления вертикального профиля влажности атмосферы, используя данные, полученные при помощи СВЧ-радиометра МТВЗА-ГЯ, авторы разработали нейросетевой алгоритм, позволяющий быстро обрабатывать большие массивы данных. Это позволило обработать данные измерений за 1,5 года и восстановить глобальные распределения влажности в 7 атмосферных слоях от 0,6 до 8,6 км с относительной ошибкой менее 45 %. Данный прибор имеет 29 радиометрических каналов и теоретически позволяет восстанавливать как интегральные характеристики атмосферной влажности, так и их высотные распределения (до высот порядка 9 км). На основе полученных данных был разработан нейросетевой алгоритм восстановления профиля влажности атмосферы.

Список литературы:

1. Грунская Л.В., Золотов А.Н., Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Бушуев А.С., Назаров С.А. Электромагнитное поле Земли инфранизкочастотного диапазона: мониторинг, результаты исследований / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 263-268.
2. Абаляев А.Ю., Грунская Л.В., Лещев И.А. Использование рекуррентных нейронных сетей для прогнозирования уровня аварийности на дорогах общего пользования / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 272-275.
3. Гаврилов В.М. Электродинамическое моделирование электромагнитной обстановки в городе / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 289-272.
4. Гаврилов В.М. Синдром дефицита магнитного поля и его коррекция / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 292-294.

5. Виноградова Е.В. Анализ влияния геомагнитной активности на значения проводимости биологически активных точек человека / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 306-309.
6. Конешов В.Н., Дорожков В.В., Мальшева Д.А. О сравнении современных глобальных ультровысокотемпературных моделей гравитационного поля Земли / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 298-301.
7. Самойлов В.С., Насир С.А.Х., Аль Тахар И.А. Оценка плотности потока энергии от мобильных телефонов / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020г. Т. 2. С. 309-312.
8. Сазонов Д.С. Алгоритм дистанционного восстановления направления приводного ветра по радиометрическим измерениям. Корректировка недостоверных решений / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 248-251.
9. Черников А.С., Кочуев Д.А., Хорьков К.С., Давыдов Н.Н., Прокошев В.Г., Черников Р.С. Формирование волоконных решеток показателя преломления ультракороткими лазерными импульсами для сенсорных устройств контроля параметров состояния объектов и окружающей среды / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 275-278.
10. Жигалов И.Е., Озерова М.И. Разработка информационной системы агропромышленного предприятия на базе ГИС / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 294-298.
11. Лебедев В.Ф., Федина М.А., Федин А.В. Двухволновый YAG:ND лазер с самообращением волнового фронта для лазерно-искровых/рамановских систем дистанционного мониторинга окружающей среды / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 268-272.
12. Пашинов Е.В., Стерлякин В.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А., Садовский И.Н. Нейросетевой алгоритм восстановления профиля влажности атмосферы по данным МТВЗА-ГЯ «МЕТЕОР-М» № 2 / Труды XIV Международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с научной молодежной школой им. И.Н. Спиридонова «ФРЭМЭ'2020», г. Владимир. 1-3 июля 2020 г. Т. 2. С. 251-256.

Любовь Валентиновна Грунская,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра общей и прикладной физики,
Людмила Тихоновна Сушкова,
д-р техн. наук, профессор,
кафедра биомедицинских
и электронных средств и технологий,
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
г. Владимир,
e-mail: grunsk@vlsu.ru